

УДК 6241.73

Статья / Article

© ПНИПУ / PNRPU, 2017

## РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОФИЦИРОВАННОЙ КОНУСНОЙ ДРОБИЛКИ

**А.Е. Калянов, Ю.А. Лагунова, В.С. Шестаков**

Уральский государственный горный университет (620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30)

## CALCULATION OF PARAMETERS OF HYDRAULIC CONE CRUSHER

**A.E. Kalianov, Yu.A. Lagunova, V.S. Shestakov**

Ural State Mining University (30 Kuibysheva st., Ekaterinburg, 620144, Russian Federation)

Получена / Received: 03.02.2017. Принята / Accepted: 01.03.2017. Опубликовано / Published: 31.03.2017

### Ключевые слова:

конусная дробилка, камера дробления, пропуск недробимого тела, модель, гидроцилиндр, гидроаккумулятор, давление, расчет, рабочая жидкость.

Приведена оценка применения гидропневмоаккумуляторов, обеспечивающих существенное снижение энергоемкости рабочих процессов и повышение производительности горных машин, в частности конусных дробилок. Охарактеризована методика расчета параметров при пропуске недробимого тела через камеру дробления конусной дробилки с гидроцилиндрами и пневмогидроаккумуляторами. Описана система прижатия дробильной чаши к станине. Показана система гидравлической разгрузки от недробимых тел и завалов. Предложена принципиальная гидравлическая схема системы прижатия. Приведено описание доведения давления в гидропневмоаккумуляторе до рабочего. Дано описание процесса поджатия и разгрузки чаши. Определены параметры гидроцилиндров и гидроаккумуляторов. Усилие дробления задается размерами гидроцилиндров и давлением рабочей жидкости в гидропневмоаккумуляторе. При попадании недробимого тела в камеру дробления подвижный конус перемещает броню чаши с опорным и регулирующим кольцами, а также связанные с ними элементы. Приведен пример расчета. Расчеты необходимы для проектирования нового гидрофицированного узла регулирования разгрузочной щели конусной дробилки. Предложены методика определения геометрических параметров камеры дробления при пропуске недробимого тела и расчет силовых параметров гидравлической системы конусной дробилки, включающей гидроцилиндры и пневмогидроаккумуляторы. Методика может быть применена в конструкторских отделах горно-промышленных предприятий при проектировании конусных дробилок. Предложенная гидравлическая схема с установкой дросселя позволит уменьшить скорость течения жидкости при разгрузке гидроаккумулятора, что снизит удары поршня аккумулятора и вспенивание жидкости в баке.

### Key words:

cone crusher, crushing chamber, pass of non-crushing body, model, hydraulic cylinder, hydraulic accumulator, pressure, calculation, work fluid.

The paper gives an analysis of implementation of hydropneumatic accumulators that provide significant reduce of energy consumption work processes and increase performance of mining machines, in particular cone crushers. A method that allows passing a body that is not to be crushed through a crushing chamber of a cone crusher with hydraulic cylinders and hydropneumatic accumulators is given. The system that presses crushing bowl to a frame is described. A system of hydraulic unloading from non-crushing bodies and blockages is presented. A basic hydraulic scheme of pressing system is proposed. The paper gives a description of mechanism that creates work pressure inside hydropneumatic accumulator. Parameters of hydraulic cylinders and hydraulic accumulators are determined. The crushing force is set by dimensions of hydraulic cylinders and pressure of work fluid in hydropneumatic accumulator. When a non-breaking body enters a crushing chamber a movable cone moves an armor of a bowl with support and control rings and associated elements. An example of calculation is given. Calculations are necessary to design a new hydraulic unit that control discharge slot of a cone crusher. A method for determination of geometric parameters of crushing chamber when passing a non-crushing body is given. Calculation of power parameters of hydraulic system of a cone crusher including hydraulic cylinders and hydropneumatic accumulators is proposed. The method can be applied in design departments of mining and industrial enterprises while design of cone crushers. A proposed hydraulic scheme with throttle installation will reduce speed of fluid flow when unloading a hydraulic accumulator. That will reduce impact of accumulator piston and foaming of liquid in a tank.

**Калянов Александр Евгеньевич** – аспирант кафедры горных машин и комплексов (тел.: +007 343 257 33 47, e-mail: gmf.gmk@ursmu.ru).

**Лагунова Юлия Андреевна** – доктор технических наук, профессор кафедры горных машин и комплексов (тел.: +007 343 257 33 47, e-mail: yu.lagunova@mail.ru).

**Шестаков Виктор Степанович** – кандидат технических наук, профессор кафедры горных машин и комплексов (тел.: +007 343 257 33 47, e-mail: shestakov.v.s@mail.ru).

**Aleksandr E. Kalianov** – PhD student at the Department of Mine Machines and Complexes (tel.: +007 343 257 33 47, e-mail: gmf.gmk@ursmu.ru).

**Yuliia A. Lagunova** (Author ID in Scopus: 6505676748) – Doctor of technical sciences, Professor at the Department of Mine Machines and Complexes (tel.: +007 343 257 33 47, e-mail: yu.lagunova@mail.ru).

**Viktor S. Shestakov** (Author ID in Scopus: 7102419548) – PhD in technical sciences, Professor at the Department of Mine Machines and Complexes (tel.: +007 343 257 33 47, e-mail: shestakov.v.s@mail.ru).

### Введение

Дробление горной породы в конусной дробилке осуществляется зажатием кусков горной породы в камере дробления, образуемой бронями конуса и чаши. Изменение объема камеры выполняется за счет того, что вращающаяся приводом эксцентриковая втулка обеспечивает колебание конуса по сферической опорной поверхности радиусом  $R$  [1–13].

Для описания рабочего процесса расчетную схему принято изображать разрезом в вертикальной плоскости (рис. 1). Слева на

схеме закрытое положение камеры дробления, а справа – открытое. При повороте эксцентрика происходит перемещение брони конуса и уменьшение камеры дробления с переводом ее из открытого положения в закрытое.

Усилие дробления задается размерами гидроцилиндров 7 и давлением рабочей жидкости в гидропневмоаккумуляторе 8. Гидроаккумуляторы постоянно соединены с рабочей полостью гидроцилиндра и обеспечивают требуемое усилие прижатия опорного кольца к корпусу дробилки. Расчет параметров при нормальном режиме дробления приведен в [14].

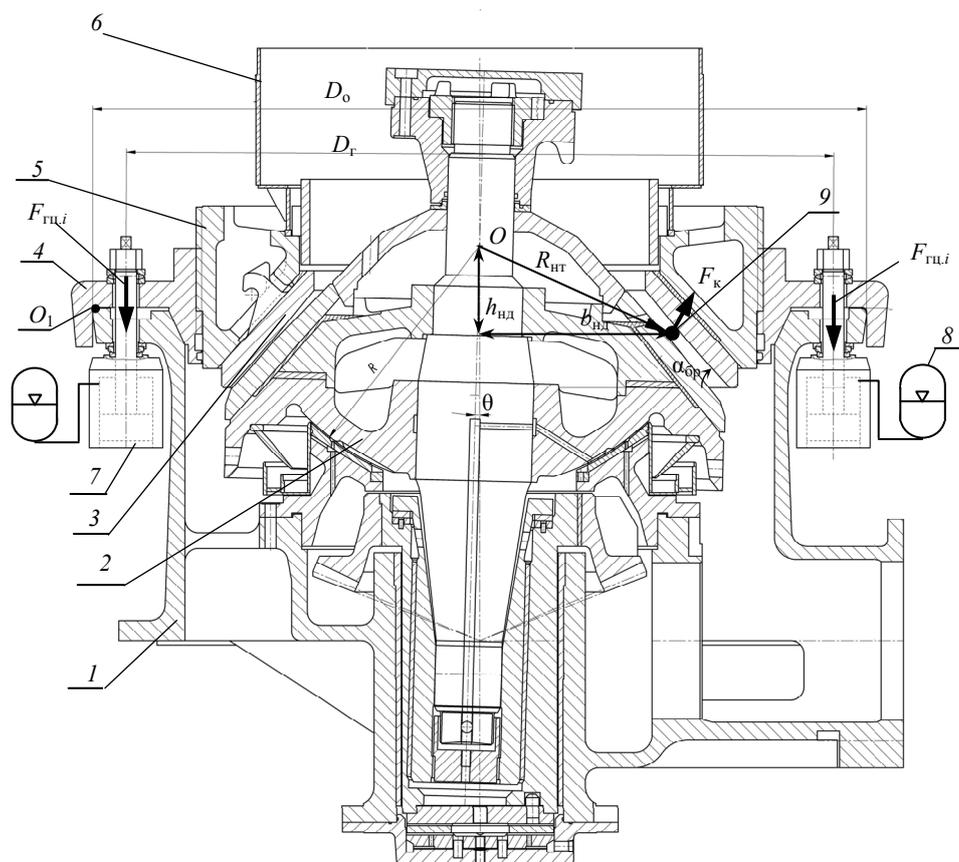


Рис. 1. Схема для расчета параметров: 1 – корпус дробилки; 2 – конус; 3 – броня чаши; 4 – кольцо опорное; 5 – кольцо регулирующее; 6 – загрузочная часть; 7 – гидроцилиндры; 8 – гидропневмоаккумуляторы; 9 – недробимое тело;  $D_{оп}$  – диаметр опорного кольца;  $D_{гц}$  – диаметр расположения штоков гидроцилиндров;  $R_{нт}$  – радиус от точки подвеса до недробимого тела;  $O$  – условная точка подвеса (центр кривизны опорной поверхности конуса);  $O_1$  – точка поворота кольца опорного;  $F_{гц,i}$  – усилие на  $i$ -м штоке гидроцилиндра;  $F_к$  – усилие, передаваемое через недробимое тело от конуса на броню чаши;  $\gamma$  – угол нутации

При попадании недробимого тела в камеру дробления подвижный конус перемещает броню чаши с опорным и регулирующим

кольцами, а также связанные с ними элементы. Перемещение опорного кольца происходит путем поворота относительно точки  $O_1$ . При

повороте опорного кольца переместятся штоки гидроцилиндров и вытеснят объем жидкости в гидроаккумуляторы. При добавлении жидкости в гидроаккумуляторе увеличивается давление. Величина перемещения штоков будет зависеть от размера недробимого тела и его положения в камере дробления.

### Описание работы системы прижатия [19]

Рабочее усилие прижатия дробильной чаши к станине создается штоковыми полостями гидроцилиндров. Каждый гидроцилиндр соединен со своим аккумулятором. Задаем начальное давление газа в аккумуляторах, которые поддерживают давление в цепи гидроцилиндров после отключения насоса гидроагрегата.

При попадании в камеру дробления недробимого тела толщиной больше ширины разгрузочной щели на закрытой стороне, но меньше ширины разгрузочной щели на открытой стороне дробилка должна пропускать его без остановки – происходит амортизация, т.е. односторонний подъем дробимой чаши. При этом ход всех поршней будет пропорционален проекции расстояния от гидроцилиндра до точки поворота дробильной чаши относительно станины (наибольший ход со стороны недробимого тела) на ось «недробимое тело – точка поворота». При подъеме дробильной чаши часть масла из гидроцилиндров усилием дробящего конуса вытесняется в гидропневмоаккумуляторы (рис. 2), а затем, после окончания амортизации под воздействием избыточного давления в аккумуляторах, возвращается обратно.

При попадании недробимого тела толщиной больше ширины разгрузочной щели на открытой стороне происходит несколько циклов амортизации с зажатым недробимым телом. Главный привод перегружается и после нескольких циклов перегрузки должен остановиться. При остановке привода по причине перегрузки от срабатывания системы амортизации последняя должна быть разгружена путем слива масла в бак гидроагрегата.

В случае утечки масла, т.е. при падении давления в цепи гидроцилиндров до заданного, реле давления должно включить насос и восстановить давление, после чего насос отключается. Если давление в гидроцилиндрах не будет автоматически восстановлено и упадет ниже заданного, должно сработать реле давления, которое даст сигнал на отключение

главного привода; загорится красная сигнальная лампа низкого давления. В таком состоянии дробилку эксплуатировать нельзя.

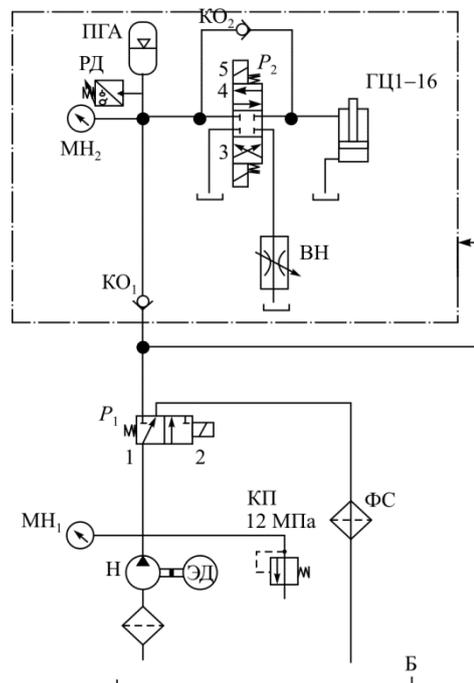


Рис. 2. Принципиальная гидравлическая схема системы прижатия дробильной чаши к станине

### Система гидравлической разгрузки от недробимых тел и завалов [19]

При остановке дробилки под нагрузкой вследствие попадания крупного недробимого тела из-за отключения электроэнергии или перегрузки по питанию камеру дробления заваливает дробимым материалом. Для очистки камеры дробления от завала или недробимого тела необходимо: снять давление с гидроцилиндров прижатия дробильной чаши; подать давление в поршневую полость гидродомкратов разгрузки от недробимых тел; поднять дробильную чашу на заданную величину; после разгрузки камеры дробления опустить дробильную чашу в рабочее положение за счет подачи давления в штоковую полость гидродомкратов; восстановить усилие прижатия чаши путем создания в штоковых полостях гидроцилиндров прижатия чаши рабочего давления.

Предлагаемая принципиальная гидравлическая схема системы прижатия имеет вид, показанный на рис. 2 (положительное решение по заявке № 2015151506).

Предварительно гидропневмоаккумулятор ПГА заряжается азотом.

*Доведение давления в гидропневмоаккумуляторе ПГА до рабочего.* Гидрораспределитель

$P_1$  переключается в положение 2, жидкость от насоса Н подается через обратные клапаны  $KO_1$  в гидропневмоаккумулятор ПГА и увеличивает в нем давление до рабочего. При достижении рабочего давления сработает предохранительный клапан КП, системой управления распределитель  $P_1$  переключится в положение 1, насос Н системой управления останавливается.

*Поджатие чаши.* Поджатие чаши обеспечивают 16 гидроцилиндров ГЦ<sub>1</sub>–ГЦ<sub>16</sub> давлением жидкости, подаваемой в штоковую полость из 16 гидропневмоаккумуляторов ПГА через гидрораспределитель  $P_2$ , находящийся в положении 5.

*Пропуск недробимого тела.* При попадании недробимого тела подвижный конус начинает отклонять чашу, при повороте чаши начнут перемещаться штоки гидроцилиндров (ГЦ), жидкость из штоковой полости вытесняется в гидроаккумуляторы ПГА через гидрораспределитель  $P_2$ , находящийся в положении 5. Для исключения аварийной ситуации параллельно  $P_2$  установлен обратный клапан  $KO_2$ , через который жидкость при попадании недробимого тела будет поступать в ПГА в случае, если по каким-либо причинам  $P_2$  не переключится в положение 5. Подача жидкости от ГЦ в гидропневмоаккумулятор ПГА приведет к повышению в нем давления. При этом сигналом с реле давления РД гидрораспределитель  $P_2$  переключится в среднее положение 4 и обеспечит паузу для пропуски недробимого тела, когда конус начнет отходить от чаши. После паузы  $P_2$  снова переключится в положение 5 и прижмет чашу, если недробимое тело покинет зону дробления. Формирование паузы и переключение распределителей обеспечивается электронной системой управления.

*Разгрузка чаши.* Если давление в аккумуляторе после заданного интервала времени не снижается до рабочего значения, т.е. недробимое тело не покинуло зону дробления и чаша не опустилась в исходное положение, то системой управления вырабатывается сигнал для переключения гидрораспределителя  $P_2$  в положение 3. При этом жидкость из аккумулятора сливается в бак, штоковая полость гидроцилиндров соединяется со сливом. Одновременно переключаются распределители гидродомкратов разгрузки (на схеме не показаны) и происходит подъем чаши. Гидроцилиндры не будут препятствовать подъему, так как их штоковые полости соединены со сливом. Установка дросселя ВН снизит скорость течения жидкости при разгрузке

гидроаккумулятора, это позволит уменьшить удары поршня аккумулятора и вспенивание жидкости в баке.

### Проектирование расчетных схем

На рис. 3, 4 показаны расчетные схемы для определения объема жидкости, вытесняемого из каждого гидроаккумулятора. Обозначения параметров и исходные данные для примера расчета приведены в табл. 1.

Расчет параметров выполняется следующим образом.

*Расчет геометрических параметров.* Недробимое тело толщиной  $d_{нд}$  находится на расстоянии  $h_{нд}$  по вертикали и на  $b_{нд}$  по горизонтали от условной точки подвеса  $O$ . Наибольший угол, который проходит образующая брони конуса, равен двойному углу нутации  $\theta$ . При повороте конус через недробимое тело поднимет броню чаши и связанные с ней регулировочное и опорное кольца. Поворот конуса происходит вокруг условной точки подвеса, а поворот брони чаши и связанных с ними элементами – вокруг опорной точки  $O_1$ .

Расстояние от условной точки подвеса до недробимого тела

$$L_{Oa} = \sqrt{(h_{нд}^2 + b_{нд}^2)},$$

где  $h_{нд}$ ,  $b_{нд}$  – расстояние от точки подвеса до недробимого тела по вертикали и горизонтали соответственно.

Длина отрезка  $ab$

$$L_{ab} = 2L_{Oa} \sin \theta.$$

Расстояние по горизонтали от условной точки подвеса до точки контакта недробимого тела с броней чаши

$$L_{Ocx} = b_{нд} + d_{нд} \sin \alpha_{бр}.$$

Расстояние по горизонтали от точки поворота опорного кольца  $O_1$  до точки контакта недробимого тела с броней чаши

$$L_{O_1cx} = L_{Ocx} + 0,5D_{оп}.$$

Учитывая малый размер недробимого тела относительно габаритов дробилки ( $D_{гц} = 3180$  мм,  $d_{нд}$ , мм) можно принять  $L_{cd} = L_{ab}$ .

С учетом этого угол поворота опорного кольца относительно точки  $O_1$

$$\beta = 2 \arctg \frac{0,5L_{ab}}{L_{O_1cx}}.$$

Максимальный ход штока, наиболее удаленного от точки  $O_1$  гидроцилиндра,

$$L_{ef} = 2[D_{гц} + 0,5(D_{оп} - D_{гц}) \cos \beta].$$

Расчет расстояния по горизонтали от точки поворота опорного кольца до штока  $i$ -го гидроцилиндра при изменении угла  $\alpha_{гц.i}$  между

горизонтальной осью  $x$  и линией, соединяющей точку  $O$  и шток гидроцилиндра (рис. 2), от 0 до  $2\pi$

$$R_{гц.i.x} = 0,5(D_{оп} - D_{гц}) + 0,5D_{гц} + 0,5D_{гц} \cos \alpha_{гц.i}.$$

Выдвижение штока  $i$ -го гидроцилиндра

$$h_{гц.i} = R_{гц.i.x} \sin \beta.$$

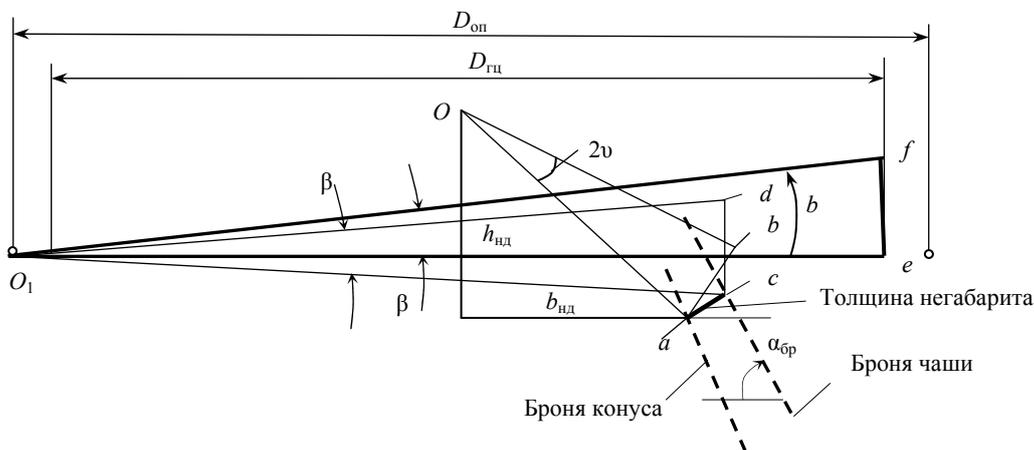


Рис. 3. Схема для расчета угла поворота опорного кольца

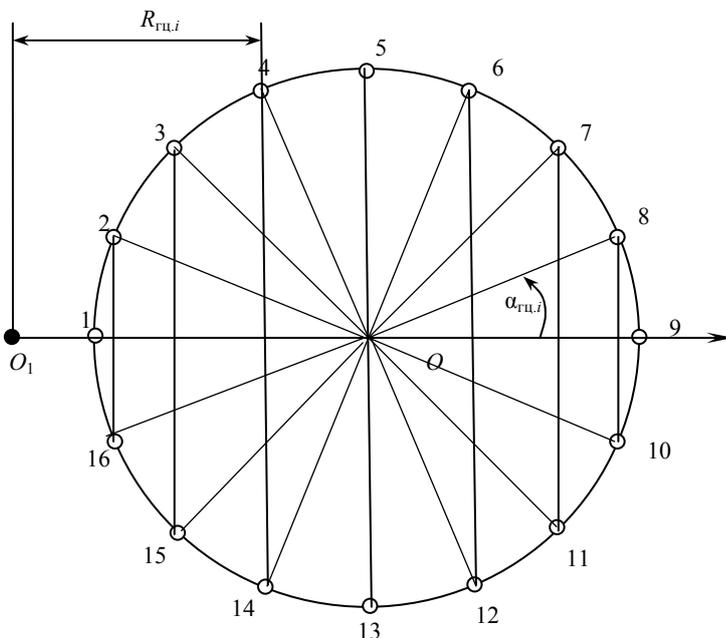


Рис. 4. Схема для расчета перемещений штоков гидроцилиндров

Таблица 1

## Параметры и исходные данные для расчета

Наименование	Обозначение	Значение
Угол нутации, град	$\theta$	2,1
Толщина недробимого тела, мм	$d_{нд}$	90
Количество гидроцилиндров прижатия опорного кольца к станине	$N_{гц}$	16
Расстояние между штоками гидроцилиндров, мм	$D_{гц}$	3180
Диаметр окружности точек контакта опорного кольца со станиной дробилки при пропуске недробимого тела	$D_{оп}$	3478
Расстояние от условной точки подвеса до начала камеры дробления:		
по вертикали	$h_{н.кд}$	190
по горизонтали	$b_{н.кд}$	660
Расстояние от условной точки подвеса нижней точки камеры дробления:		
по вертикали	$h_{к.кд}$	644
по горизонтали	$b_{к.кд}$	1100
Угол наклона брони чаши к горизонту, град	$\alpha_{бр}$	50
Усилие дробления, кН	$F_{др}$	7000
Давление жидкости в гидроцилиндре для прижатия опорного кольца, МПа	$P_{гц}$	25
Задаваемое максимальное давление в гидроаккумуляторе при определении его объема, МПа	$P_{max}$	30
Резервный объем жидкости в аккумуляторе для восполнения объемных утечек при прижатом опорном кольце, л	$V_{ж.н}$	0,2
Отношение диаметра штока к диаметру гидроцилиндра	$k$	0,6

**Расчет силовых параметров и параметров гидравлической системы.** Усилие дробления действует перпендикулярно поверхности брони чаши. Горизонтальная составляющая этого усилия передается на корпус дробилки, а вертикальная составляющая должна быть обеспечена усилиями гидроцилиндров.

$$F_{др.гор} = F_{др} \cdot \sin \alpha_{др},$$

$$F_{др.верт} = F_{др} \cdot \cos \alpha_{др}.$$

Усилие на штоке  $i$ -го гидроцилиндра для обеспечения усилия дробления

$$F_{гц,i} = F_{др.верт} / N_{гц}.$$

Давление жидкости в штоковой полости гидроцилиндра для обеспечения усилия дробления

$$P_{гц} = 4 F_{гц,i} / \pi (D_{гц}^2 - d_{шт}^2) = 4 F_{гц,i} / \pi D_{гц}^2 (1 - k^2),$$

где  $D_{гц}$ ,  $d_{шт}$  – диаметр поршня и штока гидроцилиндра.

По задаваемому значению давления

$$D_{гц} = \sqrt{\frac{4 F_{гц,i}}{\pi P_{гц} (1 - k^2)}}.$$

Расчет параметров аккумуляторов [15–20]:

$$V_{ж} = V_{ж.н} + L_{ef} \pi (D_{гц}^2 - d_{шт}^2) / 4,$$

где  $V_{ж.н}$  – резервный объем жидкости в аккумуляторе для восполнения объемных утечек при прижатом опорном кольце.

Конструктивный объем аккумулятора составит

$$\frac{V_{ж}}{V_{к}} = \left( 1 - \frac{P_{гц}}{P_{max}} \right),$$

где  $P_{max}$  – задаваемое максимальное давление в гидроаккумуляторе при определении его объема.

Задавшись значением максимального давления, можно определить конструктивный объем гидроаккумулятора

$$V_{к} = \frac{V_{ж}}{\left( 1 - \frac{P_{гц}}{P_{max}} \right)}.$$

Давление в гидроаккумуляторе при изменении в нем объема жидкости

$$P_{гц,i} = P_{гц} \frac{V_{к} - V_{ж.н}}{V_{к} - (V_{ж.н} + V_{ж,i})},$$

где  $V_{ж,i}$  – объем жидкости, подаваемой  $i$ -м гидроцилиндром при смещении его штока поворотом опорного кольца,  $V_{ж,i} = h_{гц,i} \pi \times (D_{гц}^2 - d_{шт}^2) / 4$ .

Усилие, развиваемое  $i$ -м гидроцилиндром,

$$F_{гц,i} = P_{гц,i} \cdot \pi (D_{гц}^2 - d_{шт}^2) / 4.$$

Суммарное усилие гидроцилиндров, действующее на опорное кольцо,

$$F_{гц,сум} = \sum_{i=1}^{N_{гц}} F_{гц,i}.$$

Суммарный крутящий момент относительно точки  $O_1$  при повороте опорного кольца

$$M_{гц,сум} = \sum_{i=1}^{N_{гц}} F_{гц,i} \cdot R_{гц,i,x}.$$

Положение равнодействующей усилий гидроцилиндров  $F_{гц,сум}$  от точки  $O_1$

$$X_{гц,сум} = M_{гц,сум} / F_{гц,сум}.$$

Усилие на бронях в точке нахождения недробимого тела по условию статического равновесия удерживающего гидроцилиндра момента и момента от вертикальной составляющей усилия дробления

$$M_{гц,сум} = F_{др} \cos \alpha_{др} \cdot b_{нд},$$

откуда

$$F_{др} = \frac{M_{гц,сум}}{\cos \alpha_{др} \cdot b_{нд}}.$$

В действительности на недробимом теле усилие будет больше на коэффициент динамики.

### Пример расчета

Таблица 2

Расчет максимального перемещения штока гидроцилиндра

$h_{нд}$	$b_{нд}$	$L_{Оа}$	$L_{ab}$	$L_{осх}$	$L_{Оlсх}$	$\beta$ , рад	$L_{ef}$
190	660	687	50,3	729	2468	0,0204	67,9
240	707	746	54,7	776	2515	0,0218	72,4
291	753	808	59,2	822	2561	0,0231	76,9
341	800	870	63,7	869	2608	0,0244	81,4
392	847	933	68,4	916	2655	0,0258	85,7
442	893	997	73,0	962	2701	0,027	90,0
493	940	1061	77,8	1009	2748	0,0283	94,2
543	987	1126	82,5	1056	2795	0,0295	98,3
594	1033	1192	87,3	1102	2841	0,0307	102,3
644	1080	1257	92,1	1149	2888	0,0319	106,2

Таблица 3

Силовые параметры и параметры гидравлической системы

Наименование параметра	Значение
Горизонтальная составляющая усилия дробления, кН	5362
Вертикальная составляющая усилия дробления, кН	4500
Усилие на штоке $i$ -го гидроцилиндра для обеспечения усилия дробления	281,24
Диаметр поршня гидроцилиндра, мм	150
Диаметр штока гидроцилиндра, мм	90
Объем жидкости, поступающей в аккумулятор при максимальном перемещении штока, л	1,4
Конструктивный объем аккумулятора, л	8,4

Таблица 4

Расчет выдвигания штоков гидроцилиндров при положении недробимого тела в нижней части камеры дробления

Обозначение параметра	Номер гидроцилиндра по рис. 2								
	1	2, 16	3, 15	4, 14	5, 13	6, 12	7, 11	8, 10	9
$\alpha_{гц,i}$	180	157,5	135	112,5	90	67,5	45	22,5	0
$R_{гц,i}$	149	270	615	1131	1739	2348	2863	3208	3329
$h_{гц,i}$	4,8	8,6	19,6	36,1	55,5	74,9	91,3	102,3	106,2
$V_{ж,i}$ , л	0,05	0,10	0,22	0,41	0,63	0,85	1,03	1,16	1,20
$P_{гц,i}$	25,17	25,3	25,73	26,38	27,19	28,04	28,81	29,35	29,55
$F_{гц,i}$ , кН	284,6	286,2	290,9	298,2	307,3	317,0	325,7	331,8	334,0
$M_{гц,i}$ , кНм	42,4	77,3	178,8	337,1	534,4	744,1	932,6	1064,4	1111,9
Коэффициент увеличения давления $k = P_{гц,i}/P_{гц}$	1,007	1,013	1,029	1,055	1,087	1,122	1,153	1,174	1,182

Таблица 5

Силовые параметры дробилки

Наименование параметра	Значение
Суммарное усилие гидроцилиндров, действующее на опорное кольцо, кН	2775,5
Суммарный крутящий момент относительно точки $O_1$ при повороте опорного кольца, кНм	5023,2
Положение равнодействующей усилий гидроцилиндров $F_{гц,сум}$ от точки $O_1$ , мм	1810
Усилие в точке контакта недробимого тела, кН	7235

### Выводы

Предложены методика определения геометрических параметров камеры дробления при пропуске недробимого тела и расчет силовых параметров гидравлической системы конусной дробилки, включающей гидроцилиндры и пневмогидроаккумуляторы. Методика может быть применена в конструкторских отделах горно-промышленных предприятий при проектировании конусных дробилок.

### Библиографический список

1. Андреев С.Е., Зверевич В.В., Перов В.А. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. – Изд. 2-е. – М.: Недра, 1966. – 395 с.
2. Блехман И.И., Иванов Н.А. Движение материала в камере дробления конусных дробилок как процесс вибрационного перемещения // Обогащение руд. – 1977. – № 2. – С. 35–41.
3. Блехман И.И., Иванов Н.А. О пропускной способности и профилировании камеры дробления конусных дробилок // Обогащение руд. – 1979. – № 1. – С. 24–31.
4. Горное оборудование «Уралмашзавода» / под ред. Г.Х. Бойко. – Екатеринбург: Уральский рабочий, 2003. – 240 с.
5. Масленников В.А. Математические модели технических систем «Камера дробления дробилки КМД», «Рабочий процесс дробилки КМД» // Изв. Уральск. горн. ин-та. Сер.: Горная электромеханика. – 1993. – Вып. 4. – С. 9–49.
6. Клушанцев Б.В. Расчет производительности щековых и конусных дробилок // Строительные и дорожные машины. – 1977. – № 6. – 13 с.
7. Лагунова Ю.А., Шестаков В.С. Оценка технического уровня дробильно-размольного оборудования // XXI столетие – проблемы и перспективы освоения МПИ: сб. науч. тр. НГА Украины. – Днепропетровск: РИК НГА Украины, 1998. – Т. 6, № 3. – С. 324 с.
8. Лагунова Ю.А. Проектирование обогатительных машин: учеб. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. горн. ун-та, 2009. – 381 с.
9. Darvac Rubdbreyer. Aufbereitungs Technik. – 1987. – Т. V, № 11. – S. 41–47.
10. Miller J.P. Carrieres of materiaux. – 1981. – № 193. – P. 59–65.
11. Mining activity in the western world // Mining Magazine. – 1982. – Vol. 145, № 1. – P. 67–94.
12. Method for feeding gyratory cone crushers: pat. 2996281 USA. Int. cl. B02c. / Gruender O.C. – 22.09.1942. – O.G.: 350.888.
13. Машиностроение: энциклопедия. Т. IV-24. Горные машины / Ю.А. Лагунова, А.П. Комиссаров, В.С. Шестаков. – М.: Машиностроение, 2011. – 496 с.
14. Лагунова Ю.А., Калянов А.Е., Шестаков В.С. Прочностной расчет станины и вала дробящего конуса конусной дробилки // Горное оборудование и электромеханика. – 2015. – № 8. – С. 34–40.
15. Башта Т.М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика. – М.: Машиностроение, 1972. – 320 с.
16. Богданович Л.Б. Объемные гидроприводы (вопросы проектирования). – Киев: Техника, 1971. – 172 с.
17. Башта Т.М. Гидравлика, гидромашин и гидроприводы: учеб. для машиностроительных вузов. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.
18. Гудилин Н.С. Гидравлика и гидропривод. – 3-е изд. – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2006. – 520 с.
19. Калянов А.Е., Лагунова Ю.А. Применение гидропневмоаккумуляторов в горных машинах (продолжение) // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2014. – № 1. – С. 29–35.
20. Kinoglu F., Riley D., Donath M. Analysing hydraulic systems through computer integration // Hydraulics and pneumatics. – 1985. – Vol. 38, № 11. – P. 88–112.

### References

1. Andreev S.E., Zverevich V.V., Perov V.A. Droblenie, izmel'chenie i grokhochenie poleznykh iskopaemykh [Crushing, grinding and screening of minerals]. Moscow, Nedra, 1966, 395 p.
2. Blekhman I.I., Ivanov N.A. Dvizhenie materiala v kamere drobleniia konusnykh drobilok kak protsess vibratsionnogo peremeshcheniia [Movement of material in the crushing chamber of cone crushers as a process of vibrational displacement]. *Obogashchenie rud*, 1977, no.2, pp.35-41.
3. Blekhman I.I., Ivanov N.A. O propusknoi sposobnosti i profilirovani kamery drobleniia konusnykh drobilok [On the capacity and profiling of the crushing chamber for cone crushers]. *Obogashchenie rud*, 1979, no.1, pp.24-31.
4. Gornoe oborudovanie «Uralmashzavoda» [Mining equipment of "Uralmashzavod"]. Ed. G.Kh. Boiko. Ekaterinburg, Ural'skii rabochii, 2003, 240 p.
5. Maslennikov V.A. Matematicheskie modeli tekhnicheskikh sistem «Kamera drobleniia drobilki KMD», «Rabochii protsess drobilki KMD» [Mathematical models of technical systems "Chamber crushing of the KMD crusher", "Working process of KMD crusher"]. *Izvestiia Ural'skogo gornogo instituta. Seriya: Gornaia elektromekhanika*, 1993, iss. 4, pp.9-49.
6. Klushantsev B.V. Raschet proizvoditel'nosti shchekovykh i konusnykh drobilok [Calculation of productivity of jaw and cone crushers]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 1977, no.6, p.13.
7. Lagunova Iu.A., Shestakov V.S. Otsenka tekhnicheskogo urovnia drobil'no-razmol'nogo oborudovaniia [Assessment of the technical level of crushing and grinding equipment]. *Tezisy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: XXI stoletie – problemy i perspektivy osvoeniia MPI: sbornik nauchnykh trudov Natsional'noi gornoj akademii Ukrainy*. Dnepropetrovsk, Natsional'naia gornaia akademiia Ukrainy, 1998, vol.6, no.3, 324 p.
8. Lagunova Iu.A. Proektirovanie obogatitel'nykh mashin [Designing of concentrating machines]. Ekaterinburg, Ural'skii gosudarstvennyi gornyi universitet, 2009, 381 p.
9. Darvac Rubdbreyer. *Aufbereitungs Technik*, 1987, vol.V, no.11, pp.41-47.
10. Miller J.P. Carrieres of materiaux, 1981, no.193, pp.59-65.

11. Mining activity in the western world. *Mining Magazine*, 1982, vol. 145, no.1, pp.67-94.
12. Gruender O.C. Method for feeding gyratory cone crushers. Pat. 2996281 USA. Int. cl. B02c. O.G.: 350.888.
13. Lagunova Iu.A., Komissarov A.P., Shestakov V.S. Mashinostroenie Entsiklopediia. Vol. IV-24. Gornye mashiny [Mechanical engineering. Encyclopedia. Vol. IV-24. Mountain machines]. Moscow, Mashinostroenie, 2011, 496 p.
14. Lagunova Iu.A., Kalianov A.E., Shestakov V.S. Prochnostnoi raschet staniny i vala drobiashchego konusa konusnoi dробилки [Strength calculation of the frame and shaft of the crushing cone cone crusher]. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*, 2015, no.8, pp.34-40.
15. Bashta T.M. Gidropriwod i gidropnevmoavtomatika [Hydraulic drive and hydropneumoautomatics]. Moscow, Mashinostroenie, 1972, 320 p.
16. Bogdanovich L.B. Ob"emnye gidroprirody (voprosy proektirovaniia) [Volumetric hydraulic drives (design issues)]. Kiev, Tekhnika, 1971, 172 p.
17. Bashta T.M. Gidravlika, gidromashiny i gidroprirody [Hydraulics, hydraulic machines and hydraulic drives]. Moscow, Mashinostroenie, 1982, 423 p.
18. Gudilin N.S. Gidravlika i gidropriwod [Hydraulics and hydraulic drive]. Moscow, Moskovskii gosudarstvennyi universitet, 2006, 520 p.
19. Kalianov A.E., Lagunova Iu.A. Primenenie gidropnevmoakkumulatorov v gornykh mashinakh (prodolzhenie) [The use of hydropneumatic accumulators in mining machines (continued)]. *Sborka v mashinostroenii, priborostroenii*, 2014, no.1, pp.29-35.
20. Kinoglu F., Riley D., Donath M. Analysing hydraulic systems through computer integration. *Hydraulics and pneumatics*, 1985, vol. 38, no.11, pp.88-112.

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Калянов А.Е., Лагунова Ю.А., Шестаков В.С. Расчет параметров гидрофицированной конусной дробилки // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2017. – Т.16, №1. – С.73–81. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.1.8

Please cite this article in English as:

Kalianov A.E., Lagunova Yu.A., Shestakov V.S. Calculation of parameters of hydraulic cone crusher. *Bulletin of PNRPU. Geology. Oil & Gas Engineering & Mining*, 2017, vol.16, no.1, pp.73–81. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.1.8