Министерство Образования РФ

##### Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

# Кафедра Механического Оборудования

#### Расчётно-пояснительная записка к курсовому проекту

по дисциплине**:** ППСМ

на тему**: “**Исследование процесса измельчения в бегунах мокрого помола СМ – 365”

Белгород 2010

**Содержание**

Введение

1. Общие сведения и классификация бегунов

2. Конструкция, принцип действия и описание процессов, происходящих в машине

3. Расчёт основных параметров

4. Проведение экспериментальных исследований зависимости функции от варьируемых параметров

Заключение

Список используемой литературы

Приложение

**Введение**

Многообразие измельчаемых материалов поих свойствам и преследуемым промышленным целям этого процесса приводит к большому количеству различных конструкций дробильно-помольных машин и установок.

Все применяемые машины для измельчения материалов разделяют на две группы: дробилки и мельницы.

Дробилки - это машины, которые применяются для дробления сравнительно крупных кусков материала, начальный размер 100-1200 мм, размер кусков конечного продукта 250-3 мм. Дробилки применяются в горнодобывающей, горнорудной, строительной, химической и других отраслях промышленности для крупного, среднего и мелкого дробления различных горных пород. Степень измельчения в дробилках находится в пределах 3-20.

Мельницы предназначаются для получения тонко измельченного порошкообразного материала. Они применяются при грубом, тонком и сверхтонком помоле известняка, мела, мрамора, глины, угля, клинкера и других материалов, при этом размер начальных кусков равен 2-20 мм, а размер частиц конечного продукта составляет от 0,1-0,3 мм до долей микрометра.

По конструкции и принципу действия различаются следующие виды дробилок: щековые (дробление происходит между подвижной и неподвижной щеками), конусные (раздавливание материала и частичное его изгибание происходят между двумя конусами), валковые (материал раздавливается между двумя валками, вращающимися навстречу друг другу), бегуны (измельчение материала происходит между вращающимися катками и чашей (подвижной или неподвижной) путем раздавливания и истирания.), дробилки ударного действия.

По сравнению с другими машинами для измельчения материала, например валковыми дробилками, в общем случае бегуны менее эффективны. Поэтому их следует применять только тогда, когда это вызывается специальными технологическими требованиями, когда наряду с измельчением необходимо обеспечить уплотнение, растирание, обезвоздушивание массы (например, при переработке глины).

**1. Общие сведения и классификация бегунов**

Бегуны применяются для мелкого дробления (конечный размер частиц 3...8 мм) и грубого помола (0,2...0,5 мм) извести, глины и других материалов. Кроме того, бегуны могут также обеспечить растирание, гомогенизацию, уплотнение и обезвоздушивание материала. При производстве строительной керамики бегуны используют для мелкого и тонкого дробления сухой и увлажнённой глины, полевого шпата, фарфорового боя, угля, доломита и других материалов.

Бегуны классифицируют по следующим основным признакам.

По способу действия: периодического и непрерывного действия.

По технологическому назначению: для мокрого, сухого и полусухого измельчения; для измельчения и перемешивания и только перемешивания; для брикетирования сырьевой смеси; с металлическими катками и металлическим подом; с каменными катками и каменным подом.

По конструктивному оформлению: с неподвижной чашей; с вращающейся; с верхним и нижним приводом (при нижнем приводе сложнее разборка, длительнее ремонт, но масса не загрязняется); с катками, опирающимися на материал своей массой или с дополнительным гидравлическим, пневматическим или с пружинным нажатием на катки.

По способу разгрузки: с ручной разгрузкой; продавливанием через подовую решетку; с центробежной разгрузкой; с разгрузкой через периферическую подовую решетку и с разгрузкой по опускающемуся в чашу отвалу. В бегунах с вращающимися катками вокруг вертикальной оси центробежные силы стремятся сорвать катки, а в случае их неуравновешенности вертикальный вал может изогнуться, но центробежные силы при этом не оказывают влияния на материал, находящийся в чаше.

У бегунов с вращающейся чашей более спокойный ход, но центробежные силы отбрасывают материал к периферии, кроме того, у этих бегунов большая нагрузка на упорный подшипник (массы катков и чаши).

Достоинства бегунов по сравнению с валковыми дробилками: можно загружать значительно большие куски материала; проще регулировать тонкость измельчения; улучшаются пластические свойства глиняных материалов из-за многократного воздействия катков. Недостатки бегунов: громоздкость; более сложный ремонт; повышенный удельный расход энергии на единицу массы перерабатываемого материала.

**2. Конструкция, принцип действия и описание процессов, происходящих в машине**

Бегуны мокрого помола (материал влажностью более 15 %) с вращающимися катками (рис. 1) имеют нижнее расположение привода. При вращении вертикального вала 1 катки 5, установленные на подшипниках на водилах 6, перекатываются по поддону 4 и одновременно вращаются вокруг собственных осей. Коленчатые водила, шарнирно закрепленные в цапфе 7, позволяют каткам подниматься или опускаться в зависимости от толщины слоя материала и преодолевать недробимые предметы. Катки устанавливают на разных радиусах от центра поддона, чтобы они перекрывали большую площадь. Поддон укладывают плитами, имеющими овальные отверстия размером от 6×30 до 12×40 мм. Измельченный материал продавливается сквозь отверстия в поддоне и попадает на вращающуюся тарелку 8, с которой сбрасывается скребком 3 в разгрузочный лоток 2. К валу 1 прикреплены поводки со скребками 9, которые очищают борта и поверхность чаши от налипшего материала и равномерно направляют его под катки.

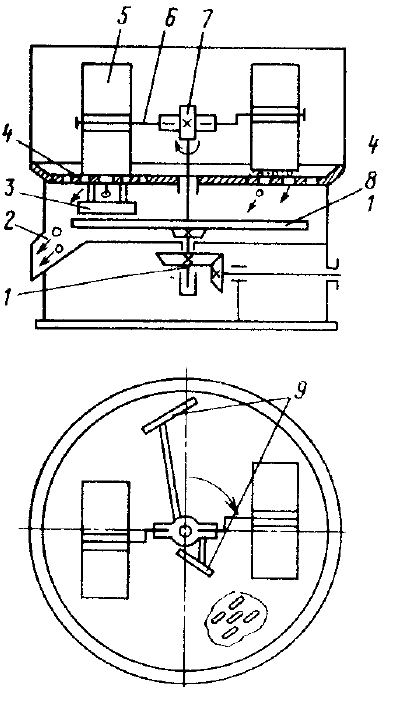


Рисунок 1

Применяют также верхний привод катков, бегуны с вращающейся чашей, бегуны с пружинным, гидравлическим или пневматическим прижимом катков. Использование последних позволяет снизить металлоемкость машины.

В бегунах массивные катки, перекатываясь по слою материала, находящемуся на поддоне, измельчают его раздавливанием и истиранием. Это происходит вследствие того, что широкие катки, перемещаясь по окружности небольшого радиуса, непрерывно разворачиваются относительно поддона и их внешняя сторона скользит юзом, а внутренняя буксует. В бегунах может осуществляться как сухой, так и мокрый помол материалов. Главным параметром бегунов является диаметр D и ширина b катков. Для мокрого помола выпускают бегуны с размерами D х b от 1200 х 300 до 1800 х 800 мм с катками массой, соответственно 2...9 т. Для сухого помола изготавливают бегуны с D х b от 600 х 200 до 1800 х 450 мм.

Бегуны мокрого помола СМ – 365 предназначены для тонкого помола, перемешивания, растирания и увлажнения керамических масс. Чугунное кольцо станины состоит из шести секций, скреплённых болтами. Стальная литая чаша бегунов, укреплённая на станине, имеет форму усечённого конуса, расширяющегося к верху. Отливка чаши выполнена без днища, днищем служат сегментообразные дырчатые плиты, образующие дорожку, по которой перекатываются катки.

Перерабатываемый материал загружается в загрузочную воронку, и далее через течку попадает под каток, раздавливается и истирается. Далее материал продавливается через отверстия решётчатых плит и просыпается под чашу на тарель, с которой сбрасывается на течку для измельчённого материала. Отверстия в дырчатых плитах конические, увеличивающиеся к низу для обеспечения свободного просыпания продавленных в отверстия кусочков материала.

На вертикальном валу бегунов укреплена крестовина с горизонтальными полуосями, на которых вращаются катки. Катки для более эффективного помола снабжены специальными пружинными прижимами. Для регулирования силы прижима катков имеются регулировочные гайки.

Катки бегунов состоят из двух частей: чугунного корпуса и прочно насаженного на него стального бандажа. Бегуны получают движение от электродвигателя через фрикционную муфту, редуктор, горизонтальный приводной вал с конической шестерней. Коническое колесо, входящее в зацепление с шестерней, насажено на вертикальный вал.

Для равномерности загрузки бегуны оснащают вращающейся загрузочной воронкой.

**3. Расчёт основных параметров**

1) Определение угла захвата.

Углом захвата называют угол, образованный плоскостью чаши и касательными, проведёнными через точки соприкосновения куска материала с поверхностью катка.

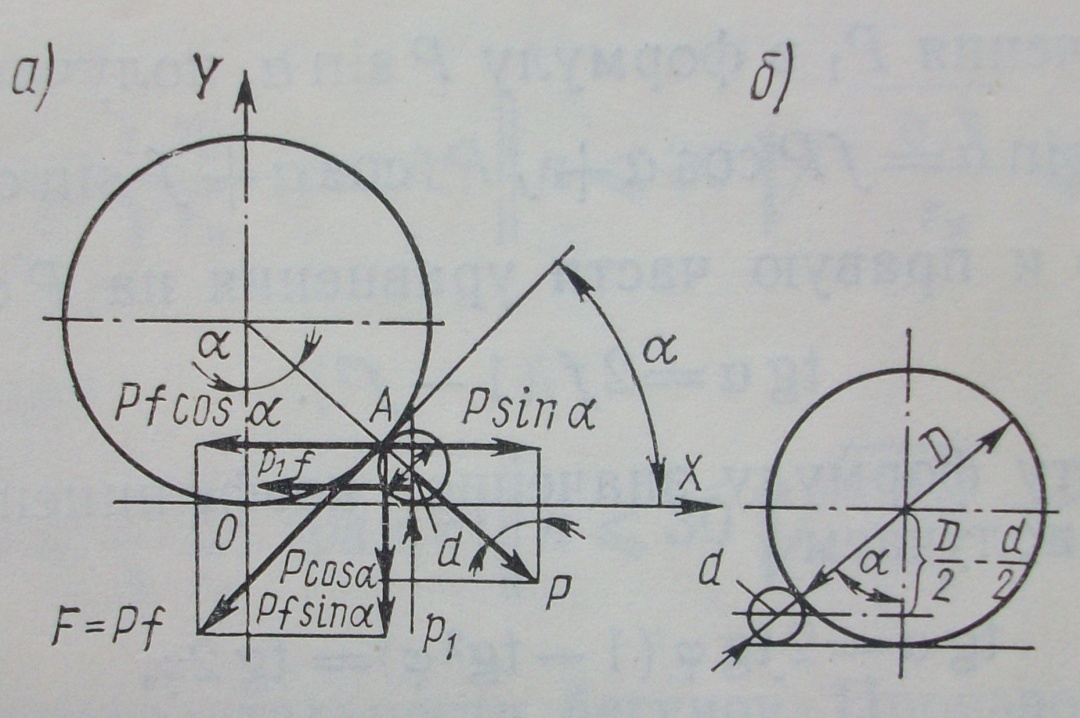


Рисунок 2

В момент захвата куска материала в точке А возникает сила нормального давления Р и сила F=Pf, где f – коэффициент трения (рис.2,схема а).



Возникает также сила противодействия P1 и сила трения P1f. При равновесии куска имеем:



∑x=0, Psinα – Pfcosα - P1f=0,



Psinα= P1f+ Pfcosα



∑y=0, P1 – Pfsinα – Pcosα



P1= Pfsinα + Pcosα



Получаем:

Psinα=f Pcosα + fP (cosα + fsinα). (1)



tgα= 2f/(1 – f2)



Подставим значение коэффициента трения

f=tg2 φ,

где φ – угол трения:

tgα=2tg φ/(1 – tg2 φ)=tg2 φ (2)

α<2 φ (3)

Следовательно, угол захвата должен быть меньше двойного угла трения. Коэффициент трения может колебаться в пределах 0,3 – 0,5, что соответствует углу захвата 30 – 50 ˚.

2) Определение соотношений между диаметром катка бегунов и диаметром дробимого материала (рис.2, схема б).



где D – диаметр катка,

d – диаметр куска дробимого материала.



При угле α = 50˚ получаем:



При угле α = 30˚:



D = (4,6…14) d. (6)

При D =1800 мм возможная крупность дробимого материала:

dmax = .



При переработке влажных глин отношение D/d составляет 5…6,

следовательно для бегунов СМ – 365 максимальная крупность исходного материала составляет:

dmax = .



Для обеспечения надёжного захвата материала максимальная крупность кусков принимается на 20% меньше.

d = 0,8 dmax =0,8 (360…300) = 288…240 мм.



3) Сила нормального давления, действующая на

материал (усилие раздавливание), H:

Pср = σсж F Kρ (7)



где σсж – предел прочности материала при сжатии, H/м2,

для мягких пород σсж = 80МПа, для прочных σсж ≥ 150МПа

(1 H/м2 = 10-6 МПа); F – площадь дробления, м2;

Kρ -коэффициент разрыхления материала (для прочных пород

Kρ = 0,2 … 0,3, для глины Kρ = 0,4 … 0,6).

Полагая, что F=bl = bRβ,



где l – длина дуги на участке измельчения материала, м;

R=D/2 - радиус катка, м;

b – ширина катков, м;

β - угол дуги, рад, β = α /2.

Формула (7) принимает следующий вид

При дроблении твердых пород (β=16°40’ ):

Pср = 0,04 σсж bD, (8)



при дроблении глин (β = 24°20’ ):

Pср = 0,1 σсж bD (9)



Для бегунов СМ – 365:

σсж = 80 МПа = 800000 Н.

B = 0,8 м;

D = 1,8 м.

Pср=0,1 8000000 0,8 1,8=152000 Н.



4) Определение угловой скорости и числа оборотов вертикального вала бегунов.

На вращающейся чаше материал находится под действием двух сил: силы трения Gf, удерживающей материал на чаше, и центробежной сил mω2 стремящейся отбросить материал



(где r – наружный радиус качения катка; ω – угловая скорость вращения вертикального вала; - линейная скорость.).



Чтобы материал не отбрасывался к борту чаши должно соблюдаться условие:

Gf mω2r;



Gf mv2/r,



где ω – угловая скорость вращения вертикального вала;

m=G/g; v=rn/30.



Тогда:

Gfω2r;



Gf,



где n – частота вращения вала.

ω (рад/с); (10)



n (об/мин). (11)



Приняв для увлажнённых глин f=0,5 получаем:

Угловая скорость вращения вертикального вала:

ω=2,4 рад/с



Частота вращения вала:

n = 23,3 об/мин.



5) Определение производительности бегунов.

Для ориентировочного расчёта производительности бегунов с решётчатым подом используют следующую формулу:

Q = (м3/с); (12)



Q = S l a n 60 (м3/ч); (13)



где S – площадь отверстия в решётчатой плите, м2;

l – длина глиняного прутка, м, продавливаемого при каждом набегании катка (l= 25 – 35 мм для глин влажностью 20 – 22%);

а – число отверстий, перекрываемых катком за один оборот вертикального вала;

ω – угловая скорость вертикального вала, рад/с;

n – частота вращения вертикального вала, об/мин;

λ – поправочный коэффициент, λ = 0,8 – 0,9.

Исходные данные для бегунов мокрого помола СМ – 365:

S = 34 28 + 2= 745 мм2 =0,000745 м2;



а = 920;

l = 30мм = 0,03м;

λ = 0,8;

n = 22,7 об/мин.

Q = 0,000745 0,03 920 22,7 60 0,8 = 22,4 м3/ч.



При плотности глины (влажностью 20%) γ = 1450 кг/м3 получим:

Q = 22,4 1450 = 38480 кг/ч = 38,4 т/ч.



6) Определение мощности двигателя.

Мощность двигателя может быть определена как сумма мощностей, необходимых в основном для преодоления сил трения качения и трения скольжения катков.

N = (N1 + N2)/ η, (14)

где N1 – мощность, необходимая для преодоления сил трения качения;

N2 – мощность, необходимая для преодоления сил трения скольжения катков.

η – КПД установки, η = 0,5 – 0,8.

Мощность, необходимая для преодоления сил трения качения

N1 = (кВт), (15)



где G – вес (сила тяжести катка), Н;

- коэффициент трения качения;



vср – средняя окружная скорость качения катка, м/с:

R – радиус катка, м.

Подставляя в формулу значение средней окружной скорости

vср = r n/30,



получаем

N1 = ; (16)



N1 = = (кВт), (17)



где i – число катков.

Исходные данные:

G = 90000 Н;

= 0,03;



r = 0,9 м;

n = 22,7 об/мин ;

i = 2;

R = 0,9 м.

N1 = = 12,8 кВт.



Мощность, необходимая для преодоления сил трения скольжения катков:

N2 = (кВт); (18)



N2 = = (кВт), (19)



где - коэффициент трения скольжения;



b – ширина катка.

Для бегунов СМ – 365:

fск = 0,3;

b = 0,8 м.

N2 = = 25,7 кВт.



Необходимая мощность электродвигателя:

N = kN , (20)



где kN – коэффициент мощности двигателя на преодоление пускового момента, kN = 1,1 – 1,5.

N = 1,1 = 60,48 кВт.



**4. Проведение экспериментальных исследований зависимости функции от варьируемых параметров**

1. Проведём исследование влияния изменения частоты вращения вертикального вала n на производительность.

Q = S l a n 60 (м3/ч).



Постоянные параметры:

Площадь отверстия в дырчатой плите S = 0,000745 м2;

Длина глиняного прутка l = 0,03 м;

Число отверстий, перекрываемых катками за один оборот вертикального вала a = 920;

Поправочный коэффициент λ = 0,8.

Варьируемый параметр изменяется в пределах: n = 22,75%.

Минимальное значение: nmin = 21,565 мин-1

Максимальное значение: nmax= 23,835 мин-1

Шаг варьирования: p = = 0,227 мин-1.



Q1 = 0,000745 0,03 920 60 0,8 21,565= 21,284 (м3/ч)



Q2= 0,000745 0,03 920 60 0,8=21,508 (м3/ч)



Q3 = 0,000745 0,03 920 60 0,8 22,019=21.733 (м3/ч)



Q4 = 0,000745 0,03 920 60 0,822,246 =21,956 (м3/ч)



Q5 = 0,000745 0,03 920 60 0,822,473=22,181 (м3/ч)



Q6 = 0,000745 0,03 920 60 0,8 = 22,4 (м3/ч)



Q7 = 0,000745 0,03 920 60 0,822,927 =22,629 (м3/ч)



Q8 = 0,000745 0,03 920 60 0,8 =22,853 (м3/ч)



Q9 = 0,000745 0,03 920 60 0,8 =23,077 (м3/ч)



Q10 = 0,000745 0,03 920 60 0,8 23,301 (м3/ч)



Q11 = 0,000745 0,03 920 60 0,823,835 = 23,525 (м3/ч)



Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n, мин-1 | 21,565 | 21,792 | 22,019 | 22,246 | 22,473 | 22,7 | 22,927 | 23,154 | 23,381 | 23,608 | 23,835 |
| Q,  м3/ч | 21,284 | 21,508 | 21.733 | 21,956 | 22,181 | 22,4 | 22,629 | 22,853 | 23,077 | 23,301 | 23,525 |

Q = f(n).

1. Проведём исследование влияния изменения частоты вращения вертикального вала n на мощность двигателя.

N = kN (кВт)



Постоянные параметры:

Коэффициент увеличения мощности двигателя kN = 1,1;

Сила нажатия катка G = 90000 H;

Число катков i = 2;

КПД установки η = 0,7;

Радиус качения катков r = 0,9 м;

Коэффициент трения качения fk = 0,03;

Коэффициент трения скольжения fск = 0,3;

Ширина катка b = 0,8 м;

Радиус катка R = 0,9 м.

Варьируемый параметр изменяется в пределах: n = 22,75% мин-1.

Минимальное значение: nmin = 21,565 об/мин

Максимальное значение: nmax= 23,835 об/мин

Шаг варьирования p = 0,227.

N1= 1,1 =57,45 (кВт)



N2= 1,1 =58,05 (кВт)



N3= 1,1 =58,66 (кВт)



N4= 1,1 =59,26 (кВт)



N5= 1,1 =59,87 (кВт)



N6= 1,1 =60,5 (кВт)



N7= 1,1 =61,07 (кВт)



N8= 1,1 =61,68 (кВт)



N9= 1,1 =62,28 (кВт)



N10= 1,1 =62,89 (кВт)



N11= 1,1 =63,49 (кВт)



Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n, мин-1 | 21,565 | 21,792 | 22,019 | 22,246 | 22,473 | 22,7 | 22,927 | 23,154 | 23,381 | 23,608 | 23,835 |
| N,  кВт | 57,45 | 58,05 | 58,66 | 59,26 | 59,87 | 60,5 | 61,07 | 61,68 | 62,28 | 62,89 | 63,49 |

N = f(n).

3) Проведём исследование влияния изменения числа отверстий в решётчатых плитах, перекрываемых катками на производительность.

Q = S l a n 60 (м3/ч).



Постоянные параметры:

Площадь отверстия в дырчатой плите S = 0,000745 м2;

Длина глиняного прутка l = 0,03 м;

Частота вращения вертикального вала n = 22,7 об/мин;

Поправочный коэффициент λ = 0,8.

Варьируемый параметр изменяется в пределах: а = 9205%.

Минимальное значение: amin = 875

Максимальное значение: amax= 965

Шаг варьирования: p = = 9 шт.



Q1 = 0,000745 0,03 22,7 60 0,8 875 =21,262 (м3/ч)



Q2 = 0,000745 0,03 22,7 60 0,8 =21,481 (м3/ч)



Q3 = 0,000745 0,03 22,7 60 0,8 = 21,699 (м3/ч)



Q4 = 0,000745 0,03 22,7 60 0,8 902 = 21,918 (м3/ч)



Q5 = 0,000745 0,03 22,7 60 0,8 =22,137 (м3/ч)



Q6 = 0,000745 0,03 22,7 60 0,8 920 = 22,356 (м3/ч)



Q7 = 0,000745 0,03 22,7 60 0,8 =22,574 (м3/ч)



Q8 = 0,000745 0,03 22,7 60 0,8 938 =22,793 (м3/ч)



Q9 = 0,000745 0,03 22,7 60 0,8 947 = 23,012 (м3/ч)



Q10 = 0,000745 0,03 22,7 60 0,8 956 = 23,23 (м3/ч)



Q11 = 0,000745 0,03 22,7 60 0,8 965 = 23,449 (м3/ч)



Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| а,  шт | 875 | 884 | 893 | 902 | 911 | 920 | 929 | 938 | 947 | 956 | 965 |
| Q,  м3/ч | 21,262 | 21,481 | 21,699 | 21,918 | 22,137 | 22,356 | 22,574 | 22,793 | 23,012 | 23,23 | 23,449 |

Q = f(a).

4)Проведём исследование влияния изменения силы давления катка на мощность электродвигателя установки.

N = kN (кВт)



Постоянные параметры:

Коэффициент увеличения мощности двигателя kN = 1,1;

Частота вращения вертикального вала n = 22,7 мин-1;

Число катков i = 2;

КПД установки η = 0,7;

Радиус качения катков r = 0,9 м;

Коэффициент трения качения fk = 0,03;

Коэффициент трения скольжения fск = 0,3;

Ширина катка b = 0,8 м;

Радиус катка R = 0,9 м.

Варьируемый параметр изменяется в пределах:

G= 90 0005% мин-1.

Минимальное значение: Gmin = 85500 H

Максимальное значение: Gmax= 94500H

Шаг варьирования: p = = 900 Н.



N1 = 1,1 = 57,45 (кВт)



N2 = 1,1 = 58,06 (кВт)



N3 = 1,1 = 58,66 (кВт)



N4 = 1,1 = 59,27 (кВт)



N5 = 1,1 = 59,87 (кВт)



N6 = 1,1 = 60,48 (кВт)



N7 = 1,1 = 61,08 (кВт)



N8 = 1,1 = 61,69 (кВт)



N9 = 1,1 = 62,29 (кВт)



N10 = 1,1 = 62,89 (кВт)



N11 = 1,1 = 63,5 (кВт)



Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| G,  H | 85500 | 86400 | 87300 | 88200 | 89100 | 90000 | 90900 | 91800 | 92700 | 93600 | 94500 |
| N,  кВт | 57,45 | 58,06 | 58,66 | 59,27 | 59,87 | 60,48 | 61,08 | 61,69 | 62,29 | 62,89 | 63,5 |

N = f(G).

По результатам вычислений строим графики.

**Заключение**

В результате проведённых вычислений были выявлены следующие зависимости:

1. С повышением частоты вращения вертикального вала увеличивается производительность бегунов;
2. С увеличением частоты вращения вала повышается мощность двигателя;
3. С увеличением числа отверстий в решётчатых плитах увеличивается производительность;
4. С увеличением силы давления катка на измельчаемый материал повышается мощность двигателя.

**Список использованной литературы**

1. Сапожников В.А. и др. «Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций». М., «Высшая школа». 1971. – 382 с.
2. Ильевич А.П. «Машины и оборудование для заводов по производству керамики и огнеупоров». М., «Высшая школа», 1979. – 343 с.
3. Сапожников Н. Я. «Атлас механического оборудования»
4. Уваров В.А., Семикопенко И.А., Чемеричко Г.И., «Процессы в производстве строительных материалов и изделий». БелГТАСМ, 2002. – 121с.