УДК 622.619

Н.А.БЕЛОУС, *аспирантка*, *belous@mail.ru*
А.Ю.КУЗЬКИН, *канд. техн. наук*, *доцент*, *kuskinay@bk.ru*
И.П.ТИМОФЕЕВ, *д-р. техн. наук*, *профессор*, *partim@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «*Горный*», *Санкт-Петербург*

N.A.BELOUS, *post-graduate student*, *belous@mail.ru*
A.Y.KUZKIN, *Phd in eng. sc.*, *associate professor*, *kuskinay@bk.ru*
I.P.TIMOFEEV, *Dr. in eng. sc.*, *professor*, *partim@mail.ru*
National Mineral Resource University (*Mining University*), *Saint Petersburg*

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА НАГРЕБАЮЩЕЙ ЛАПЫ ПОГРУЗОЧНОЙ МАШИНЫ ТИПА ПНБ

Показано влияние геометрических и кинематических параметров кинематической схемы механизма нагребающей лапы погрузочной машины типа ПНБ на увеличение теоретической производительности в зависимости от положения площади нагребания. Дан анализ изменения скорости и ускорения конца нагребающей лапы за один оборот кривошипа.

***Ключевые слова*:** нагребающая лапа, погрузочная машина, приемная плита.

PARAMETERS OPTIMIZATION OF THE MECHANISM OF THE SHOVEL LOADERS FEET TYPE PNB

Influence of geometrical and kinematic parameters of the kinematic scheme of the mechanism of working body of a loader of type PNB on increase in theoretical productivity depending on position of the area of capture of cargo is shown and the analysis of change of speed and acceleration of an extreme point of working body of a paw for one turn of a crank is given.

***Key words*:** shovel paw, loader, receiving plate.

Кинематическая схема механизма нагребающей лапы погрузочной машины 2ПНБ2 представляет собой кривошипно-балансирный механизм с параметрами: радиус кривошипа $r = 205$ мм, радиус балансира $R = 355$ мм, длина нагребающей лапы 940 мм, длина шатуна между шарнирами A и B равна 365 мм. Координаты на приемной плите неподвижной оси вращения балансира относительно оси вращения кривошипа $x = 180$ мм, $y = 375$ мм. Частота вращения кривошипа 44 мин$^{-1}$.

Повышение производительности погрузочной машины достигается совершенствованием формы нагребающей лапы и кинематики ее движения, улучшая траекторию движения передней кромки нагребающей лапы при заданных условиях захвата горной массы в процессе погрузки[*].

Основные условия эффективного захвата насыпного груза:

• Вписываемость траектории движения передней кромки лапы в габариты приемной плиты.

• Лапа должна выходить за переднюю кромку плиты для рыхления насыпного груза штабеля.

[*] *Колтон Г.А.* Теоретические основы синтеза механизма нагребающей лапы шахтной погрузочной машины // Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения. Воркута, 2012.

Colton G.A. Theoretical basis of the synthesis mechanism shovel foot shaft loading machine // Mineral resources of the North: issues and solutions. Vorkuta, 2012.

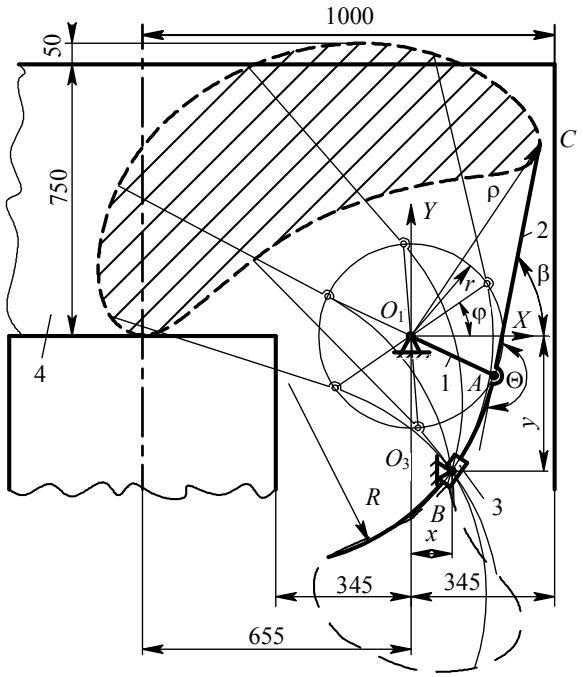


Рис.1. Кинематическая схема кривошипно-шатунного механизма с качающимся ползуном

1 – кривошип; 2 – шатун; 3 – ползун; 4 – стойка (приемная плита); O_1 – центр вращения кривошипа; А – шарнир кривошип – шатун; *В* – поступательная пара шатун – ползун; O_3 – шарнир ползун – стойка

• Лапа должна обеспечивать эффективную перегрузку насыпного груза на конвейер машины.

• Площадь фигуры на приемной плите, заключенной внутри траектории движения передней кромки лапы, должна быть максимальной.

Для исследований принят кривошипно-шатунный механизм с качающимся ползуном (рис.1).

Основными изменяемыми параметрами кинематической схемы приняты: радиус кривошипа, длина лапы, радиус кривизны хвостовой части лапы, координаты качающегося ползуна.

Тенденции изменения площадей зачерпывания насыпного груза нагребающей лапой в зависимости от переменных параметров представлены при различных значениях радиуса кривошипа, радиуса дуги хвостовой части лапы, длины лапы и изменении координат установки качающегося ползуна (ролика) на приемной плите (рис.2).

Исследования проведены при изменении размеров механизма в следующих интервалах: радиус кривошипа 205-225 мм, радиус дуги хвостовой части лапы 450-600 мм, длина лапы 570-600 мм, координаты x = = 100-140 мм, y = 300-400 мм.

Исследования показали, что увеличение радиуса кривошипа от 205 до 225 мм приводит к увеличению площади захвата насыпного груза на 21 % (от 347 до 0,420 м^2), при этом форма фигуры сохраняется, смещения относительно приемной плиты нет (рис.2, *а*).

При изменении радиуса дуги хвостовой части лапы площадь фигуры практически не изменяется. Увеличение составляет 5 % (с 0,422 до 0,445 м^2). При уменьшении радиуса площадь фигуры вытягивается в длину и поворачивается против часовой стрелки на приемной плите (рис.2, *б*).

Увеличение длины лапы приводит к смещению площади фигуры в сторону внедряющейся кромки приемной плиты, форма фигуры сохраняется, ее площадь увеличивается на 6 % и составляет 0,449 м^2 (рис.2, *в*).

Координаты оси качания ползуна в большей степени изменяют площади и положение фигур зачерпывания насыпного

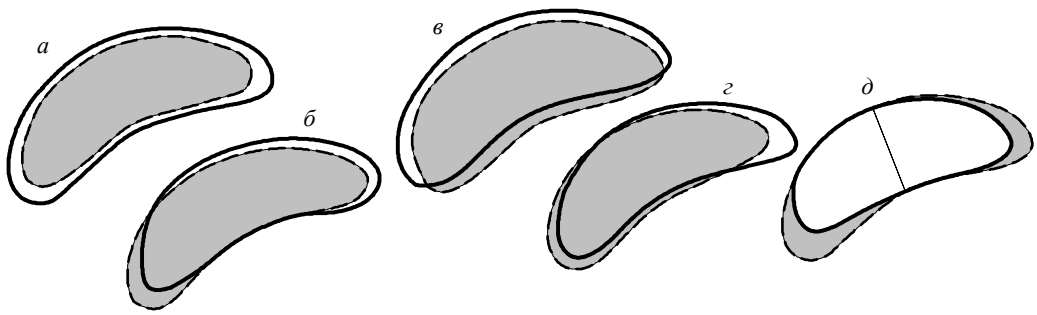


Рис.2. Изменение площади зачерпывания насыпного груза при переменных параметрах: *а* – радиуса кривошипа; *б* – радиуса дуги хвостовой части лапы; *в* – длины лапы; *г*, *д* – координат x и y расположения оси O_3 вращения ползуна (темная фигура соответствует меньшим значениям параметров)

груза. Так, при уменьшении координаты x площадь фигуры уменьшается и поворачивается против часовой стрелки на приемной плите (рис.2, *г*), ее площадь составляет 0,435 м^2.

При увеличении координаты y площадь фигуры уменьшается и поворачивается по часовой стрелке на приемной плите, лапа выходит за боковую кромку плиты, форма фигуры сжимается и составляет 0,344 м^2 (рис.2, *д*).

В результате оценки изменяемых параметров кинематической схемы нагребающей лапы рационально принимать радиус кривошипа 225 мм, радиус дуги хвостовой части лапы 580 мм, длину лапы 600 мм, координаты x = 100 мм, y = 300 мм. Площадь в замкнутой траектории составляет при этих параметрах 0,449 м^2.

Рациональные параметры механизма нагребающей лапы проверены аналитическим путем. Проведено компьютерное моделирование алгоритма в диапазонах изменения переменных параметров механизма:

• радиус кривошипа r = 0,200-0,250 м;

• длина лапы (шатуна) АС = 0,5-0,6 м;

• радиус хвостовой части лапы R = = 0,5-1,0 м;

• угол отклонения шатуна от прямолинейности θ = 175-186 град.;

• абсцисса установки ползуна на приемной плите x = 0,1-0,2 м;

• ордината установки ползуна на приемной плите y = 0,2-0,35 м;

Переменные величины:

• угол поворота кривошипа φ;

• угол между осью x и прямым участком лапы β;

• радиус-вектор траектории движения передней кромки лапы ρ;

• шаг интегрирования по углу вращения кривошипа φ = 5 град.

Постоянные величины:

• размеры приемной плиты: ширина 2,0 м, расстояние до приемного конвейера от передней кромки 0,75 м;

• абсцисса центра вращения кривошипа от боковой грани плиты x = 0,345 м;

• ордината центра вращения кривошипа от передней кромки приемной плиты y = 0,750 м;

• угловая скорость кривошипа n = = 44 мин$^{-1}$.

В результате обработки зависимостей геометрических и кинематических параметров кинематической схемы механизма нагребающей лапы от угла поворота φ кривошипа получены графики изменения длины радиус-вектора ρ траектории движения передней кромки лапы при повороте кривошипа на 360 град.

На рис.3 показано изменение длины радиус-вектора передней кромки лапы по периодам внедрения, нагребания, передачи насыпного груза на конвейер и холостого хода (участки I, II, III, IV) и повороте кривошипа на 360 град. Длина радиус-вектора при внедрении изменяется от 0,661 до 0,741 м и угол поворота кривошипа составляет 45 град.

В период нагребания насыпного груза при повороте кривошипа на угол 45-135 град. длина радиус-вектора увеличивается с 0,741 до 0,829 м.

В период передачи насыпного груза на конвейер угол поворота кривошипа со-

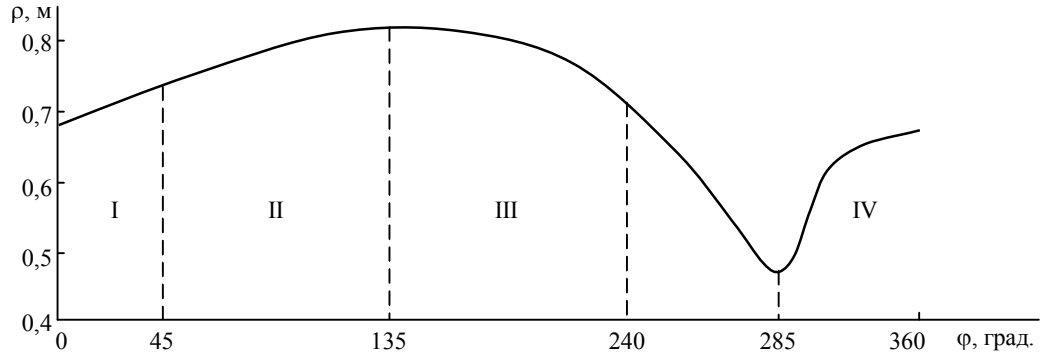


Рис.3. Кривая изменения длины радиус-вектора передней кромки лапы при ее движении по замкнутой траектории

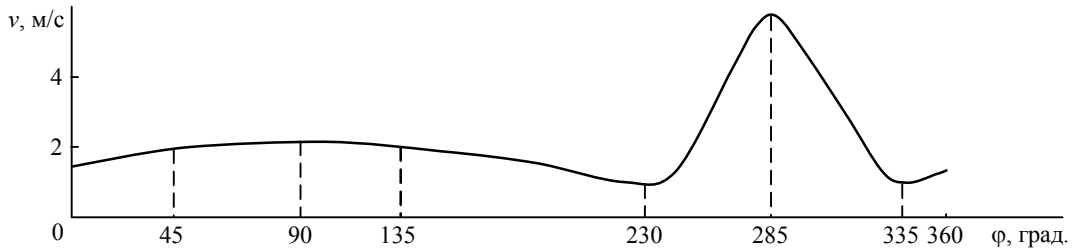


Рис.4. График изменения полной скорости передней кромки лапы за один оборот кривошипа

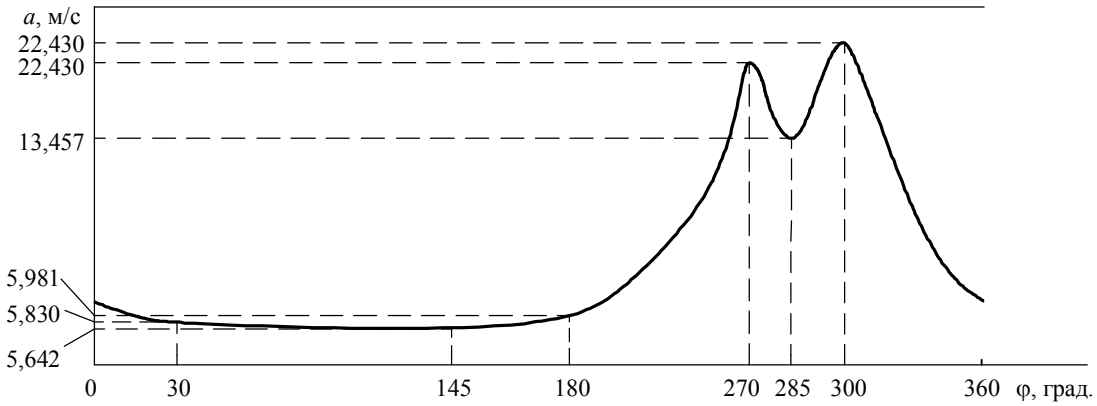


Рис.5. График изменения полного ускорения передней кромки лапы за один оборот кривошипа

ставляет 135-240 град. В этот период передняя кромка лапы удаляется на максимальное расстояние по траектории до 0,830 м, угол поворота кривошипа при этом составляет 145 град.

На участке холостого хода длина радиус-вектора изменяется до минимума – 0,371 м при угле поворота кривошипа 285 град. и опять увеличивается с 0,371 до 0,661 м на участке поворота до 360 град.

На рис.4 показано изменение полной скорости точки *C* передней кромки лапы.

Общая характеристика изменения скорости точки *C* представляет собой слабое изменение скорости в период поворота кривошипа от 0 до 230 град. В этом диапазоне скорость изменяется от 1,479 до 1,027 м/с с максимальным значением 2,11 м/с в этом промежутке, что соответствует периодам внедрения и нагребания насыпного груза.

Кривая показывает два максимума и два минимума скорости при движении точки *C* по траектории. Первый максимум достигается в период нагребания насыпного груза, а второй при холостом ходе и они соответствуют углу поворота кривошипа 90 и 285 град., соответственно.

Минимумы скорости характерны после завершения передачи насыпного груза на конвейер и перед внедрением в насыпной груз и соответствуют углам поворота 230 и 335 град.

Максимальная полная скорость точки *C* составляет 5,732 м/с, а минимальная 1,027 м/с.

На рис.5 представлен график изменения полного ускорения точки *C*. На участках внедрения и нагребания ускорение мало изменяется и имеет значения 5,83 м/с^2 при угле поворота кривошипа на 30 град., минимальное значение 5,642 м/с^2 при угле поворота кривошипа на 145 град. и затем плавно увеличивается до 5,981 м/с^2 при угле поворота кривошипа на 180 град. График изменения полного ускорения имеет максимумы при углах поворота кривошипа на 270 и 300 град. при значениях 22,43 и 23,415 м/с^2, соответственно. В этом промежутке ускорение падает до 13,457 м/с^2 при угле поворота кривошипа на 285 град.

Анализ показал, что отношение абсолютных значений полных скоростей передней кромки лапы за один оборот кривошипа изменяется в 5 раз, а полных ускорений в 4,2 раза.