Голиков Николай Сергеевич. Обоснование рациональных параметров щековой дробилки со сложным движением щеки : диссертация ... кандидата технических наук : 05.05.06 / Голиков Николай Сергеевич; [Место защиты: С.-Петерб. гос. гор. ин-т им. Г.В. Плеханова].- Санкт-Петербург, 2010.- 133 с.: ил. РГБ ОД, 61 10-5/1466

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации Санкт-Петербургский Государственный горный институт им. Г.В. Плеханова (технический университет)

0420І 0034На правах рукописи



ГОЛИКОВ НИКОЛАЙ СЕРГЕЕВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ**

Специальность 05.05.06 - “Горные машины”

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель д.т.н., проф. И.П. Тимофеев

Санкт-Петербург

2010

**СОДЕРЖАНИЕ**

[ВВЕДЕНИЕ 6](#bookmark1)

[ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ , 11](#bookmark7)

1. [ОБЩЕ СВЕДЕНИЯ О ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛКАХ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 11](#bookmark3)
2. [ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 11](#bookmark6)
3. [КОНСТРУКЦИЯ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 12](#bookmark10)
4. [ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 14](#bookmark8)
5. [КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 15](#bookmark16)
6. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 20
7. [РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 21](#bookmark11)
8. [ХОД СЖАТИЯ ПОДВИЖНОЙ ЩЕКИ 21](#bookmark13)
9. СТЕПЕНЬ ДРОБЛЕНИЯ 25
10. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ 27
11. ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ 30
12. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 32
13. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЖИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 32
14. АНАЛИЗ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ СОВРЕМЕННЫХ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 36
15. ПРЕДПОСЫЛКИ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 41

1. [ВЫВОДЫ 46](#bookmark18)

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ СО СЛОЖНЬІМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 49

1. [ОПИСАНИЕ ГЕОМЕТРИИ МЕХАНИЗМА ЩЕКОВОЙ ДРОБИЖИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 49](#bookmark19)
2. ОПИСАНИЕ КИНЕМАТИКИ МЕХАНИЗМА ЩЕКОВОЙ ДРОБИЖИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 51
3. [ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КИНЕМАТИКИ 51](#bookmark20)
4. [ЗАДАНИЕ СИСТЕМ КООРДИНАТ 52](#bookmark21)
5. [ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВ НАКЛОНА ЗВЕНЬЕВ И ИХ РЕБЕР В МЕРТВЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ МЕХАНИЗМА 53](#bookmark22)
6. [ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВ НАКЛОНА ЗВЕНЬЕВ И ИХ РЕБЕР В ФУНКЦИИ ОБОБЩЕННОЙ КООРДИНАТЫ МЕХАНИЗМА 55](#bookmark26)
7. [ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ОСНОВНЫХ ТОЧЕК МЕХАНИЗМА 56](#bookmark27)
8. [ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВЫХ СКОРОСТЕЙ ЗВЕНЬЕВ 57](#bookmark28)
9. [ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВЫХ УСКОРЕНИЙ ЗВЕНЬЕВ 59](#bookmark32)
10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ОСНОВНЫХ ТОЧЕК МЕХАНИЗМА 61
11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЙ ОСНОВНЫХ ТОЧЕК МЕХАНИЗМА 63

2.3. ОПИСАНИЕ КИНЕТОСТАТИКИ МЕХАНИЗМА ЩЕКОВОЙ

ДРОБИЖИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 66

1. ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КИНЕТОСТАТИКИ 66
2. [ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЯ ДРОБЛЕНИЯ 67](#bookmark41)
3. [ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ ТЯЖЕСТИ ЗВЕНЬЕВ 68](#bookmark39)
4. [ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ ИНЕРЦИИ ЗВЕНЬЕВ 68](#bookmark40)
5. [ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ ЗВЕНЬЕВ 69](#bookmark43)
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА УСИЛИЯ ДРОБЛЕНИЯ 69
7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТОВ СИЛ ИНЕРЦИИ ЗВЕНЬЕВ 70
8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТОВ СИЛ ТЯЖЕСТИ ЗВЕНЬЕВ 72
9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИЙ В КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАХ 73
10. ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ ПРОИЗВЕДЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ.... 80
11. ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ДРОБИЛКИ. 82
12. ОПИСАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ 87
13. ВЫВОДЫ 89

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ НА ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 91

1. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ 91
2. [ВЕСОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЖИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 97](#bookmark17)
3. [ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ НА ТРАЕКТОРИИ ТОЧЕК РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОДВИЖНОЙ ЩЕКИ 100](#bookmark75)
4. [ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ НА ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 104](#bookmark76)
5. [ЭКСЦЕНТРИСИТЕТ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ВАЛА 104](#bookmark78)

[3.4.2. ДЛИНА ОСНОВАНИЯ ПОДВИЖНОЙ ЩЕКИ 107](#bookmark79)

1. [ДЛИНА РАСПОРНОЙ ПЛИТЫ 109](#bookmark80)
2. [ТОЛЩИНА ПОДВИЖНОЙ ЩЕКИ 110](#bookmark82)
3. ВЫСОТА РАБОЧЕЙ КАМЕРЫ 111
4. [УГОЛ НАКЛОНА РАСПОРНОЙ ПЛИТЫ 114](#bookmark83)
5. УГОЛ НАКЛОНА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОДВИЖНОЙ ЩЕКИ 118
6. УГОЛ ЗАХВАТА

120

1. [ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА НАКЛОНА РАСПОРНОЙ ПЛИТЫ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЖИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 122](#bookmark86)
2. ВЫВОДЫ 125

[ГЛАВА 4. МОДЕРНИЗАЦИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 127](#bookmark87)

1. КРИТЕРИИ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЖИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 127
2. МЕТОДИКА ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЖИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 131
3. МОДЕРНИЗАЦИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЩЕКОВОЙ ДРОБЖИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ 134
4. [ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ МОДЕРНИЗАЦИИ 134](#bookmark88)
5. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МОДЕРНИЗАЦИИ 135
6. ВЫВОДЫ 137

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 138](#bookmark90)

ЛИТЕРАТУРА 141

ПРИЛОЖЕНИЯ 148

б

**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время в России приоритетным направлением является разви­тие минерально-сырьевого комплекса. И здесь повышение эффективности де­зинтеграции руд и других твердых материалов является одной из основных за-

Ежегодно в мире дроблению подвергается более 3 *млрд. т.* минерального сырья и других материалов. При этом следует отметить, что процесс дробления характеризуется значительными капитальными и эксплуатационными затрата­ми, доля которых достигает 50-е-70% от общих расходов на производство, а также высокой энергоемкостью, составляющей от 7 до 20 *кВт-ч/т,* и большим расходом легированных сталей.

Щековые дробилки со сложным движением щеки (ЩДС) применяются во многих отраслях промышленности для крупного, среднего и мелкого дробления различных по прочности и хрупкости материалов. Дроблению в них подверга­ются: железные руды и руды цветных металлов, уголь, известняки и доломиты, строительные горные породы и т.д.

Однако ЩДС имеют ряд недостатков, основными из которых являются: большая вертикальная составляющая хода подвижной щеки, приводящая к по­вышенному износу футеровки и переизмельчению дробимого материала, по­вышенные нагрузки на эксцентриковый вал, ограничивающие изготовление дробилок больших типоразмеров, а также направления траекторий нижних то­чек подвижной щеки, препятствующие разгрузке материала из рабочей камеры.

Исследования, проведенные во ВНИИСтройдормаше, указывают на то, что устранение отмеченных недостатков связано в основном с выбором рацио­нальной кинематики механизма дробилки.

Изучению кинематики и режима работы ЩДС посвящены исследования Л.Б. Левенсона, В.А. Баумана, Б.В. Клушанцева, А.Г. Алехина, Л.И. Логака,

А.А. Дудко, Д.И. Беренова, И.П. Иванова, А.В. Потемкина и др. авторов. Путем теоретических и экспериментальных исследований ими были установлены функциональные взаимосвязи между основными конструктивными и режим­ными параметрами и основными технологическими показателями работы ЩДС, а также определены рациональные значения основных конструктивных и режимных параметров данного вида машин.

Тем не менее, влияние геометрических параметров кинематической схемы на технические показатели работы ЩДС является недостаточно изученным. Также в настоящее время не существует методики, позволяющей на стадии про­ектирования производить комплексную оценку такого влияния.

Отмеченные выше обстоятельства подтверждают необходимость исследо­вания взаимосвязи между геометрическими параметрами кинематической схе­мы и показателями работы ЩДС, а также обоснования их рациональных значе­ний, обеспечивающих повышение эффективности работы данного вида машин.

**Работа базируется на исследованиях:** к.т.н. Б.В. Клушанцева, В.А. Бау­мана, Д.И. Беренова, В.И. Логака, В.А. Зиновьева и др.

Цель работы. Повышение эффективности работы ЩДС применением рациональных значений геометрических параметров ее кинематической схемы, обеспечивающих увеличение скорости разгрузки материала из рабочей камеры, уменьшение вертикальной составляющей хода подвижной щеки и снижение на­грузки на эксцентриковый вал.

**Идея** работы. Обоснование рациональных значений геометрических па­раметров кинематической схемы ЩДС следует осуществлять на основании комплексной методики оценки функциональных связей этих параметров с тех­ническими показателями работы дробилки.

**Задачи исследований:**

* анализ методик проектирования современных ЩДС, а также методик расчета основных технических показателей работы данного вида машин;
* анализ значений геометрических параметров кинематической схемы совре­менных ЩДС;
* установление функциональных взаимосвязей между геометрическими пара­метрами кинематической схемы и техническими показателями работы ЩДС;
* разработка методики, позволяющей комплексно оценивать влияние геометри­ческих параметров кинематической схемы на технические показатели работы ЩДС;
* экспериментальное исследование влияния угла наклона распорной плиты на скорость разгрузки материала из рабочей камеры ЩДС;
* обоснование и выбор рациональных значений геометрических параметров кинематической схемы ЩДС.

**Защищаемые научные положения:**

1. Математическая модель щековой дробилки со сложным движением щеки учитывает кинематические и кинетостатические параметры рабочего ме­ханизма, а также физико-механические свойства дробимого материала и позволяет находить рациональные значения параметров кинематической схемы, обеспечивающие увеличение скорости разгрузки материала из ра­бочей камеры, уменьшение вертикальной составляющей хода подвижной щеки и уменьшение нагрузки на эксцентриковый вал, а также оценивать технические показатели работы дробилки.
2. Теоретически обосновано и экспериментально доказано, что производи­тельность щековой дробилки со сложным движением щеки минимальна при угле наклона распорной плиты у = 60° и с отклонением от этого зна­чения на 20° в меньшую сторону возрастает на 40%, а с отклонением на 60° в большую сторону возрастает на 140%.

**Методы исследований. В** работе использован комплексный метод, вклю­чающий: научный анализ и обобщение опыта проектирования и эксплуатации ЩДС; математическое моделирование с использованием методов составления уравнений замкнутости векторных контуров и уравнений равновесия сил, дей­ствующих на звенья механизма; статистический метод расчета весовых коэф­фициентов влияющих факторов; экспериментальное исследование процесса разгрузки материала на стендовой модели с использованием цифровой видео­съемки; статистические методы обработки экспериментальных данных.

**Научная новизна.** Установлены функциональные зависимости между геометрическими параметрами кинематической схемы (эксцентриситетом экс­центрикового вала, длиной основания подвижной щеки, длиной распорной пли­ты, толщиной подвижной щеки, высотой рабочей камеры, углом наклона рас­порной плиты, углом наклона рабочей поверхности подвижной щеки и углом захвата) и техническими показателями работы ЩДС (ходом сжатия и путем трения подвижной щеки, степенью дробления, производительностью, потреб­ляемой мощностью, удельной энергоемкостью процесса дробления и силовой загруженностью кинематических пар).

**Обоснованность и достоверность** научных результатов подтверждается лабораторными исследованиями на стенде и удовлетворительной сходимостью результатов компьютерного моделирования с данными эксперимента, а также применением современных средств измерений и использованием стандартных методик.

**Практическая значимость работы:**

* разработана конструкция экспериментального стенда, позволяющего оцени­вать влияние угла наклона распорной плиты на скорость разгрузки материала из рабочей камеры ЩДС;
* обоснованы рациональные значения геометрических параметров кинемати­ческой схемы ЩДС, обеспечивающие увеличение' скорости разгрузки мате­риала из рабочей камеры, уменьшение интенсивности процессов истирания, возникающих в рабочей камере и уменьшение нагрузки на эксцентриковый вал;
* предложена методика комплексной оценки влияния геометрических парамет­ров кинематической схемы ЩДС на технические показатели ее работы, осно­ванная на методе расчета весовых коэффициентов влияющих факторов;
* предложена методика выбора рациональных значений геометрических пара­метров кинематической схемы ЩДС.

ю

**Реализация результатов работы:**

* материалы диссертационной работы используются в учебном процессе при подготовке специалистов, бакалавров и магистров по специальности 150402 "Горные машины и оборудование", а также 150400 "Технологические маши­ны и оборудование".

**Апробация работы:**

Основные положения и результаты работы докладывались на:

* Ежегодной конференции молодых ученых «Полезные ископаемые России и их освоение» (Санкт-Петербург, 2004, 2005);
* 56-ой и 57-ой студенческой научной конференции в Краковской горно- металлургической академии в Польше (Краков, 2005, 2006);
* Всероссийской конференции-конкурсе студентов выпускного курса ВУЗов минерально-сырьевого комплекса России (Санкт-Петербург, 2006);
* Международном форуме молодых ученых «Проблемы рационального приро­допользования» (Санкт-Петербург, 2006);
* Ежегодной конференции молодых ученых во Фрайбергской горной академии в Германии (Фрайберг, 2008).

**Публикации.** По результатам выполненных исследований опубликовано 4 печатных работы, в том числе 2 работы в изданиях, рекомендованных ВАК Российской Федерации.

Автор выражает благодарность своему научному руководителю проф. И.П. Тимофееву, доц. В.В. Денегину и другим сотрудникам кафедры "Конст­руирования горных машин и технологии машиностроения" СПГГИ (ТУ) за на­учное консультирование, помощь и поддержку в процессе выполнения работы. Также автор выражает отдельную благодарность В.П. Короткову и Б.П. Конова­лову за помощь в проведении экспериментальных исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная диссертация является законченной научно­квалификационной работой, в которой на основе выполненных автором теоре­тических и экспериментальных исследований содержится решение актуальной задачи повышения эффективности работы щековой дробилки со сложным дви­жением щеки путем выбора рациональных значений геометрических парамет­ров ее кинематической схемы.

Проведенные исследования позволяют сформулировать следующие ос­новные научные результаты и выводы:

* установлено, что значения угла наклона распорной плиты совре­менных ЩДС находятся в интервале у = 40 + 60°, что не является рациональным с точки зрения производительности, силовой загру­женности кинематических пар рабочего механизма и процессов ис­тирания, возникающих в рабочей камере;
* установлены и исследованы функциональные зависимости между геометрическими параметрами кинематической схемы (эксцентриси­тетом эксцентрикового вала Я,,, длиной основания подвижной щеки *Х2,* длиной распорной плиты Х3, толщиной подвижной щеки *Xh,* вы­сотой рабочей камеры *Х*н, углом наклона распорной плиты у, углом наклона рабочей поверхности подвижной щеки *\\i*, а также углом за­хвата б) и техническими показателями работы ЩДС (углом отклоне­ния Аф траектории нижней точки рабочей поверхности подвижной щеки от рабочей поверхности неподвижной щеки, ходами сжатия *S* и *s*, а таюке путями трения *F* и / подвижной щеки в верхней и ниж­ней частях рабочей камеры, степенью дробления *і*, производительно­стью *Q,* потребляемой мощностью *N,* удельной энергоемкостью процесса дробления *q*, параметрами силовой загруженности Г,, *Т*2, *Тъ* и Г4 кинематических пар);
* разработана математическая модель, описывающая геометрические, кинематические и кинетостатические характеристики рабочего ме­ханизма ЩДС, с учетом физико-механических свойств дробимого материала, сил тяжести, а также сил и моментов инерции, дейст­вующих на подвижные звенья, и позволяющая на стадии проекти­рования определять основные технические показатели работы дан­ного вида машин;
* предложена методика комплексной оценки геометрических пара­метров кинематической схемы ЩДС, а также методика выбора их рациональных значений на основании разработанных критериев, связанных с основными техническими показателями работы данно­го вида машин;
* установлено, что основное влияние на технические показатели ра­боты ЩДС оказывают: эксцентриситет эксцентрикового вала А-,, угол наклона распорной плиты у pi длина основания подвижной щеки Х2;
* установлено, что на технические показатели работы ЩДС не ока­зывают влияния: толщина подвижной щеки *Xk* и длина распорной плиты ;
* даны рекомендации по выбору рациональных значений геометриче­ских параметров кинематической схемы ЩДС;
* теоретически обосновано и экспериментально доказано, что произ­водительность ЩДС минимальна при угле наклона распорной пли­ты у = 60° и с отклонением от этого значения на 20° в меньшую сторону возрастает на 40%, а с отклонением на 60° в большую сторону возрастает на 140%;
* теоретически установлено, что реакции, возникающие в кинемати­ческих парах рабочего механизма ЩЦС, минимальны при угле на­клона распорной плиты у = 85° и с отклонением от этого значения, как в меньшую, так и в большую стороны увеличиваются;
* обоснован диапазон рациональных значений угла наклона распорной плиты *у = 75 + 96*°, обеспечивающий увеличение скорости разгрузки дробимого материала, уменьшение интенсивности процессов истирания, возникающих в рабочей камере и уменьшение нагрузки на эксцентриковый вал при достаточном для эффективного дробления ходе сжатия подвижной щеки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алехин А.Г. Влияние кинематики щековых дробилок на срок службы и ха­рактер износа дробящих плит / А.Г. Алехин, И.Л. Водопьянов, Б.В. Клу- шанцев // Строительные и дорожные машины. - 1971. -№.10. - С. 19-20.
2. Алехин А.Г. Кинематика и динамика щековых дробилок: автореф. дис. ... канд. техн. наук. - М.: ВЗПИ, 1967. - 22 с.
3. Андреев С.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / С.Е. Андреев, В.А. Перов, В.В. Зверевич; изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Не­дра, 1980. - 450 с.
4. Анохин А.И. Дорожно-строительные машины. Т. 1 / А.И. Анохин. - М.: Дориздат, 1949. - 696 с.
5. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: Учеб. для втузов / И.И. Артоболевский; изд. 4-е, перераб. и доп. - М.: Наука, 1988. - 640 с.
6. Бауман В.А. Определение основных параметров щековых камнедробилок / В.А. Бауман // Строительные и дорожные машины. - 1963. - №2. - С. 25-28.
7. Бауман В.А. Некоторые результаты исследования щековых дробилок / В.А. Бауман // Механизация строительства. - 1954. - №7. - С. 14-17.
8. Беренов Д.И. Дробильное оборудование обогатительных фабрик / Д.И. Бе- ренов. - М.: Металлургиздат, 1968. - 296 с.
9. Богатский А.И. Исследование факторов влияющих на износ дробящих плит щековых дробилок / А.И. Богатский // Труды ВНИИстройдормаша. Иссле­дование дробильно-обогатительного оборудования. - Т. 49: - М.: ВНИИСт- ройдормаш, 1970. - С. 77-91.
10. Богданов О.С. Справочник по обогащению руд: Подготовительные процес­сы. Т. 2 / О.С. Богданов, В.А. Олевский. — М.: Недра, 1982. - 366 с.
11. Водопьянов И.Л. Определение критического числа оборотов вала щековых дробилок / И.Л. Водопьянов // Оборудование для производства строитель­ных материалов. - 1968. - №2. - С. 17-19.
12. Водопьянов И.Л. Угол захвата в щековых дробилках / И.Л. Водопьянов // Труды ВНИИСтройдормаша. Исследование дробильно-обогатительного оборудования. - Т. 49: - М.: ВНИИСтройдормаш, 1970. - С. 99-105.
13. ГОСТ 27412-93 Дробилки щековые. Общие технические условия. - Введ. 1994-03-15. - Минск: Межгосуд. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Изд-во стандартов, 2002. - 18 с.
14. Дамдинова Д.Р., Машины и оборудования для измельчения и сортировки строительных материалов / Д.Р. Дамдинова, В.Г. Дондуков. - Улан-Удэ: ВСГТУ, 2004. - 54 с.
15. Денегин В.В. К вопросу о производительности щековой дробилки / В.В. Денегин // Горные машины для разработки полезных ископаемых. - 1993. - №138. СПб: СПГГИ (ТУ). - С. 29-31.
16. Денегин В.В. Производство и конструирование обогатительных машин и установок: Методические указания по курсовому проектированию / В.В. Денегин. - СПб: СПГГИ (ТУ), 2003. - 40 с.
17. Домбровский Н.Г. Строительные машины / Н.Г. Домбровский. - М.: Строй- издат, 1948. - 520 с.
18. Донченко А.С. Справочник механика рудообогатительной фабрики / А.С. Донченко, В.А. Донченко; изд. 2-ое перераб. и доп. - М.: Недра, 1986. - 542 с.
19. Донченко А.С. Эксплуатация и ремонт дробильного оборудования / А.С. Донченко, В.А. Донченко. - М.: Недра, 1972. - 320 с.
20. Дробилки щековые среднего и крупного дробления. Расчет и конструиро­вание / А.Б. Вогау [и др.]. - М.: ВНИИСтройдормаш, 1970. - 72 с.
21. Дробильно-сортировочное оборудование. Каталог-справочник. Ч. 1. Дро­билки / сост. А.И. Косарев, Д.С. Силенок, А.И. Загудаев, И.Л. Водопьянов, М.М. Харчевников, Ю.А. Музеймнек. - М.: Машмир, 1992.
22. Дробильно-сортировочное оборудование. Отраслевой каталог / сост. А.Д. Тараканов, М.М. Харчевников, Н.В. Урюжникова. - М: ЦНИИТЭ- строймаш, 1989.
23. Дробильно-сортировочное оборудование и установки. Каталог справочник / сост. Б.В. Клушанцев, Л.П. Степанов. -М: ЦНИИТЭстроймаш, 1978.
24. Дудко А.А. Исследование режимов работы дробильных машин и создание дробилки гранулятора с целью получения качественного заполнителя для бетонов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М: МИСИ, 1967 - 18 с.
25. Дудко А.А. Щековые дробилки грануляторы. Обзор зарубежного опыта / А.А. Дудко, Б.В. Клушанцев // Оборудование для производства строитель­ных материалов. - 1966. - №2. - С. 40-46.
26. Журавлев П.А. Механика щековой дробилки / П.А. Журавлев // Записки Горного института Т. 34, ч. 1. - Л.: ЛГИ, 1957. - С. 73-79.
27. Зимин А.И. Производительность и оптимизация конструктивных парамет­ров щековых дробилок / А.И. Зимин, А.В. Говоров, Ю.П. Канусин // Извес­тия вузов: серия Горный журнал. - 1988. - №5-6. - С. 80-85.
28. Зимин А.И. Производительность щековых дробилок с простым движением щеки / А.И. Зимин, А.В. Говоров, Ю.П. Канусин // Известия вузов: серия Горный журнал. - 1988.-№5-6. - С. 109-113.
29. Зиновьев В.А. Векторный метод в структурном и кинематическом исследо­вании механизмов / В.А. Зиновьев // Известия вузов. - 1958. - №6. - С. 3-9.
30. Зиновьев В.А. Курс теории механизмов и машин. / В.А. Зиновьев. - М.: Наука, 1975 -204 с.
31. Иванов И.П. Теория механизмов и машин. Кинематика механизма дробил­ки со сложным движением щеки / И.П. Иванов. - Л: ЛГИ, 1990. - 23 с.
32. Каталог дробильного оборудования / ГИПРОНЕМЕТРУД. — Л: Гипроне- метруд. -1958; -1961; - 1963; - 1965; - 1969; - 1973.
33. Каталог дробильно-размольного оборудования. - Л: Гипростекло, 1962.
34. Каталог оборудования фирмы Fritsch. - 2003.
35. Клушанцев Б.В. Влияние кинематики механизма подвижной щеки на тех­нико-эксплуатационную характеристику щековых дробилок / Б.В. Клушан­цев // Труды ВНИИСтройдормаша. Т. 20: Исследование машин для дробле­ния и измельчения строительных материалов. - М.: ВНИИСтройдормаш, 1958.-С. 50-94.
36. Клушанцев Б.В. Влияние траектории движения щеки на ход сжатия в щеко- вых дробилках / Б.В. Клушанцев, А.Г. Алехин, И.Л. Водопьянов // Строи­тельные и дорожные машины. - 1971. -№12. - С. 4-6.
37. Клушанцев Б.В. Дробилки: Конструкция. Расчет. Особенности эксплуата­ции / Б.В. Клушанцев, Ю.А. Косарев, Ю.А. Музеймнек. - М.: Машино­строение, 1990. - 319 с.
38. Клушанцев Б.В. Зависимость технико-эксплуатационных показателей ще- ковых дробилок с простым движением щеки от конструктивных парамет­ров и режимов работы / Б.В. Клушанцев, В.И. Волчек // Труды ВНИИ- Стройдормаша. Т. 41: Исследование дробильно-обогатительного оборудо­вания. -М.: ВНИИСтройдормаш, 1968. С. 3-18.
39. Клушанцев Б.В. Исследование щековых дробилок с различной кинемати­кой с целью улучшения их технико-эксплуатационных показателей: авто- реф. дис. ... канд. техн. наук. - М.: МИСИ, 1967. - 19 с.
40. Клушанцев Б.В. К анализу кинематики щековой дробилки со сложным дви­жением щеки / Б.В. Клушанцев, Ю.В. Парненко // Труды ВНИИстройдор- маша. Т. 99: Исследование и разработка дробильно-обогатительного обору­дования. - М.: ВНИИСтройдормаш, 1984. С. 3-7.
41. Клушанцев Б.В. Расчет производительности щековых и конусных дробилок / Б.В. Клушанцев // Строительные и дорожные машины. - 1977. - №6. - С. 13-15.
42. Клушанцев Б.В. Сравнительная оценка щековых дробилок со сложным и с простым движением подвижной щеки / Б.В. Клушанцев // Оборудование для производства строительных материалов. - 1966. - №1. - С. 22-27.
43. Клушанцев Б.В. Щековые дробилки. Обзор / Б.В. Клушанцев. - М.: ЦИН- ТИМАШ, 1962.-44 с.
44. Клушанцев Б.В. Щековые дробилки. Методы расчета и особенности экс­плуатации. Обзор / Б.В. Клушанцев, А.И. Косарев, Л.И. Логак, А.И. Богац- кий // Серия 2: Оборудование для промышленности строительных мате­риалов; Раздел 2: Оборудование для производства асбестоцементных и ке­рамических изделий. Дробильно-обогатительное оборудование. - М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1972. - 85 с.
45. Коробов В.Б. Сравнительный анализ методов определения весовых коэф­фициентов влияющих факторов / В.Б. Коробов // Социология. - 2005. - №20.-С. 54-73.
46. Левенсон Л.Б. Дробление и грохочение полезных ископаемых / Л.Б. Левен­сон, Г.И. Прейгерзон. - М.-Л.: Гостоптехиздат, 1940. — 772 с.
47. Левенсон Л.Б. Машины для обогащения полезных ископаемых их теория, расчет и проектирование / Л.Б. Левенсон. - М.-Л.: Госмашметиздат, 1933. - 803 с.
48. Левенсон Л.Б. Угол захвата в щековой дробилке и его определение / Л.Б. Левенсон // Механизация строительства. - 1948. - №8. - С. 15-16.
49. Липов П.П. Щековые дробилки / П.П. Липов. - М.: Металлургиздат, 1958. - 114 с.
50. Логак Л.И. Дробилка с двумя подвижными щеками / Л.И. Логак // Строи­тельные и дорожные машины. - 1963. — №1. — С. 25-27.
51. Логак Л.И. Исследование экспериментальной щековой дробилки с двумя подвижными щеками / Л.И. Логак // Труды ВНИИСтройдормаша. Т. 32: Ис­следование дробильно-обогатительного оборудования. - М.: ВНИИСтрой- дормаш, 1963.-С. 10-31.
52. Логак Л.И. Особенности расчета и выбора параметров дробилок с двумя подвижными щеками / Л.И. Логак // Труды ВНИИСтройдормаша. Т. 37: Ис­следование дробильно-обогатительного оборудования. - М.: ВНИИСтрой- дормаш, 1966. - С. 66-79.
53. Моршинин В.М. Устройство и эксплуатация обогатительных машин: Учеб. для профтехучилищ / В.М. Моршинин. - М.: Недра, 1989. - 336 с.
54. Музеймнек Ю.А.. К расчету производительности крупных щековых и ко­нусных дробилок / Ю.А. Музеймнек, А.И. Зимин, А.Ю. Музеймнек, И.А. Зимин // Известия вузов: серия Горный журнал. - 2000. - №4. - С. 92-97.
55. Музеймнек Ю.А. О производительности щековых дробилок с простым движением щеки / Ю.А. Музеймнек // Известия вузов: серия Горный жур­нал. - 1998. - №5-6. - С. 85-89.
56. Овчаренко Н.С. Щековая дробилка СМД-116 / Н.С. Овчаренко, Л.И. Логак // Строительные и дорожные машины. - 1977. - №5-6. - С. 5-7.
57. Потемкин С.А. Совершенствование методов расчета и обоснование рацио­нальных параметров щековых дробилок: автореф. дис. ... канд. техн. наук. - М: МГУИЭ, 2000.-16 с.
58. Родин Р.А. Метод корректировки производительности щековых дробилок в зависимости от свойств дробимого материала / Р.А. Родин, Л.И. Логак, Л.К. Западинский // Труды ВНИИстройдормаша. Исследование и разработка дробильно-обогатительного оборудования. - Т. 99. - М.: ВНИИ- Стройдормаш, 1984. - С. 20-24.
59. Серго Е.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых: Учебник для вузов / Е.Е. Серго. - М.: Недра, 1985. - 285 с.
60. Сидоренко А.К. О коэффициенте трения горных пород / А.К. Сидоренко // Горный журнал. - 1937. -№11. - С. 33-35.
61. Тарасов И.П. К теории расчета угла захвата в щековых дробилках / И.П. Тарасов // Механизация строительства. - 1948. - №8. - С. 12-15.
62. Товстолужский Н.И. Притрассовые камнедробильные базы / Н.И. Товсто- лужский. - М.: Дориздат, 1952. - 250 с.
63. Чирков А.С. Расчет выхода продукта дробления при эксплуатации щековых и конусных дробилок / А.С. Чирков // Горный журнал. - 1994. - №3. С. 39-

41.

1. Шагинов Д.Л. Строительные машины / Д.Л. Шагинов. - М.: Госстройиздат, 1956.-412 с.
2. Штепа В.П. Исследование эффективности дробилок с различными закона­ми движения щеки: автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Харьков: ХИСИ, 1981.-24 с.
3. Щековые дробилки Retsch для первичного измельчения. Каталог оборудо­вания. - 2004.
4. Birbent, Mamilan. // Armales de l'institut Technique de Batiment et des Travaux Publics. - 1954. - №82.
5. Joisel M.A. Le concassage et la fragmentation des roches / M.A. Joisel // An- nales de l'institut Technique deBatiment et des Travaux Publics. - 1950. - №122.
6. Joisel M.A. Le concassage et la fragmentation des roches / M.A. Joisel // An- nales de l'institut Technique deBatiment et des Travaux Publics. - 1948. - №26.
7. Siemens T. Ore dressing Principles and practice / T. Siemens. - New York- London, 1924.
8. Wiard E.S. The theory and practice of ore dressing / E.S. Wiard. - New York. - 1915.