

## ГОРНОЕ ДЕЛО

Л. И. Барон, Е. А. Симонян

## Экспериментальное исследование углов трения отбитой руды разной крупности по дереву и по железу

Значения углов трения отбитой руды по дереву и по железу (т. е. тех предельных углов наклона деревянной или железной плоскости к горизонту, при которых лежащая на ней отбитая руда еще удерживается в равновесии за счет сил трения) являются при современных методах подземной добычи руд весьма важными технологическими параметрами. Знание величины угла трения необходимо прежде всего для правильного проектирования люковых устройств. В современной же горнорудной промышленности выдача добытой руды через люки, применяемая при многих системах разработки, получила очень широкое распространение.

В последние годы, в связи с внедрением высокопроизводительных методов массовой добычи руд, стало необходимым использовать все более крупные люки. На отдельных рудниках теперь можно встретить люки с выпускными отверстиями шириной до 3 м и высотой до 1,8 м. Если прежде применялись почти исключительно деревянные конструкции, то в последнее время люки большей производительности все чаще изготовляют из бетона и футеруют стальными плитами или рельсами. Для характеристики масштабов, которых достигли современные конструкции люковых устройств, можно указать, например, что одна только футеровка люка с размером выпускного отверстия  $1,8 \times 2,4$  м весит 26,5 т. Все это существенно повысило требования к конструированию люков и сделало весьма важной задачу их всемерного усовершенствования.

Вопрос о выборе целесообразных параметров люков для различных условий до настоящего времени почти совершенно не изучен. Экспериментальных исследований в данной области (применительно к условиям подземной разработки рудных месторождений) не проводилось вовсе. Такое положение находится в явном противоречии с запросами современного высокопроизводительного горнорудного производства.

Правильный выбор угла наклона днища люка имеет большое практическое значение. Если угол наклона будет мал, то руду придется выгребать из люка и пропускная способность последнего будет крайне мала. При слишком большом угле наклона руда будет вылетать из люка с очень высокой скоростью, работа у люка станет опас-

ной, существенно затрудняется управление им и резко возрастет засорение путей у люка. Целесообразный угол наклона днища должен немного превышать [1, стр. 150] угол трения  $\phi$ .

Величина угла трения существенно зависит от гранулометрического состава (от крупности) отбитой руды. Однако в количественном отношении эта зависимость оставалась до самого последнего времени совершенно не исследованной. Отсутствовали какие-либо данные и значения угла трения для рудных масс, неоднородных по гранулометрическому составу.

Летом 1954 г. авторы провели на одном из железных рудников специальное исследование на крупной модели, имевшее целью установить экспериментально углы трения по дереву и по железу для сухой магнетитовой руды различной крупности и для рудных смесей разного гранулометрического состава. Содержание проведенной работы и полученные результаты излагаются ниже.

Руда представляла собой магнетитовые кварциты с коэффициентом крепости  $f=14-16$  по шкале М. М. Протодяконова. Удельный вес магнетитовых кварцитов 3, 4, насыпной вес  $2,2 \text{ т/м}^3$ . Руда отличалась абразивностью.

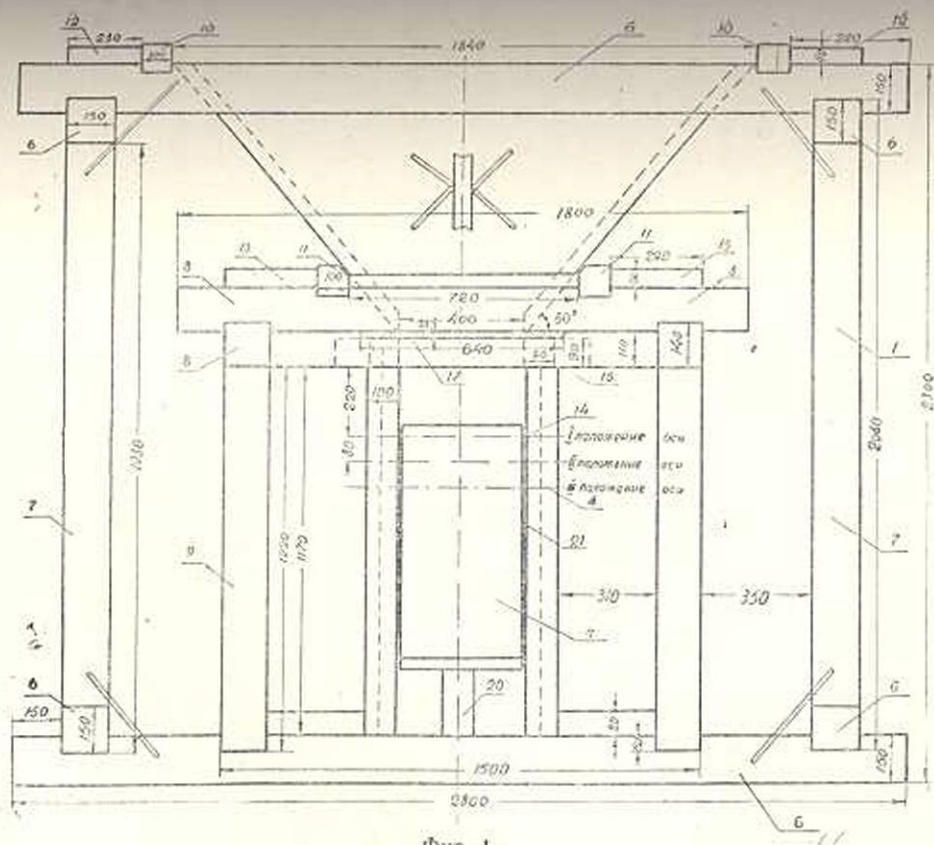
Экспериментальная установка, смонтированная в одной из подземных камер рудника, представляла собой деревянную конструкцию (фиг. 1), состоявшую из четырех основных узлов: большого и малого станков, воронки и самой модели люка. Эта установка (кроме модели люка) была сконструирована М. Е. Мухиным, проводившим на ней под руководством М. И. Агошкова ряд экспериментальных исследований. Для выполнения опытов, излагаемых ниже, установка была видоизменена. К нижней части воронки была пристроена модель люка с вращающимся вокруг оси днищем. Кроме того, установка была снабжена воротком и хомутом для поднятия и опускания днища люка, а также шкалой для измерения углов наклона днища. Описание установки приводится ниже.

Большой (наружный) станок 1 состоял из восьми горизонтальных брусьев с сечением  $150 \times 150 \text{ мм}$  при длине  $2800 \text{ мм}$  и четырех вертикальных брусьев 7 такого же сечения длиной  $1780 \text{ мм}$ .

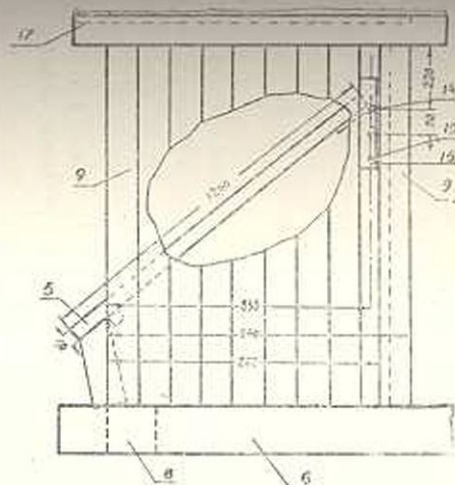
Малый (внутренний) станок 2 состоял из четырех горизонтальных брусьев 8 сечением  $140 \times 140 \text{ мм}$  при длине  $1800 \text{ мм}$  и четырех вертикальных брусьев 9 такого же сечения длиной  $1220 \text{ мм}$ .

Воронка 3 была изготовлена из досок толщиной  $50 \text{ мм}$  в виде усеченного конуса высотой  $870 \text{ мм}$ . Длина стороны верхнего основания усеченного конуса была равна  $1840 \text{ мм}$ , нижнего основания— $400 \text{ мм}$ . Угол наклона стенок воронки к горизонту— $50^\circ$ . Верхняя часть воронки поддерживалась горизонтальными 6 и вспомогательными 10 брусьями большого станка. Нижняя часть воронки опиралась на горизонтальные 8 и вспомогательные 11 брусья малого станка. В местах сопряжений брусья были дополнительно усилены распорками 12 и 13. Установка позволяла изменять, в случае надобности,



Вид: 

Вид. сенок.



Фиг. 1. Экспериментальная установка:

1—большой (внешний) станок; 2—малый (внутренний) станок; 3—воронка; 4—люк; 5—днище; 6—горизонтальный брус большого станка; 7—вертикальный брус большого станка; 8—горизонтальный брус малого станка; 9—вертикальный брус малого станка; 10—вспомогательный брус большого станка; 11—вспомогательный брус малого станка; 12—клин большого станка; 13—клин малого станка; 14—ось днища; 15—уголок 60×60 мм; 16—горловина; 17—проем для заслонки; 18—шкив для поднятия и опускания днища; 19—отверстия в уголке; 20—распорная стойка; 21—шкала углов.

углы наклона стенок воронки и размеры ее нижнего основания (путем увеличения или уменьшения числа досок и перемещения соответствующих брусьев по их направляющим).

Люк 4 имел следующие внешние размеры: длина 960 мм, высота 1170 мм, ширина 600 мм. Внутренняя ширина люка 400 мм. Днище люка 5 было укреплено на оси 14, продетой через уголки 15 размерами 60×60 мм. Последние были закреплены на вертикальных стойках 9 в задней части модели. В уголках через 80 мм для оси 14 были просверлены отверстия 19.

Установка была приспособлена для исследования закономерностей движения руды по деревянным, железным, а при необходимости — и по бетонным днищам. При моделировании движения по железу на деревянное днище укладывали железный лист толщиной 5 мм.

Между люком и воронкой была встроена горловина 16, изготовленная из брусьев сечением 90×90 мм и длиной 800 мм. Длина стороны выпускного квадратного отверстия горловины была равна ширине люка (400 мм). Налобником люка служил передний брус горловины.

Чтобы предотвратить пересыпание в люк руды из воронки, в горловине был предусмотрен проем 17, в который вставлялась плоская заслонка из листового железа толщиной 5 мм. Выдергивание заслонки осуществлялось посредством пневматической лебедки, находившейся на расстоянии 4 м от модели в соседнем квершлагге.

Поднятие и опускание днища производилось при помощи ручного воротка. Трос от воротка был пропущен через шкив 18, закрепленный на внешней стороне воронки в передней части модели.

Руду загружали в воронку небольшой бадьей (емкостью 41 дм<sup>3</sup>). В бадью же руду грузили с железного листа, уложенного перед выпускным отверстием модели. Наполненную бадью поднимали вверх пневматической лебедкой. Лаборант, находившийся на специальном помосте над моделью, выгружал руду из бадьи в воронку. Помост был оборудован на двух брусьях, закрепленных концами в стенках выработки.

Для экспериментов использовалась руда, отбитая в проходческих забоях. К установке ее подвозили в опрокидной вагонетке с емкостью кузова 1 м<sup>3</sup>.

Подготовка руды к экспериментам<sup>1</sup> заключалась в сортировке ее на семь классов по крупности (см. табл. 1).

Устройство, сооруженное в подземной камере, для разделения руды на классы по крупности изображено на фиг. 2. На направляющих в деревянном станке этого устройства устанавливались рамы с колосниками или сетками требуемых размеров.

На каждый опыт в воронку экспериментальной установки, изображенной на фиг. 1, загружали порцию руды, равную по объему трем бадьям. При загрузке бадей мелочью вес их был гораздо больше, чем при заполнении крупнокусковой рудой. Поэтому порции мелких классов, при равном числе бадей, содержали значительно

<sup>1</sup> Осуществлялась при участии А. С. Воронюка.



Таблица 1

## Классы руды по крупности

| № класса | Крупность кусков руды в мм | Ширина кусков в мм |             |         | Средство разделения на классы по крупности | Размеры ячеек грохота или сита в мм |
|----------|----------------------------|--------------------|-------------|---------|--------------------------------------------|-------------------------------------|
|          |                            | максимальная       | минимальная | средняя |                                            |                                     |
| I        | +160                       | 300                | 160         | 200     | Грохот                                     | 160×160                             |
| II       | -160+80                    | 160                | 80          | 120     | Грохот                                     | 80×80                               |
| III      | -80+40                     | 80                 | 40          | 60      | Грохот                                     | 40×40                               |
| IV       | -40+20                     | 40                 | 20          | 30      | Сито                                       | 20×20                               |
| V        | -20+8                      | 20                 | 8           | 14      | Сито                                       | 8×8                                 |
| VI       | -8+5                       | 8                  | 5           | 7       | Сито                                       | 5×5                                 |
| VII      | -5+0                       | 5                  | 0           | 3       | —                                          | —                                   |

Таблица 2

## Вес порций руды (3 бадьи) разных классов крупности

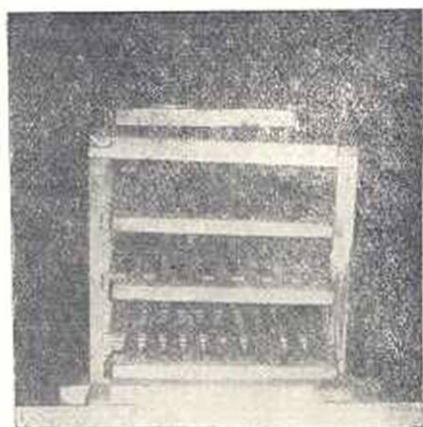
| Номер класса по табл. 1 | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Вес порции руды в кг    | 144 | 165 | 189 | 207 | 225 | 240 | 282 |

больше руды по весу, чем порции крупных классов (см. данные, приведенные в табл. 2).

В ходе экспериментов определялись углы трения не только для отдельных классов разной крупности, но и для составленных из них четырех разных смесей.

Первые три смеси состояли каждая из двух классов: крупного—основного, и мелкого—заполнителя. Основным во всех этих смесях был класс II (-160+80 мм), а заполнителями—классы III, IV, VI. Данные о составе смесей № 1, 2 и 3 приведены в табл. 3.

Четвертая смесь была составлена из первых шести классов приблизительно в такой пропорции, в какой они содержались в рядовой отбитой руде из проходческих забоев. Поэтому данная смесь



Фиг. 2. Устройство для разделения руды по крупности.

Таблица 3

Состав смесей № 1—3

| № смеси | Номера классов по табл. 1 |             | Объем основного класса в порции в д.м <sup>3</sup> | Объем заполнителя в порции в д.м <sup>3</sup> | Вес основного класса в порции в кг | Вес заполнителя в порции в кг | Общий вес порции в кг |
|---------|---------------------------|-------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
|         | основного                 | заполнителя |                                                    |                                               |                                    |                               |                       |
| 1       | II                        | III         | 67                                                 | 70                                            | 90                                 | 107                           | 197                   |
| 2       | II                        | IV          | 67                                                 | 70                                            | 90                                 | 117                           | 207                   |
| 3       | II                        | VI          | 67                                                 | 70                                            | 90                                 | 136                           | 226                   |

была названа „моделированной рудничной смесью“, или, для краткости, просто „рудничной смесью“. Данные о ее составе (по весовым процентам) приведены в табл. 4.

Таблица 4

Состав рудничной смеси

| Номера классов по табл. 1    | I  | II | III | IV | V | VI |
|------------------------------|----|----|-----|----|---|----|
| Весовое содержание смеси в % | 30 | 30 | 16  | 12 | 7 | 5  |

При проведении опытов под днище модели люка вначале подставляли подпорную стойку 20 (фиг. 1) так, чтобы днище находилось в горизонтальном положении. Затем в соответствующие пазы проема горловины задвигали горизонтальную заслонку и загружали руду в воронку. После заполнения воронки заслонку постепенно вытягивали при помощи пневматической лебедки. Вслед за этим на днище, на расстоянии 8—10 см от его края, надевали хомут с тросом, прикрепленным другим концом к ручному воротку. Трос подтягивали, и убирали подпорную стойку. Затем днище медленно опускали и по шкале 21 определяли угол трения  $\phi$ , т. е. предельную величину угла наклона днища, при превышении которого только на 30' уже начиналось движение руды. Ось 14, вокруг которой поворачивалось днище, при опытах была закреплена в положении II (см. фиг. 1).

Результаты опытов приведены в табл. 5. Каждое из значений угла трения  $\phi$ , указанных в табл. 5, представляет собой среднее из двух-трех определений (повторных опытов).

Опыты убедительно подтвердили, что величина угла трения  $\phi$  существенно зависит от крупности кусков руды: чем куски крупнее, тем меньше этот угол. В исследованном интервале значений крупности для однородных классов разница между величинами  $\phi$  у крайних классов (наиболее крупного и наиболее мелкого) составляет 11—17°.

При одной и той же крупности руды углы трения по дереву (27,5—44,5°) были заметно выше, чем по железу (22,5—33,5°).

Графики изменения величины углов трения  $\phi$  по дереву и по железу в зависимости от средней крупности кусков руды (для одно-



Таблица 5

Результаты опытов по определению углов трения  $\phi$ 

| Материал<br>дннца | Значение углов трения $\phi$ (град.) для |         |        |        |       |      |      |        |      |      |                     |
|-------------------|------------------------------------------|---------|--------|--------|-------|------|------|--------|------|------|---------------------|
|                   | Однородных классов (размеры в мм)        |         |        |        |       |      |      | Смесей |      |      |                     |
|                   | +160                                     | -160+80 | -80+40 | -40+20 | -20+8 | -8+5 | -5+0 | № 1    | № 2  | № 3  | руд-<br>нич-<br>ной |
| Дерево            | 27,5                                     | 31,5    | 32     | 33,5   | 34,5  | 36,5 | 44,5 | 31,5   | 33,5 | 34,5 | 29,5                |
| Железо            | 22,5                                     | 25,5    | 26     | 27     | 28    | 29,5 | 33,5 | 26,5   | 27,5 | 28,5 | 24,5                |

родных классов) приведены на фиг. 3. Средняя ширина кусков в классе (+160 мм) составляла, как показали наблюдения, около 200 мм. Поэтому значения  $\phi$  применительно к этому классу отнесены к крупности 200 мм.

Заслуживает внимания, что разность между значениями  $\phi$  по дереву и по железу была для мелких классов более существенна, чем для крупных (см. табл. 6).

Таблица 6

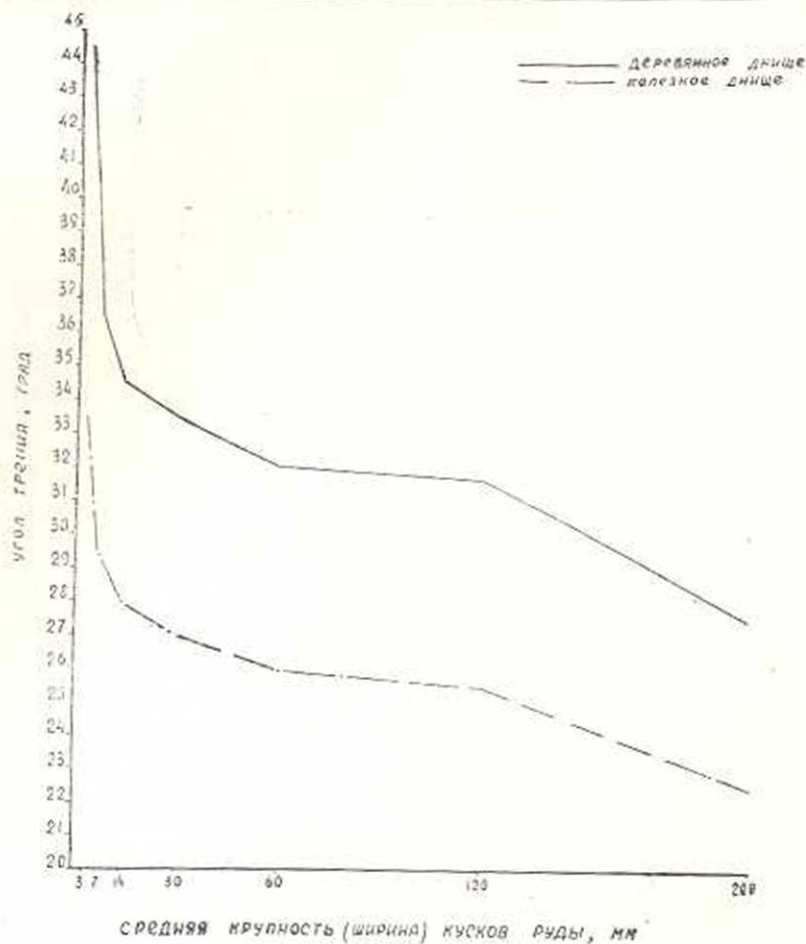
Разность значений  $\phi$  по дереву и по железу для классов разной крупности

| Крупность кусков<br>руды в мм                                    | +160 | -160+80 | -80+40 | -40+20 | -20+8 | -8+5 | -5+0 |
|------------------------------------------------------------------|------|---------|--------|--------|-------|------|------|
| Уменьшение угла тре-<br>ния при замене дерева<br>железом в град. | 5,0  | 6,0     | 6,0    | 6,5    | 6,5   | 7,0  | 11,0 |

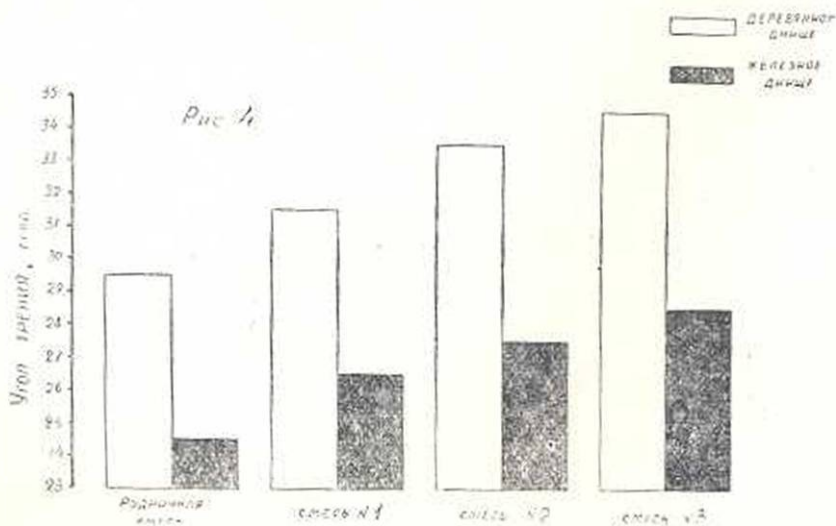
Из приведенных в табл. 6 цифр можно сделать вывод, что замена деревянного дннца железным (применение футеровки железом) с целью уменьшения минимально необходимого угла наклона дннца люка дает наибольший эффект при наиболее мелкой руде.

Закономерности, аналогичные приведенным, наблюдались и при опытах со смесями. Диаграмма значений углов трения  $\phi$  по дереву и по железу для разных смесей приведена на фиг. 4. Характерно, что с уменьшением крупности заполнителя угол  $\phi$  возрастал. Для рудничной смеси он был заметно ниже, чем для двухкомпонентных смесей №№ 1—3.

Материалы опытов позволяют проверить возможность расчета величины угла трения для испытывавшихся смесей по значениям соответствующих показателей и процентным содержаниям однородных классов, составляющих эти смеси. Известно, что отбитая руда в производственных условиях всегда представляет собой смесь кусков различной крупности. Величина углов трения для составляющих разной крупности, как показано выше, резко различна. Эти обстоятельства определяют необходимость и практическую важность расчета величины суммарного угла трения для смесей разного грануло-



Фиг. 3. Зависимость угла трения по дереву и по железу от крупности кусков руды.



Фиг. 4. Значения углов трения по дереву и по железу для смесей разного гранулометрического состава.



метрического состава, так как эта величина, в зависимости от процентного содержания в смеси кусков той или иной крупности, может, повидимому, резко изменяться. Проверка соответствия средневзвешенных значений угла трения опытным значениям представляет, кроме того, интерес, выходящий за рамки данной непосредственной задачи, поскольку принципиальная возможность вычисления таким путем важнейших характеристических параметров для смесей неоднородного гранулометрического состава совершенно не изучена.

Обозначим:

$\bar{\psi}$  — среднее значение угла трения для смеси, град.;

$\psi_i$  — углы трения для однородных классов разной крупности, составляющих смесь, град.;

$v_i$  — процентные содержания отдельных классов в смеси, вычисленные по объему;

$p_i$  — процентные содержания отдельных классов в смеси, вычисленные по весу.

При расчете по объемным содержаниям:

$$\bar{\psi} = \frac{\sum_{i=1}^n \psi_i v_i}{100} \quad (1)$$

При расчете по весовым содержаниям:

$$\bar{\psi} = \frac{\sum_{i=1}^n \psi_i p_i}{100} \quad (2)$$

Рассчитаем значения  $\bar{\psi}$  по формулам (1) и (2) для смесей №№ 1—3 и для рудничной смеси по формуле (2) (поскольку состав этой смеси по объемным содержаниям не определялся). Значения  $\psi_i$  прием по графикам на фиг. 3, процентные содержания вычислим:  $v_i$  — по данным табл. 3,  $p_i$  — по данным табл. 3 и 4. Результаты подсчетов приведены в табл. 7, в которой указаны также опытные значения углов трения и относительные (в процентах) отклонения результатов подсчета от данных опыта.

Оценивая результаты приведенного сравнения, можно отметить, что расчетные величины углов трения и по дереву и по железу во всех случаях близки к опытным. Коэффициент вариации расчетных показателей относительно данных опыта составил 3,2% при расчетах по объемным содержаниям и 3,3% — по весовым. Таким образом, подсчет средневзвешенного значения величины угла трения, не отражая физики процесса, дает вместе с тем вполне приемлемый по точности количественный результат.

Для некоторых горнотехнических расчетов требуется знать величину коэффициентов трения отбитой руды по дереву и по железу.

Таблица 7

Сопоставление опытных и расчетных значений  $\bar{\psi}$ 

| Смесь     | Д е р е в я н н о е   д л и н н о е |                   |         |                                                                                       |         | Ж е л е з н о е   д л и н н о е |                   |         |                                                                                       |         |
|-----------|-------------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|           | Значения $\bar{\psi}$ в град.       |                   |         | Отклонения ( $\pm$ %) расчет-<br>ных значений $\bar{\psi}$ от опытных<br>при подсчете |         | Значения $\bar{\psi}$ в град.   |                   |         | Отклонения ( $\pm$ %) расчет-<br>ных значений $\bar{\psi}$ от опытных<br>при подсчете |         |
|           | опытные                             | Р а с ч е т н ы е |         |                                                                                       |         | опытные                         | Р а с ч е т н ы е |         |                                                                                       |         |
|           |                                     | по объему         | по весу | по объему                                                                             | по весу |                                 | по объему         | по весу | по объему                                                                             | по весу |
| № 1       | 31,5                                | 31,76             | 31,77   | +0,8                                                                                  | +0,9    | 26,5                            | 25,76             | 25,77   | -2,8                                                                                  | -2,8    |
| № 2       | 33,5                                | 32,52             | 32,63   | -2,9                                                                                  | -2,6    | 27,5                            | 26,27             | 26,35   | -4,5                                                                                  | -4,2    |
| № 3       | 34,5                                | 34,65             | 34,51   | -1,3                                                                                  | $\pm 0$ | 28,5                            | 27,54             | 27,91   | -3,4                                                                                  | -2,1    |
| Рудничная | 29,5                                | —                 | 31,10   | —                                                                                     | +5,4    | 24,5                            | —                 | 25,24   | —                                                                                     | +3,0    |



Значения этих коэффициентов для классов разной крупности и для смесей, подсчитанные (как тангенсы углов трения) по результатам описанных выше опытов, приведены в табл. 8.

Таблица 8

Значения коэффициентов трения для сухой магнетитовой руды разной крупности

| Состав руды по крупности            | Величина коэффициента трения в покое |           |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------|
|                                     | по дереву                            | по железу |
| I. Однородные классы (размеры в мм) |                                      |           |
| +160                                | 0,521                                | 0,414     |
| -160+80                             | 0,613                                | 0,477     |
| - 80+40                             | 0,625                                | 0,488     |
| - 40+20                             | 0,662                                | 0,510     |
| - 20+8                              | 0,687                                | 0,532     |
| - 8+5                               | 0,746                                | 0,566     |
| - 5+0                               | 0,983                                | 0,662     |
| II. Смесей                          |                                      |           |
| № 1                                 | 0,613                                | 0,499     |
| № 2                                 | 0,662                                | 0,521     |
| № 3                                 | 0,687                                | 0,543     |
| Рудячвзв смесь                      | 0,566                                | 0,456     |

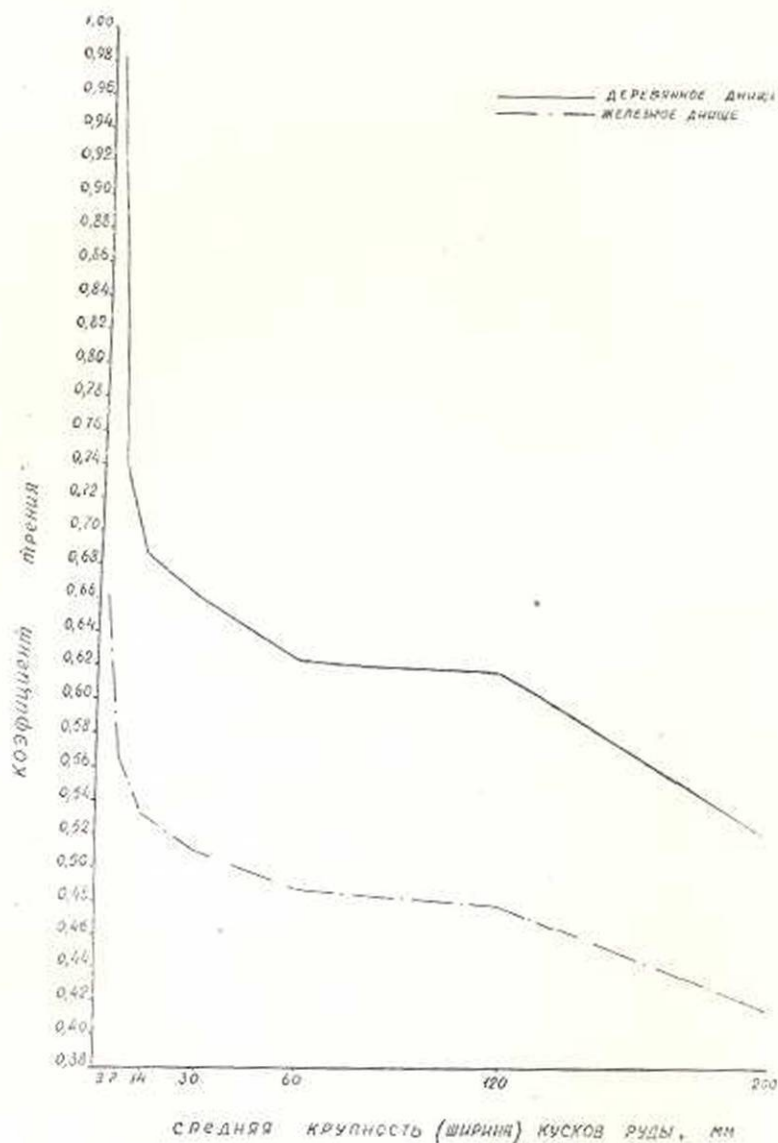
Величины, приведенные в табл. 8, представляют собой значения коэффициентов трения в покое. Пределы изменения значений этих коэффициентов для испытывавшейся руды составили: по дереву — от 0,521 до 0,983, по железу — от 0,414 до 0,662.

График изменения величины коэффициента трения в покое в зависимости от крупности руды представлен на фиг. 5.

Следует отметить, что значения коэффициента трения руды по железу, полученные при опытах, отличаются от обычно указываемых в литературе цифр. В частности, они оказались значительно ниже той средней величины (1,000), которая ориентировочно указана для железной руды (независимо от крупности последней) в недавно изданном справочнике по горнорудному делу [2, табл. 15]. Причина заключается в том, что экспериментально углы трения для классов разной крупности не исследовались, а указываемые величины коэффициентов трения во многих случаях были получены при совершенно несопоставимых условиях (например, при опытном сверлении стальным буром).

### В ы в о д ы

1. Проведенные экспериментальные исследования позволили выявить действительные величины углов и коэффициентов трения железной (магнетитовой) руды разной крупности по дереву и по железу, что имеет важное значение для проектирования выпускных устройств, широко применяемых в современной практике подземной разра-



Фиг. 5. Зависимость коэффициента трения по дереву и по железу от крупности кусков руды.

ботки рудных месторождений. Величины, полученные экспериментально на большой модели, существенно отличаются от значений коэффициента трения, часто приводимых в справочной горнотехнической литературе.

2. Установлена и оценена количественно зависимость углов и коэффициентов трения магнетитовой руды по дереву и железу от крупности составляющих ее кусков. Можно предполагать, что общий характер данной зависимости имеет место и для многих других руд и пород, в связи с чем полученные соотношения могут быть исполь-

зованы для приближенной оценки относительного изменения величины углов и коэффициентов трения различных руд и пород в зависимости от их крупности.

3. Показано, что значения углов и коэффициентов трения для сыпучих смесей можно с достаточной точностью определять, как средневзвешенные по величине соответствующих параметров для каждого из компонентов смеси.

4. Желательно проведение экспериментальных определений величины углов и коэффициентов трения для различных металлических руд. Для этих определений может быть применена методика, разработанная и использованная авторами при выполнении исследований, изложенных в настоящей статье.

Институт горного дела АН СССР

Институт геологических наук

АН Армянской ССР

Поступило 27 I 1955.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Барон Л. И. Вторичное дробление и выпуск руды. Металлургиздат, М., 1950
2. Справочник по горнорудному делу, т. I. Металлургиздат, М., 1952.

Լ. Ի. Բարոն, Ե. Ա. Միմոնյան

### ՉԱՆԱՁԱՆ ՄԵԾՈՒԹՅԱՆ ՊՈԿՎԱԾ ՀԱՆՔԱՔԱՐԻ՝ ՓԱՅՏԻ ԵՎ ԵՐԿԱԹԻ ՀԵՏ ՇՓՄԱՆ ԱՆԿՅՈՒՆՆԵՐԻ ԷՔՍՊԵՐԻՄԵՆՏԱԼ ՀԵՏԱՁՆՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Իջանքառյին սարքավորումների ճշգրիտ նախադժման համար անհրաժեշտ է իմանալ շփման անկյան մեծությունը: Այդ նպատակով, Երկաթի հանքավայրերից մեկում 1954 թվականի ամռանը հեղինակները կատարել են էքսպերիմենտալ աշխատանքներ:

Հանքաքարը հեղելուցից էր մագնիտառյուն կլարցիտով, որի կարծրությունը գործակիցը՝ 14—16 (բաղադրատեղանակով), տեսակարար կշիռը՝ 3—4, լցման կշիռը՝ 2,2 տ մ<sup>3</sup>:

Հեղինակների հետադասակարգումները ավել են հետևյալ արդյունքները.

1. Ի հայտ է բերված երկաթաքարի դանդաղ մեծությունների՝ փայտի ու երկաթի հետ շփման անկյունների և գործակիցների մեծությունը: Ստացված արդյունքներն էապես տարբերվում են լեռնատեխնիկական գրականության մեջ եղած տվյալներից:

2. Որոշված և քանակապես արժեքավորված է տվյալ հանքաքարի շփման անկյունների և գործակիցների կախումը հանքաքարի կառուցիկ մեծություններից: Այդ տվյալները կարող են ծառայել նաև այլ հանքաքարերի և տարրերի համար:

3. Որոշված է, որ սարուն խառնուրդների համար շփման անկյունների և գործակիցների մեծությունը կարելի է որոշել խառնուրդի յուրաքանչյուր բաղադրիչի միջին կշռի միջոցով: