

## NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 2, Number 428 (2018), 61 – 71

UDC 621.926

**D.B Arinova<sup>1</sup>, E.S Askarov<sup>1</sup>, G.Popov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Kazakhstan National Research Technical University named after K.I Satpayev,  
Department of Standardization, Certification and Engineering Technology, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Technical university Sofya, city of Sofya, Bulgaria.

E-mail: [d\\_arinova@mail.ru](mailto:d_arinova@mail.ru), [erlan54@mail.ru](mailto:erlan54@mail.ru)

## INVESTIGATION AND DESIGN TESTING OF THE CENTRIFUGAL GYRATORY MILL OF A COULISSE TYPE

**Abstract.** Every year in the world it is milled billions of tons of mineral raw materials. The process of crushing demands a huge amount of energy. The mining enterprises generally use mills of spherical type, the history of use of such mills contains more than 200 years.

Now the situation has changed, the energy efficiency becomes the most important indicator of work of a mill as energy rises in price, the status of environmental problems was considerably raised, the content of minerals in ore decreases. The question of a to create of energy efficient mills becomes very relevant.

Centrifugal gyratory mills are intended for a grinding of various mineral raw materials. Mills of this kind known already for a long time have also shown quite good results in work, lowered consumption the electric power is one of the main advantages of these mills.

In this work, the design of a centrifugal gyratory mill on the basis of the rocker mechanism is investigated. The mill has a number of advantages over analogs: simplification of a design, high dynamic stability, expenses of energy are reduced twice, etc.

For the first time, practical tests of mills were carried out on the ground of Scientific research institute of mineral processing of the National center for processing of mineral resources of the Republic of Kazakhstan. The principle of work of a mill which consists in plainly - a parallel movement of cylindrical grinding cameras – pipes in the plane of their perpendicular axis, at which each point of the grinding camera moves on a circle with a radius  $r$  of the mechanism of a mill equal to length of a crank [4] is investigated. The centrifugal force of counterbalances, unbalanced dynamic force and the moments are calculated, the power analysis is carried out.

Results: From indicators of a research it is visible that the offered mills have an indicator of specific productivity of equal 140 kg/kW or 8 kW on production ton. The offered mills surpass spherical mills in this indicator twice. In this scheme, theoretical steadiness of the mechanism is received. There are essential constructive achievements: there is one crank shaft, there is no excess communication, application of cogwheels isn't required that has considerably simplified a design.

The mill differs in the low level of metal consumption. For comparison we will tell that the spherical mill with a productivity of 10 tons/hour weighs 30 tons, the weight of the offered mill with the same productivity will be at the level of 8-10 tons. The mill has the low level of complexity of a design. Simplification of a design of a mill and reduction of its metal consumption has allowed to reduce mill cost in comparison with spherical approximately by 3 times, in comparison with the existing centrifugal mills by 1.5 times. The mill has high maintainability.

Results of the presented work are perspective for introduction at the enterprises of the mining and concentrating industry of Kazakhstan and can be used in is mountain - concentrating plants.

Scientific novelty. The novelty of the received results consists in the creation and the research of designs of centrifugal - gyratory mill at which optimum process of a grinding, power consumption, metal consumption and productivity of the mill is provided.

Practical importance is on the basis of calculations and experimental data and also in determination of its rational design and technological data. It is revealed that in the process of the experimental-industrial period, the mill on the ground of the State scientific production association of industrial ecology Kazmekhanobr (Almaty), which is a part of the National center for complex processing of mineral raw materials of the Republic of Kazakhstan, differs in

the low level of metal consumption, has the low level of complexity of a design, mill cost in comparison with spherical approximately by 3 times, in comparison with the existing centrifugal mills by 1.5 times thereby decreases. The mill has high maintainability. Tests of mills have shown their profitability in energy consumption that is the most important indicator. And also an indicator of specific productivity of 140 kg/kW or 8 kW on production ton (in the course of test different types of raw materials have been used).

**Key words:** centrifugal - gyratory mill, crushing of mineral resources, metal consumption, energy consumption, a design, productivity.

УДК 621.926

**Д.Б. Аринова<sup>1</sup>, Е.С. Аскарров<sup>1</sup>, Г. Попов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Кафедра «Стандартизация, сертификация и технология машиностроения», Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Технический университет Софья, город Софья, Болгария

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНО-ГИРАЦИОННОЙ МЕЛЬНИЦЫ КУЛИСНОГО ТИПА**

**Аннотация.** Каждый год в мире перемалывается миллиарды тонн минерального сырья. Процесс измельчения требует огромного количества энергии. На горнорудных предприятиях в основном используют мельницы шарового типа, история использования таких мельниц насчитывает более 200 лет.

В настоящее время ситуация изменилась, энергоэффективность становится важнейшим показателем работы мельницы, так как энергия дорожает, значительно повысился статус экологических проблем, содержание полезных ископаемых в руде уменьшается. Вопрос создания энергоэффективных мельниц становится очень актуальным.

Центробежно- гирационные мельницы предназначены для перемола различного минерального сырья. Мельницы подобного типа известны уже достаточно давно и показали неплохие результаты в работе, одним из основных достоинств этих мельниц является пониженное потребление электроэнергии.

В данной работе исследуется конструкция центробежно- гирационной мельницы на базе кулисного механизма. Мельница имеет ряд преимуществ перед аналогами: упрощение конструкции, высокая динамическая устойчивость, затраты энергии уменьшены в 2 раза и т.д.

Впервые практические испытания мельниц проводились на полигоне Научно - исследовательского института обогащения полезных ископаемых Национального центра переработки минеральных ресурсов Республики Казахстан. Исследован принцип работы мельницы, который заключается в плоско - параллельном перемещении цилиндрических помольных камер – труб в плоскости перпендикулярной их оси, при котором каждая точка помольной камеры движется по окружности с радиусом равным длине кривошипа  $r$  механизма мельницы [5]. Рассчитаны центробежная сила противосовес, неуравновешенная динамические сила и моменты, проведен силовой анализ.

Из показателей исследования видно, что предлагаемые мельницы имеют показатель удельной производительности равный 140 кг/кВт или 8 кВт на тонну продукции. По этому показателю предлагаемые мельницы превосходят шаровые мельницы в 2 раза [3]. В этой схеме получена теоретическая уравновешенность механизма. Имеются существенные конструктивные достижения: имеется один кривошипный вал, нет избыточной связи, не требуется применения зубчатых колес, что значительно упростило конструкцию.

Мельница отличается невысоким уровнем металлоемкости . Для сравнения скажем, что шаровая мельница производительностью 10 тонн/час весит 30 тонн, вес предлагаемой мельницы с такой же производительностью будет на уровне 8-10 тонн. Мельница имеет невысокий уровень сложности конструкции. Упрощение конструкции мельницы и уменьшение ее металлоемкости позволило уменьшить стоимость мельницы по сравнению с шаровыми примерно в 3 раза, по сравнению с существующими центробежными мельницами в 1,5 раза [4]. Мельница имеет высокую ремонтпригодность.

Результаты представленной работы перспективны для внедрения на предприятиях горнодобывающей и обогатительной промышленности Казахстана и могут быть использованы в горно - обогатительных комбинатах зарубежных стран.

Новизна полученных результатов заключается в создании и исследовании конструкций центробежно – гирационной мельницы, при которых обеспечивается оптимальный процесс помола, энергоемкость, металлоемкость и производительность мельницы.

На основе расчетов и экспериментальных данных, а также в определении её рациональных конструктивных и технологических параметров. Выявлено, что в процессе опытно-промышленного периода мельницы на полигоне Государственного научно- производственного объединения промышленной экологии «Казмеханобр» (Алматы), входящего в состав Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан, что мельница отличается невысоким уровнем металлоемкости, имеет невысокий уровень сложности конструкции, тем самым уменьшается стоимость мельницы по сравнению с шаровыми примерно в 3 раза, по сравнению с существующими центробежными мельницами в 1,5 раза. Мельница имеет высокую ремонтпригодность. Испытания мельниц показали их экономичность в потреблении энергии, что является самым главным показателем. А также показатель удельной производительности равный 140 кг/кВт или 8 кВт на тонну продукции (в процессе испытания были использованы разные виды сырья) [8].

**Ключевые слова:** центробежно-гирационная мельница, измельчение минеральных ресурсов, металлоемкость, энергопотребление, конструкция, производительность.

Одним из главных технологических процессов обогащения полезных ископаемых является процесс измельчения. Измельчение производят на мельницах. Это процесс является очень энергоемким.

Во многих странах с развитой горнорудной промышленностью, включая Казахстан, измельчение руды и других минеральных ресурсов является одним из главных энергетических потребителей. Раньше на этот показатель обращали мало внимания, энергия была дешевой, и ее было много. В настоящее время ситуация изменилась, энергоэффективность становится важнейшим показателем работы мельницы, так как энергия дорожает, значительно повысился статус экологических проблем, энергию необходимо беречь и экономить. Необходимо разрабатывать и внедрять в работу мельницы с низким потреблением энергии [2].

Центробежно - гирационные мельницы предназначены для перемола различного минерального сырья. Мельницы подобного типа известны уже достаточно давно ( с начала 70-х годов прошлого века ) , показали неплохие результаты в работе, одним из основных достоинств этих мельниц является пониженное потребление электроэнергии.

Принцип работы такой мельницы заключается в плоско- параллельном перемещении цилиндрических помольных камер – труб в плоскости перпендикулярной их оси, при котором каждая точка помольной камеры движется по окружности с радиусом равным длине кривошипа г механизма мельницы.

Плоско- параллельное перемещение помольной камеры позволяет засыпной воронке все время находится наверху, а высыпному патрубку находится внизу, что создает большое удобство для засыпки сырья и выгрузке готового продукта из помольной камеры [4].

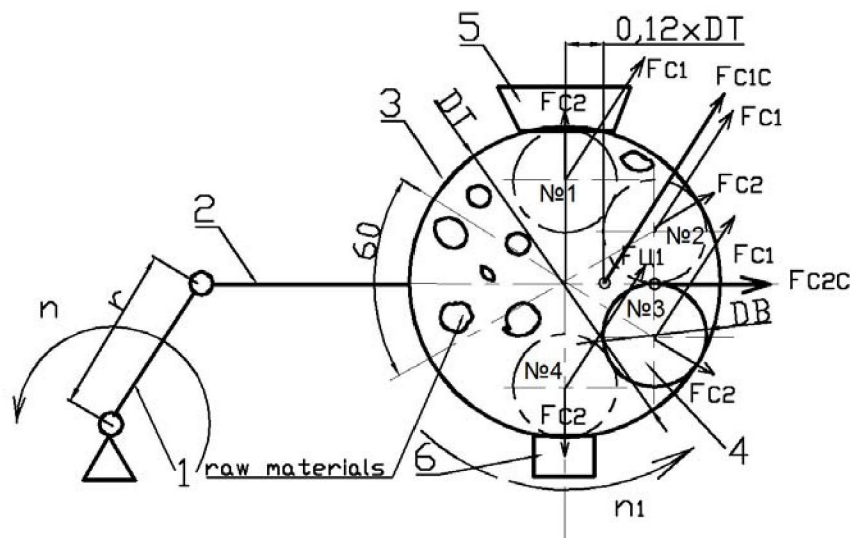


Рисунок 1 - Схема принципа работы центробежно- гирационной мельницы, кривошип -1, шатун- водило -2, помольная камера -3, помольное тело -4, засыпная воронка -5, высыпная труба-6.

Рассмотрим характер движения одного цилиндрического помольного тела 4 с массой  $m$  и диаметром  $D_B$  в помольной камере – трубе 3 с внутренним диаметром  $D_T$  при вращении кривошипа 1 радиусом  $r$  с частотой  $n$  (рисунок 1). При вращении кривошипа на помольное тело 4 действует [5,6]:

1. Сила тяжести  $P=mg$ , направленная всегда вниз.

2. Центробежная сила направленная параллельно положению кривошипа и вместе с кривошипом вращающаяся в ту же сторону с такой же частотой  $n$ .

$$F_{C1} = m * r * \left(\frac{\pi * n}{30}\right)^2$$

Под действием этой силы помольное тело начинает двигаться по внутренней поверхности трубы- помольной камеры. Движение происходит по окружности с радиусом  $R_K = (D_T - D_B)/2$  в ту же сторону, что и вращение кривошипа.

Сила  $F_{C1}$  направлена по касательной к окружности движения помольного тела. При этом движении возникает вторая центробежная сила  $F_{C2}$ , которая направлена вдоль радиуса трубы- помольной камеры, ее значение равно:

$$F_{C2} = m * R_K * \left(\frac{\pi * n_1}{30}\right)^2$$

$n_1$  – частота вращения помольного тела внутри помольной камеры,  $n_1 \ll n$ . Вращению помольного тела внутри камеры препятствует сырье. Можно принять, что

$$n = 3 * n_1$$

Эта сила все время прижимает помольное тело к стенке трубы помольной камеры. Из этих рассуждений видно, что на помольное тело в общем случае действует три силы, которые участвуют в перемолоте сырья. Силы  $P$  и  $F_{C2}$  давят и истирают сырье, а сила  $F_{C1}$  разбивает сырье.

Для успешной работы системы помольных тел очень важно обеспечить их движение с прижиманием к стенкам трубы, но с учетом того, что  $n_1 \ll n$ , условие постоянного прижимания помольных тел к стенкам трубы не всегда выполняется, особенно во время прохождения верхней точки. В этом случае следует обеспечить невозможность падения верхнего помольного тела к центру трубы, что мгновенно сбивает весь ритм движения помольных тел. Это можно обеспечить подбором геометрических параметров –  $D_B$ ,  $D_T$  и числом помольных тел -  $N$ . Из практических опытов видно, что оптимальное значение  $N = 4$ , при  $N = 3$  и  $N = 5$  эффективность движения помольных тел ухудшается. Также из опытов следует выбирать параметры  $D_B$  и  $D_T$  из следующего соотношения  $D_T/D_B = 3,1 - 3,0$ .

Так как силы  $F_{C2}$  направлены в разные стороны, то их векторная сумма невелика и ее влияние на динамическую устойчивость мельницы будет не так заметна, но эти центробежные силы не уравновешены и оказывают влияние на работоспособность устройства. Определим их приблизительное значение. Примем соотношение  $D_T/D_B = 3,1$ . Из рисунка. 1 видно, что при этом соотношении силы  $F_{C2}$  тел 1 и 4 направлены в диаметрально противоположные стороны, и они самоуничтожаются. Силы  $F_{C2}$  тел 2 и 3 направлены под углом  $60^\circ$ . Их суммирующая векторная сила равна:

$$F_{C2C} = 2 * F_{C2} * \cos 30^\circ = 1,73 * F_{C2}$$

Сила  $F_{C2C}$  проходит через центр помольной камеры и вращается с частотой  $n_1$ .

Суммирующая сил  $F_{C1}$  равна их сумме, а так как все силы равны и направлены в одну сторону:

$$F_{C1C} = 4 * F_{C1}$$

Точка приложения этой силы находится на расстоянии  $l = 0,12 * D_T$  от центра помольной камеры. Эта точка вращается с частотой  $n_1$

Проведем силовой анализ этой схемы с учетом перемещения в помольных камерах помольных тел. Конструктивные параметры мельницы: диаметр трубы  $D_T = 140$  мм, диаметр болванки  $D_B = 45$  мм, длина кривошипа  $r = 15$  мм, частота вращения  $n = 500$  мин<sup>-1</sup>, частота  $n_1 = 170$  мин<sup>-1</sup>, масса болванки  $m = 7$  кг, масса кривошипа  $m_k = 20$  кг, масса помольной камеры- трубы  $m_T = 10$  кг, количество труб – 2 шт.

Определим общую центробежную силу  $F_{C10}$  по формуле:

$$F_{C10} = (8 * m + 2 * m_T + m_K) * r * \left(\frac{\pi * n}{30}\right)^2 = 3600..H$$

Эту силу можно уравновесить (уничтожить) установкой противовеса.

Центробежные силы  $F_{C1}$  и  $F_{C2}$  одной болванки

$$F_{C1} = m * r * \left(\frac{\pi * n}{30}\right)^2 = 262,5..H$$

$$R_K = \frac{D_T - D_B}{2} = \frac{0,14 - 0,045}{2} = 0,0475..M - \text{радиус качения помольного тела}$$

$$F_{C2} = m * R_K * \left(\frac{\pi * n_1}{30}\right)^2 = 105,27..H$$

Неуравновешенная сила  $F_{C2C}$  от вращения болванок в трубе.

$$F_{C2C} = 1,73 * F_{C2} = 182,1..H$$

Неуравновешенный момент от перемещения болванок в трубе

$$M_H = (0,12 * D_T) * 4 * F_{C1} = 17,6..Hm$$

Из расчетов видно, что неуравновешенная динамическая сила и момент не велики по сравнению с общей центробежной силой, но их влияние необходимо учитывать при проектировании мельницы. В частности необходимо обеспечить достаточную жесткость узлов и их хорошую смазку для уменьшения износа. В расчете не учтено влияние сырья, которое оказывает уравновешивающее действие, так как основная его масса находится в помольной камере с противоположной стороны от помольных тел, но масса сырья намного меньше массы стальных помольных тел.

В настоящее время существует базовая конструкция мельницы, работающая на описанном принципе [7].

Схема этой мельницы имеет ряд существенных недостатков, препятствующих широкому распространению мельниц подобного типа (рисунок 2). Это динамическая неуравновешенность мельницы, большая металлоемкость конструкции, ее сложность и стоимость, имеется избыточная кинематическая связь (кривошипны одновременно приводятся во вращение шатуном и зубчатыми колесами), что создает проблемы при сборке и эксплуатации. Схема этой мельницы показана на рисунке. 2 [6].

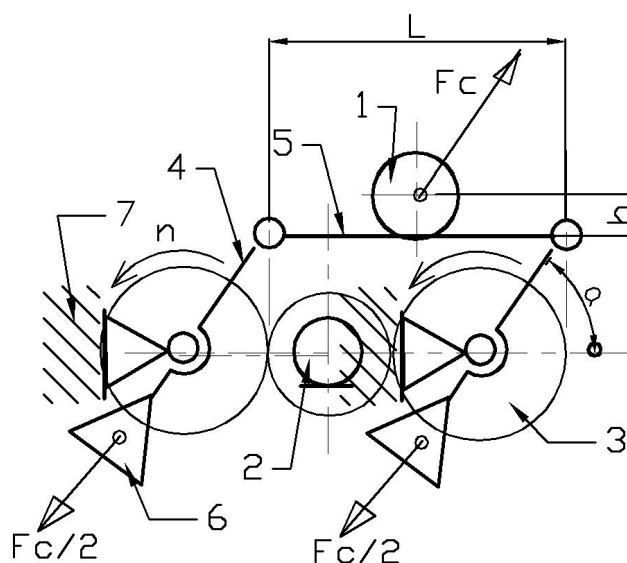


Рисунок 2 – Базовая схема центробежной мельницы

Для полной уравновешенности механизма необходимо, чтобы векторная сумма всех статических сил, приложенных к механизму (1), сумма крутящих моментов этих сил (2), векторная сумма всех динамических сил (3) и сумма крутящих моментов от этих сил (4) равнялась нулю, то есть выполнялось условие:

$$\Sigma P_i = 0 \text{ (1); } \Sigma M_i = 0 \text{ (2); } \Sigma F_{qi} = 0 \text{ (3); } \Sigma M_{qi} = 0 \text{ (4)}$$

В рассмотренной схеме условие (4) выполняется не всегда. При осуществлении условия (3) центробежная сила помольной камеры  $F_c$  должна уравновешиваться центробежными силами двух противовесов, следовательно сила одного противовеса равна  $F_c/2$ . Помольная камера установлена по центру шатуна 5, длина которого равна  $L$  (Рисунок 2). Центр тяжести помольной камеры 1 в данной схеме всегда приподнят на величину  $h$  относительно линии шатуна 5. Это диктуется конструктивными требованиями для свободного прохода противовесов 6. Условие (4) для данной схемы выглядит следующим образом:

$$\frac{F_c}{2} * L * \sin \alpha - F_c * \left[ \frac{L}{2} * \sin \alpha + h * \cos \alpha \right] = 0$$

Данное уравнение будет равно нулю только при условии  $h = 0$  или  $\alpha = 90^\circ$  или  $270^\circ$ .

При  $\alpha = 0$  или  $180^\circ$  имеем неуравновешенный момент  $M = F_{ц} \cdot h$ . Примем для расчета следующие данные:  $F_{ц} = 500$  Н;  $L = 0,8$  м ;  $h = 0,1$  м. На рисунке 3 показан график формулы 5.

Таблица 1- Практические данные

Углы вращения, град	0	30	60	90	120	150	180	240	270	300	360
Центробежный момент	-50	-43	-25	0	25	43	50	25	0	-25	-50

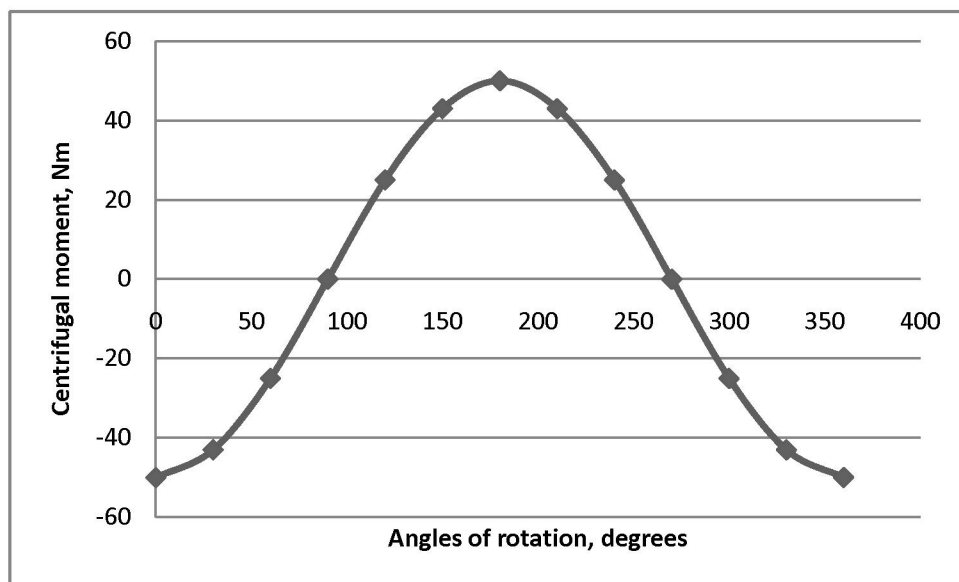


Рисунок 3 - График зависимости по формуле 5

В [9,10] предложена следующая схема (рисунок 4). Было изготовлено 2 опытных экземпляра.

Практические испытания мельниц проводились на полигоне Научно-исследовательского института обогащения полезных ископаемых Национального центра переработки минеральных ресурсов Республики Казахстан. Характеристики мельниц указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики мельницы

Мельница	Масса, кг	Габариты, мм	Мощность, кВт	Количество помольных камер	Диаметр болванки, мм	Наружный диаметр пом. камеры, мм	Частота вращения вала, мин <sup>-1</sup>	Производительность по руде, кг/час	Размер входных кусков, мм	Дисперсность готового продукта, мкм
1	350	1000x900x800	2,2	2	45	140	500	320	20-30	20..70
2	3800	1600x1200x1000	22	4	70	220	450	3000	30-40	20..70

Из этих показателей видно, что предлагаемые мельницы имеют показатель удельной производительности равный 140 кг/кВт или 8 кВт на тонну продукции. По этому показателю предлагаемые мельницы превосходят шаровые мельницы в 2 раза.

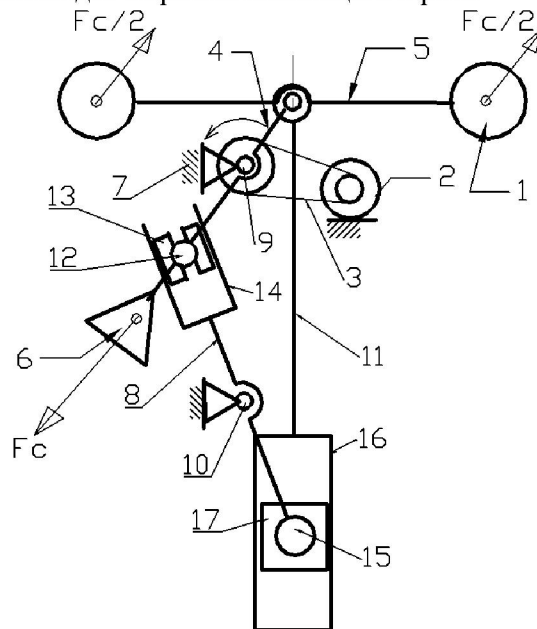


Рисунок 4 – Схема предлагаемой центробежно-гирационной мельницы

В данной схеме применен кулисный механизм. Две помольные камеры 1 установлены симметрично на шатуном – водиле 5, который шарнирно взаимодействует с кривошипом 4. Кривошип 4 приводится во вращение двигателем 2 вокруг оси 9 через ременную передачу 3. На противоположном конце кривошипа 4 установлен противовес 6 и цилиндрический палец 12, который через вставки 13 взаимодействует с вилкой 14, установленной на кулисе 8. На противоположном конце кулисы 8 имеется цилиндрический палец 15. Кулиса 8 вращается вокруг оси 10. Палец 15 взаимодействует с вилкой 16 через вставку 17. Вилка 16 установлена на стержне 11 жестко соединенном с шатуном – водилой 5 [7].

В этой схеме получена теоретическая уравновешенность механизма (помольные камеры рассмотрены как целые тела). Имеются существенные конструктивные достижения: имеется один кривошипный вал, нет избыточной связи, не требуется применения зубчатых колес, что значительно упростило конструкцию.

Мельница отличается невысоким уровнем металлоемкости. Для сравнения скажем, что шаровая мельница производительностью 10 тонн/час весит 30 тонн, вес предлагаемой мельницы с такой же производительностью будет на уровне 8-10 тонн.

Мельница имеет невысокий уровень сложности конструкции. Предлагаемая мельница имеет 1 эксцентриковый вал, 5 подшипников, зубчатых колес нет. Вес уменьшен в 1,5 раза.

Упрощение конструкции мельницы и уменьшение ее металлоемкости позволило уменьшить стоимость мельницы по сравнению с шаровыми примерно в 3 раза, по сравнению с существующими центробежными мельницами в 1,5 раза. Мельница имеет высокую ремонтпригодность. Она не требует жесткой защиты помольных камер, при сильном износе камеры просто быстро заменяются на новые. Стоимость помольных камер не высокая, они изготавливаются из стандартных стальных труб малого диаметра.

Из опытов получены данные, что на производительность мельницы оказывает влияние частота вращения вала, объем помольных камер, длина кривошипа, угол наклона помольных камер. На дисперсность получаемого продукта влияет частота вращения вала, длина помольных камер, твердость помольных тел и их шероховатость, масса помольных тел, угол наклона помольных камер.

Для определения производительности мельницы от частоты вращения вала провели испытания. Сырье - барит. Результаты испытания сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Производительность мельницы от частоты вращения

Rotation frequency, min <sup>-1</sup>	300	350	400	500
Productivity, kg/hour	130	150	190	350

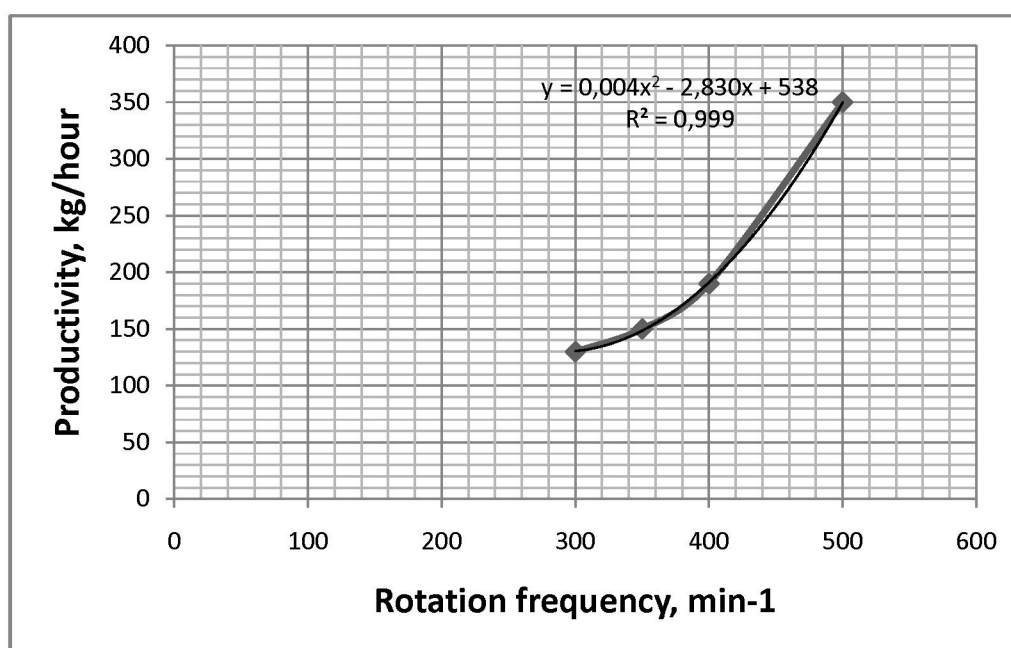


Рисунок 5 – График зависимости производительности от частоты вращения вала

На рисунке 5 показан график зависимости – 3 точки, получено уравнение регрессии, квадратическая функция зависимости производительности от частоты вращения:

$$Y = 0,0049 * x^2 - 2,8309 * x + 538$$

Коэффициент детерминации  $R^2 = 0,9999$

Из испытаний на долговечность стало видно, что наиболее слабыми местами мельницы является вилка и особенно палец и паз в который он входит, которые подвержены быстрому износу. Эти элементы необходимо изготавливать из высокопрочных сталей и обеспечить хорошую смазку.





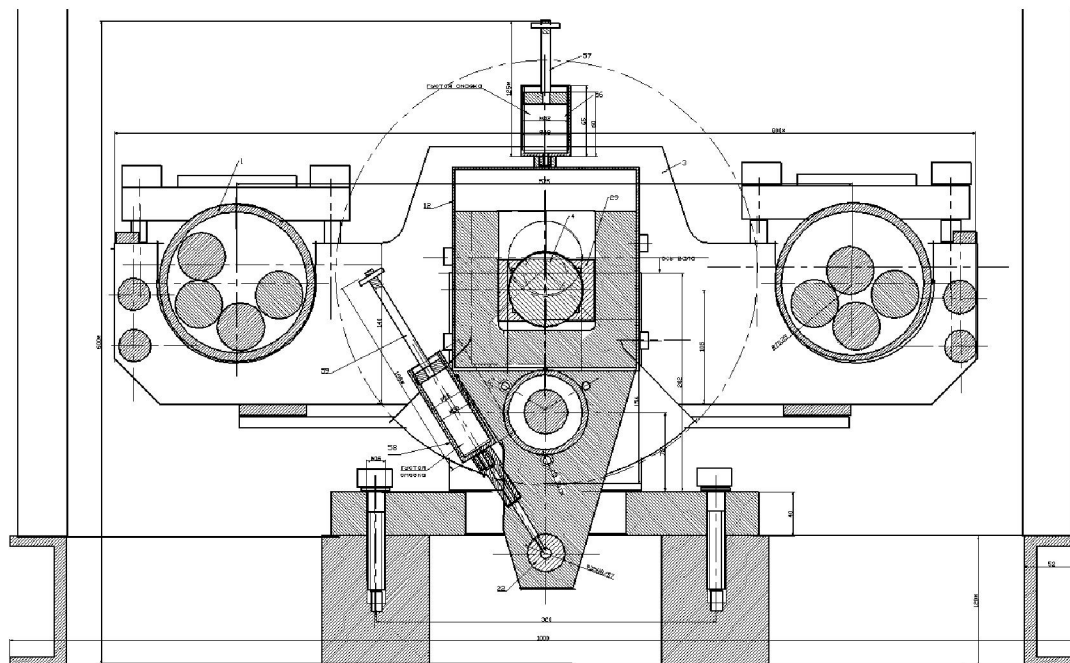


Рисунок 8 – Поперечный разрез мельницы №1

В дальнейшем авторы собираются создать мельницу без противовеса, что увеличит эффективность оборудования [10].

**Выводы:** предложена оригинальная конструкция центробежной мельницы на основе кулисного механизма, проведены натурные испытания двух образцов, получена удельный уровень энергетических затрат 8 квт на тонну руды, что в два раза лучше, чем у шаровых мельниц.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] ГОСТ 10141-91 «Мельницы стержневые и шаровые» Общие технические требования.
- [2] Андреев С. Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых . - М.: Недра, 1966.-395 с.
- [3] Богданов В. С. Шаровые барабанные мельницы. - Белгород, 2002. - 258 с.
- [4] Применение центробежно-ударных мельниц «МЦ» при помолу цемента Электронный ресурс. / В. Н. Кушка, А. В. Артамонов, М. С. Гаркави, Е. А. Ашуркова, Е.Е. Бундина.  
Режим доступа: <http://www.uralomega.ru/infonews/articles/cenmill>
- [5] Аскарлов Е.С. Центробежно-гирационные мельницы - особенности конструкции и расчет // М. Вестник машиностроения - М.: - 2008. - № 2. - С.86-88.
- [6] Аскарлов Е С. Патент РК 26229. Центробежная мельница без противовеса, МПК В02С17/08, б. № 10 от 15.10.2012.
- [7] Аринова Д.Б. Аскарлов Е.С. Жанкелди. А.Ж. Конструкция центробежно – гирационной мельницы с низким потреблением электроэнергии//Машины.Технология. Материалы. Болгария – 2017. - №5. – С. 374-376.
- [8] Аскарлов Е.С. Бертаев К.С. Азимбеков М.К. Утельбаев О.Б. Центробежно- гирационные мельницы с низкими энергетическими затратами// Промышленность Казахстана. - 2006. - № 4, - С. 81-86.
- [9] Askarov E.S. Centrifugal-gyrational mill with a coulisse drive mechanism // Allerton press. Russian engineering research (USA). – 2003. - № 9. - P.53-56.
- [10] Askarov E.S. Centrifugal-gyrational mill with no counterweight // Allerton press. Russian engineering research (USA), № 3, 2013, p.150-151
- [11] Патент РК 6175, МПК В02С17/08 Центробежно-кулисная одновальная мельница.// Аскарлов Е.С., бюл. № 6, 15.06.2001.

Д.Б. Аринова<sup>1</sup>, Е.С. Аскарров<sup>1</sup>, Г. Попов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті,  
"Стандарттау, сертификаттау және машина жасау технологиясы" кафедрасы Алматы, Қазақстан;  
<sup>2</sup>София техникалық университеті, София, Болгария.

### КУЛИСТІ ТИПТІ ЦЕНТРДЕН ТЕКПІШ – ГИРАЦИОНДЫ ДИРМЕННІҢ КОНСТРУКЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ СЫНАУ

**Аннотация.** Жыл сайын әлемде миллиардтаған тонна шикізат уату арқылы өнделеді. Бұл процесс энергияны көп қажет етеді. Тау – кен өңдеу өндіріс алаңдарында көбінесе шарлы типті диірмендер қолданылады. Оларды пайдаланудың тарихы 200 жылдам астам уақытты құрайды.

Қазіргі таңда бұл жағдай күрт өзгеріс алды, себебі энергияның үнемді пайдалануы диірменнің жұмыс істеу қабылетінің негізгі көрсеткіштерінің бірі болып саналады. Өйткені, энергия көзі қымбаттады, экологиялық ахуалдар пайда болды, сонымен қатар рудадағы пайдалы қазбалардың мөлшері азайды. Сол себепті энергияны үнемдейтін диірменді ойлап табу актуалды сурақтардың бірі болып табылады.

Центрленген - гирационды диірмен әртүрлі минералды шикізат көзін уатуға арналған диірмен. Бұл типті диірмендер бұрыннан белгілі және жұмыс істеу барысында жақсы нәтижелер көрсетті. Диірменнің негізгі ерекшелігі электрқуатын тиімді пайдалану болып саналады.

Жазылған жұмыста кулисті механизм негізі болатын центрленген - гирационды диірменнің конструкциясы зерттелген. Бұл диірменнің анық біраз артықшылықтары бар: конструкцияның оңайлауы, жоғары динамикалық тұрақтылығы, энергия көзін екі есе аз пайдалануы және т.б.

Ең алғаш рет тәжірибелерді «Пайдалы қазбаларды байыту Ғылыми – зерттеу институтының» полигонында жүргізілген. Ол Қазақстан Республикасының минералды ресурстарын өндейтін ұлттық центріне енеді. Диірменнің жұмыс істеу принципі зерттеліп, цилиндрлі ұнтақтағыш камералардың параллельді жазықтық арқылы қозғалыс жасап, камералардың сыртқы диаметрі бойынша кривошиптің ұзындығына сәйкес қозғалады. Центрден тепкіш күштің мәні, салмақсыз динамикалық күштер мен моменттер, сонымен қатар күштік анализ жасалған.

Ұсынылып отырған диірменді зерттеу нәтижесінде өнімділіктің үлестік көрсеткіші бір тонна өнімге 140 кг/кВт немесе 8 кВт құрайды. Осы көрсеткіштің арқасында зерттеліп отырған диірмен шарлы диірменнен 2 есе артық. Бұл сұлбада механизмдердің теориялық теңдесуі алынған. Елеулі конструктивті жетістіктер бар: бір кривошипті білік, тісті дөңгелектерді қолдануды талап етпейді, артық байланыс жоқ.

Металл сыйымдылық дәрежесі төмен. Мысалға, өнімділігі 10 т/сағ болатын шарлы диірменнің салмағы 30 тонна болса, ал ұсынылып отырған диірмен дәл осындай өнімділікте 8 – 10 тонна салмақ болады. Сонымен қатар центрленген – гирационды диірмен конструкциясы бойынша да аса күрделі есем. Осы жағдайларды ескере отырып диірменнің өзқұндылығының арзан болуын айтуға болады, мысалы, шарлы диірменмен салыстырғанда 3 есеге, қазіргі таңда қолданылып жатқан центрленген диірмендермен салыстырғанда 1,5 есеге төмен. Сонымен қатар диірменді жөндеу, жөндеуге жарамдылық жұмыстары қиындықсыз жүргізіледі.

Жасалынған жұмыстардың нәтижелері тау – кен орындар мен байыту фабрикаларында кеңінен қолдануы ықтимал.

Нәтижелердің ғылыми жаңалығы центрленген – гирационды диірменнің конструкциясын зерттеп, диірменде өтетін процестерді, яғни ұнтақтау, энергосыйымдылықты, металлсыйымдылықты және диірменнің өнімділігін оңтайлы процестер қатарына енгізу.

Эксперименталды және есептеу, сонымен қатар рационалды конструктивті және технологиялық параметрлер негізінде, диірменнің металсыйымдылық көрсеткіші жоғары емес екендігі сипатталып, диірменнің өзқұндылығының арзан болуын айтуға болады, мысалы, шарлы диірменмен салыстырғанда 3 есеге, қазіргі таңда қолданылып жатқан центрленген диірмендермен салыстырғанда 1,5 есеге төмен. Сонымен қатар диірменді жөндеуге жарамдылық жұмыстары қиындықсыз жүргізіледі. Ең негізгі көрсеткіші болып - бұл энергияны ұтымды пайдалану көрсеткіші басты рөл атқарады.

**Түйін сөздер:** минералдық ресурстар, энергия тұтынуы, металсыйымдылық центрленген - гирационды, ұсақтау, диірмен, конструкциясы, өнімділік.