

Л. И. БАРОН, Е. А. СИМОНЯН

### ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА УГОЛ ТРЕНИЯ ОТБИТОЙ РУДЫ РАЗНОЙ КРУПНОСТИ ПО ДЕРЕВУ, ЖЕЛЕЗУ И БЕТОНУ<sup>1</sup>

В предыдущих работах авторов [1, 2] были приведены результаты экспериментальных исследований углов трения отбитой руды по дереву, железу и бетону. Выпуску из модели люка (рис. 1) подвергалась естественно-влажная кварцито-магнетитовая руда в условиях рудника им. И. М. Губкина Курской Магнитной Аномалии. Содержание влаги в такой руде для разных классов крупности приводится в табл. 1<sup>1</sup>.

На рис. 2 приведена построенная по этим данным кривая зависимости содержания влаги от средней крупности (ширины) кусков.

В горной практике, наряду с естественно-влажной рудой, часто приходится иметь дело с рудой избыточно увлажненной, т. е. мокрой. Наличие влаги очевидно должно как-то влиять на величину угла трения отбитой руды по различным материалам. Выяснение характера этого влияния и определение фактических значений соответствующих параметров важно для проектирования различных погрузочно-транспортных устройств и, в первую очередь, для проектирования горных люков, широко применяемых при разработке рудных залежей.

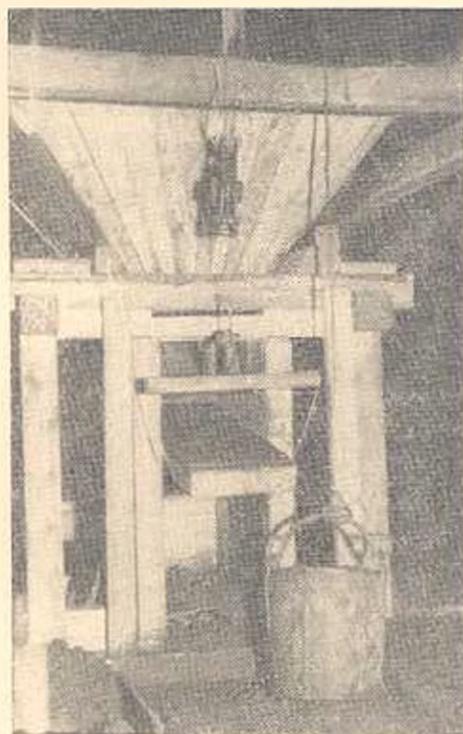


Рис. 1. Подземная опытная установка на руднике им. И. М. Губкина Курской магнитной аномалии.

<sup>1</sup> Анализы естественно-влажной и мокрой (табл. 2) руды выполнены инженерно-геологической лабораторией Горно-геологической станции Института горного дела АН СССР на Курской Магнитной Аномалии.

Таблица 1

Содержание влаги в естественно-влажнй руде  
однородных классов крупности

Номера классов крупности	Ширина кусков, мм	Содержание влаги, %
III	— 40 + 40	0,1
IV	— 10 + 20	0,2
V	— 20 + 8	1,5
VI	— 8 + 5	2,0
VII	— 5	7,7

Этот вопрос применительно к рудным фракциям разной крупности, до настоящего времени не исследован и в литературе совершенно не освещен.

Экспериментальная работа по определению углов трения мокрой отбитой руды разной крупности по дереву, железу и бетону была

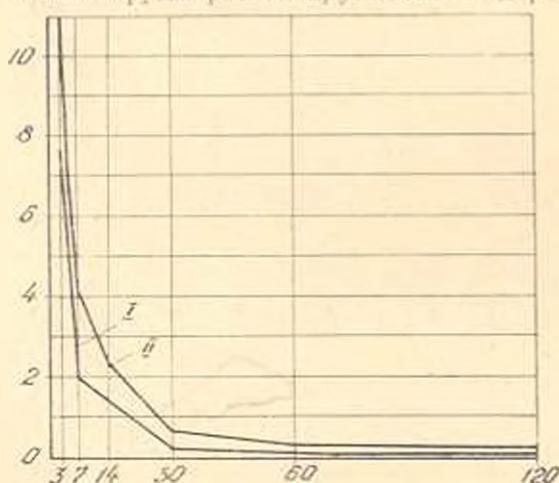


Рис. 2. Зависимость процентного содержания влаги от крупности кусков естественно-влажнй и мокрой руды. По оси абсцисс — средняя ширина кусков руды в мм, по оси ординат — содержание влаги в руде в %.

График зависимости содержания влаги от крупности дан для мокрой руды на рис. 2, в сопоставлении с аналогичным графиком для руды естественно-влажнй. Значения углов трения однородных по крупности классов и смесей мокрой руды приведены в табл. 3.

Опыты показали, что для мокрой руды справедливая ранее выни-

проведена авторами<sup>1</sup> на подземной опытной установке Института горного дела АН СССР на руднике им. И. М. Губкина. Конструкция установки описана в работе [1].

Исследованию подвергалась грохоченная кварцито-магнетитовая руда пяти классов крупности и четыре искусственные смеси. Характеристика однородных классов крупности и смесей приведена в работе [2].

Перед опытами руда обильно увлажнялась путем поливки. Данные о процентном содержании влаги в мокрой руде приведены в табл. 2.

<sup>1</sup> Опыты по определению углов трения по бетону проводились совместно с Г. В. Гвоздковой.

Таблица 2

Содержание влаги в мокрой руде однородных классов крупности

Номера классов крупности	Ширина кусков, мм	Содержание влаги, %	
		пределы изменения	среднее значение
III	— 80—40	0,27—0,32	0,30
IV	— 40—20	0,48—0,60	0,63
V	— 20—8	2,0—2,8	2,40
VI	— 8—5	1,0—1,5	1,25
VII	— 5	10,3—11,3	10,80

ленная зависимость величины угла трения от крупности кусков: с увеличением крупности кусков угол трения уменьшается.

Разница между значениями углов трения для крайних классов наиболее крупного (80—40 мм) и наиболее мелкого (<5 мм) составила: по деревянному днищу—24°, железному—18,5° и бетонному—11,5°. Эти цифры значительно выше соответствующих величин для руды естественно-влажной—см. работы [1, 2]. При одном и том же гранулометрическом составе руды углы трения по деревянному днищу (26,5—50,5°) были заметно выше, чем по бетонному (28,0—39,5°) и особенно по железному (24,0—42,5°).

Графики изменения величины углов трения по деревянному, железному и бетонному днищам в зависимости от крупности кусков мокрой руды однородных классов приведены на рис. 3. Диаграмма значений этого показателя для смесей дана на рис. 4.

Как и при естественно влажной руде, разность между значениями углов трения по днищам из различного материала была для мелких классов более существенна, чем для крупных.

Значительно отличаются от приведенных ранее [1, 2] величины коэффициенты трения мокрой руды. Значения их даны в табл. 4.

Результаты сопоставления экспериментальных значений углов трения по деревянному, бетонному и железному днищам для естественно-влажной и мокрой руды указаны в табл. 3.

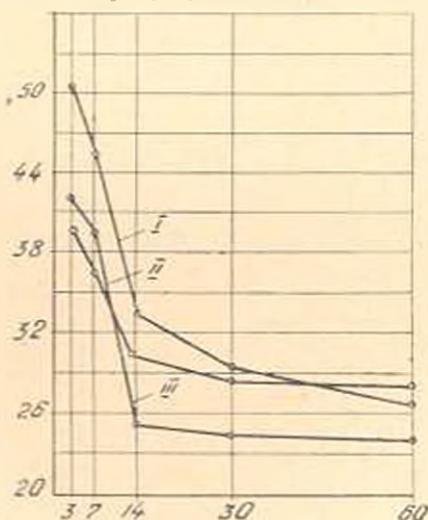


Рис. 3. Зависимость углов трения по дереву, бетону и железу от крупности кусков мокрой руды. По оси абсцисс—средняя ширина кусков руды в мм, по оси ординат—угол трения в градусах.

Сопоставление показало, что для всех трех видов днищ значения углов трения у первых трех (более крупных) классов были для мокрой руды меньше, чем для естественно-влажной. Это можно объяснить тем, что влага, по-видимому, играет как бы роль смазки между рудой и днищем. Наиболее сильно влияет влажность на угол трения по дереву, для которого разница соответствующих значений составляет от  $1^\circ$  до  $5,5^\circ$ ; по железу эта разница находится в пределах от  $2^\circ$  до  $2,5^\circ$ , а по бетону от  $2^\circ$  до  $3,5^\circ$ .

Особого внимания заслуживает изменение углов трения руды наиболее мелких классов (с размерами кусков  $< 8$  мм). Если для крупных кусков значения угла трения мокрой руды были меньше, чем естественно-влажной, то для мокрой мелочи эти углы оказались, наоборот, значительно большими. Это можно объяснить тем, что мокрая мелочь налипают на днище, что и приводит к увеличению угла трения. Наиболее сильно сказывается налипание при железном днище, для которого разность значений углов трения была равна  $9-10^\circ$  (для деревянного днища она равна  $6-9^\circ$ , для бетонного— $3^\circ$ ).

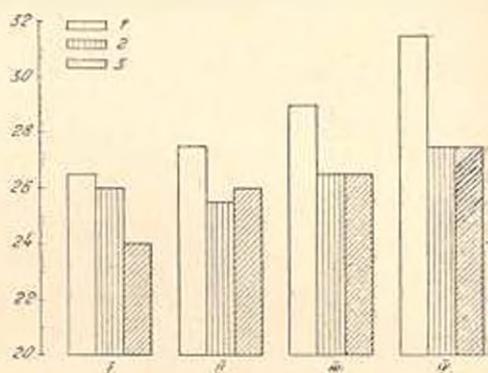


Рис. 4. Углы трения по дереву, бетону и железу для мокрых смесей. По оси ординат— угол трения в градусах. I—рудничная смесь; II—смесь № 1; III—смесь № 2; IV—смесь № 3. 1—деревянное днище; 2—бетонное днище; 3—железное днище.

Таблица 4  
Значения коэффициентов трения мокрой кварцито-магнетитовой руды разной крупности по дереву, железу и бетону

Гранулометрический состав руды	Величина коэффициентов трения покоя по:		
	дереву	железу	бетону
I. Однородные классы (размеры в мм):			
— 80+40	0,50	0,44	0,53
— 40+20	0,57	0,46	0,54
— 20+8	0,66	0,48	0,59
— 8+5	1,02	0,82	0,74
— 5	1,21	0,92	0,82
II. Смесей: № 1 . . . . .	0,52	0,49	0,48
№ 2 . . . . .	0,55	0,50	0,50
№ 3 . . . . .	0,61	0,52	0,52
Рудничная . . . . .	0,50	0,44	0,49

Таблица 3

Результаты опытов по определению углов трения мокрой руды разной крупности по деревянному, железному и бетонному дну

Номер класса крупности (см. табл. I)	Гранулометрический состав руды	Деревянное дно		Железное дно		Бетонное дно				
		Угол трения мокрой руды, град.	Изменение угла трения по сравнению с тем же показателем для есте- ственно-влажной руды	Угол трения мокрой руды, град.	Изменение угла трения по сравнению с тем же показателем для есте- ственно-влажной руды	Угол трения мокрой руды, град.	Изменение угла трения по сравнению с тем же показателем для есте- ственно-влажной руды			
								град.	%	град.
III	Однородные классы размеры в мм									
IV	—80+40	26,5	—5,5	—20,6	21,0	—2,0	—8,3	28,0	—2,5	—8,9
V	—40+20	29,5	—4,0	—13,6	24,5	—2,5	—10,2	28,5	—3,5	—12,3
VI	—20+8	33,5	—1,0	—3,0	25,5	—2,5	—9,8	30,5	—2,0	—6,6
VII	—8+5	45,5	+9,0	+19,9	39,5	+10,0	+25,3	36,5		
	< 5	50,5	+6,0	+11,9	42,5	—9,0	+21,2	39,5	+3,0	+7,6
	С м е с и:									
№ 1	50% класса II	27,5	—4,0	—14,5	26,0	—0,5	—1,9	25,5	—2,5	—9,8
	50% класса III									
№ 2	50% класса II	29,0	—1,5	—15,5	26,5	—1,0	—3,8	26,5	—3,5	—13,2
	50% класса IV									
№ 3	50% класса II	31,5	—3,0	—9,5	27,5	—1,0	—3,6	27,5	—5,0	—18,2
	50% класса VI									
	Рудничная*	26,5	—3,0	—11,3	24,0	—0,5	—2,1	26,0	—1,5	—5,8

\* Рудничная смесь была составлена из классов приблизительно в такой пропорции, в какой они содержались в рудовой отбитой руде.

Следует отметить, что при очень большом содержании влаги рудная мелочь может стать текучей, приблизившись по своим свойствам к пульпе. В этих случаях коэффициент трения существенно снизится, а рассмотренные выше соотношения и закономерности естественно изменят свой характер.

### В ы в о д ы

1. Проведенные экспериментальные исследования позволили установить действительные значения величины углов и коэффициентов трения мокрой кварцито-магнетитовой руды разного гранулометрического состава по дереву, железу и бетону.

2. Увеличение содержания влаги в отбитой руде существенно влияет на величину углов и коэффициентов трения ее по дереву, железу и бетону.

3. Углы трения, а соответственно и коэффициенты трения, крупных классов руды с увеличением содержания влаги уменьшаются, а мелких, — наоборот, увеличиваются.

4. Наибольшее увеличение углов и коэффициентов трения, по мере возрастания влажности, наблюдается для мелких классов кварцито-магнетитовой руды при металлическом днище.

5. Желательно проведение аналогичных экспериментальных определений величины углов и коэффициентов трения для различных мокрых металлических руд. Для этого может быть использована методика, разработанная и использованная авторами при выполнении исследований, приведенных в настоящей работе и в работах [1, 2].

Институт горного дела АН СССР

Институт геологических наук АН  
Армянской ССР

Получено 25 VII 1956

Լ. Ի. ԲԱՐՈՆ, Ե. Ա. ՍԻՄՈՆՅԱՆ

ԽՈՒՆՎՈՐԻՅԱՆ ԱԶԳԵՅՈՒԹՅՈՒՆԸ ՏՆՐԵՐ ՄԵՆԻԹՅԱՆ ՀԱՆՔԱՔԱՐԵՐԻ ՓՈՋՏԻ, ԵՐԿՈՒԹ ԵՎ ԲԵՏՈՆԻ ՀԵՏ ՇՓՈՒՆ ԱՆԿՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎՐՈ

### Ո Վ Փ Ո Փ Ո Վ

Հեղինակների հոդվածներում [1, 2] տրված էին բնական խոնավաթխան անկողի հանքաքարի՝ մարտի, երկաթի և բևառնի հետ շփման անկյունների էքսպերիմենտալ հետազոտությունները (Կարսի մագնիտական անավախայի Ի. Մ. Կարիկների անվան հանքահորի պարամներում):

Առնալին պրակտիկալում հաճախակի անհրաժեշտ է լինում բնական խոնավաթխան անկողի հանքաքարի հետ միասին գործ անելու նաև թաց հանքաքարի հետ:

Անհատ է, որ խոնավության առկայությունը պետք է որևէ կերպ ազդեցություն անենա հանքաքարի՝ փառսի, երկաթի և բևառնի հետ շփման անկյունների մեծության վրա:

Այդ ազդեցության բնույթի պարզելը և համապատասխան պարամետրերի ֆիզիկական նշանակության որոշելը անհրաժեշտ է տարբեր բարձրասեղանի սարքավորումների ճիշտ նախադրման և ստացին հերթին լավերի նախադրման համար, որոնք ներկայումս մեծ տարածում են ստացել հանքային գանդիտների մշակման բնօրրամ:

Փորձերը ցույց են տվել, որ թաց հանքաքարի համար էլ ճիշտ է նախկինում բացատրված կապակցությունը շփման անկյան մեծության և կտորի խոշորություն միջև: Կտորների խոշորության մեծացմամբ շփման անկյունը փոքրանում է:

Ամենախոշոր ( $-80 \pm 40$  մմ) և ամենափոքր ( $< 5$  մմ) գաստիարցիերի համար շփման անկյունների արժեքների միջև եղած տարբերությունը կազմում է՝ փառսային հատակի համար  $24^\circ$ , երկաթայինի— $18,5^\circ$  և բևառնայինի— $11,5^\circ$ : Այդ թվերը բախվածինն բարձր են քան բնական խոնավության անեցող հանքաքարերի համապատասխան արժեքները, տես [1, 2] աշխատանքները:

Հանքաքարերի նույն խոշորության զեպում շփման անկյունները փոշտային հատակի ( $26,5 - 50,5$ ) զգալի բարձր են քան բևառնայինի ( $28,0 - 30,5$ ) և հատկապես երկաթայինի ( $24 - 42,5$ ): Քանական խոնավության հանքաքարի զեպում գանադան նրաթերի հատակների շփման անկյունների արժեքների միջև եղած տարբերությունը փոքր գաստիարցիերի համար ավելի էական է, քան խոշորների համար:

Քանական խոնավ և թաց հանքաքարերի շփման անկյունների համեմատությունը հաստատում է, որ այդ ցուցանիշը բոլոր երեք տեսակի հատակների համար ավելի խոշոր գաստիարցիերի ( $-80 \pm 8$  մմ) մոտ կզել է թաց հանքաքարի համար ավելի փոքր, քան թե բնական խոնավ հանքաքարերի համար: Այդ բացատրվում է նրանով, որ խոնավությունը հանքաքարի և հատակի միջև խաղում է կարծես թե լուգման զեր: Հատակ աշաղյուրթյան է արժանի ամենափոքր գաստիարցիերի (կտորների չափսերը  $< 8$  մմ) հանքաքարերի շփման անկյունների փոփոխությունը: Եթե թաց հանքաքարի խոշոր կտորների համար շփման անկյունների արժեքները ավելի փոքր էին, քան բնական խոնավ հանքաքարերինը, ապա թաց հանքաքարի մանրանքների համար այդ անկյունը ընդհակառակը՝ ստացվեց բախվածինն մեծ: Այդ կարելի է բացատրել նրանով, որ թաց մանրանքները կոչում են հատակին և դրանով մեծացնում են շփման անկյունը: Հատակին կաշելը ամենից ամեղ արտահայտվում է երկաթային հատակի զեպում, որի համար շփման անկյունների համապատասխան արժեքների տարբերությունը հավասար է  $9 - 10^\circ$  (փառսյա հատակի համար՝  $6 - 9^\circ$ , բևառնայինի համար՝  $8^\circ$ ):

Անհրաժեշտ է նշել, որ ջրի շատ մեծ պարունակության զեպում հանքային մանրույքը կարող է գառնալ հոսող, մոտենալով իր հատկություններով պոլյպային:

Այդ զեպում շփման դորմակիցը զգալի կիջնի և վերևում դիտվող հարաբերակցությունները և օրինաչափությունները բնականաբար կրոխեն իրենց բնույթը:

## ЛИТЕРАТУРА

1. Барон Л. И., Симонян Е. А. Экспериментальное исследование углов трения оббитой рулы разной крупности по дереву и железу. „Известия Академии наук Армянской ССР“, т. VIII, № 3, 1955.
2. Барон Л. И., Симонян Е. А. Углы трения железной рулы разной крупности по бетону. „Известия Академии наук Армянской ССР“, т. X, № 6, 1957.