

Общество по распространению
политических и научных знаний РСФСР



Обмен передовым опытом

Л. А. ЮТКИН

Электрогидравлический эффект и некоторые возможности его применения



Л е н и н г р а д — 1 9 5 9

Общество
по распространению политических и научных знаний РСФСР
ЛЕНИНГРАДСКИЙ ДОМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОПАГАНДЫ

Л. А. ЮТКИН

Электрогидравлический эффект и некоторые возможности его применения

Серия — Строительная промышленность
Выпуск 2-й

Ленинград
1959

Электрогидравлический эффект ЭГЭ является новым способом трансформации электрической энергии в механическую, совершающимся без промежуточных звеньев, с высоким коэффициентом полезного действия.

Сущность способа, по исследованиям автора, состоит в том, что при осуществлении внутри объема жидкости, находящейся в открытом (или закрытом) сосуде, высоковольтного импульсного искрового (или других форм) разряда вокруг зоны его возникают импульсные сверхвысокие гидравлические давления. Эти давления проявляются в механических перемещениях жидкости, сопровождающихся разрушением неметаллических и пластическими деформациями металлических объектов, помещенных вблизи зоны разряда.

Физика явления сводится к тому, что практически несжимаемая жидкость с огромной скоростью раздвигается во все стороны от линии разряда, создавая полость кавитации и первый — «основной» — гидравлический удар. Затем полость с такой же скоростью смыкается, создавая второй — «кавитационный» — гидравлический удар. На этом цикл заканчивается, повторяясь с частотой чередования импульсов. Жидкость и тела, помещенные вблизи зоны разряда, не нагреваются, газо- и парообразование, а также эрозия электродов практически отсутствуют. Разрушение материалов при этом осуществляется вследствие совместного действия ряда комплексных факторов, возникающих во время высоковольтного искрового разряда:

- 1) механического ударного действия высоких и сверхвысоких гидравлических давлений;
- 2) мощных кавитационных процессов;
- 3) мощного звукового и ультразвукового излучения;
- 4) резонансных явлений.

Механическое ударное действие высоких гидравлических давлений разрушает объекты любого размера.

Кавитационные процессы оказывают разрушающее действие на объекты, сравнимые по размерам с размерами кавитационных полостей, т. е. до 200—300 мм в поперечнике.

Звуковое и ультразвуковое излучение разрушает все объекты, соразмерные с длиной волны соответствующего излучения.

Резонансные явления, по-видимому, имеют место при всех случаях воздействия электрогидравлических ударов на материалы.

Электрическая схема установки для воспроизведения электрогидравлического эффекта (рис. 1) проста, но к.п.д. ее не

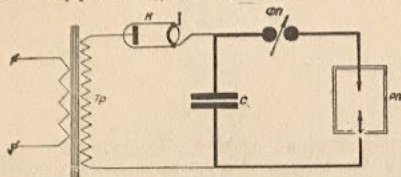


Рис. 1. Простейшая кенотронная схема для воспроизведения электрогидравлического эффекта:

Тр — высоковольтный трансформатор; *К* — кенотрон; *С* — конденсатор; *ФП* — регулируемый формирующий промежуток; *РП* — рабочий искровой промежуток в жидкости.

превышает 50—70%. Для ряда практических целей применяется более совершенная резонансная схема (рис. 2) с к.п.д. порядка 90—95%.

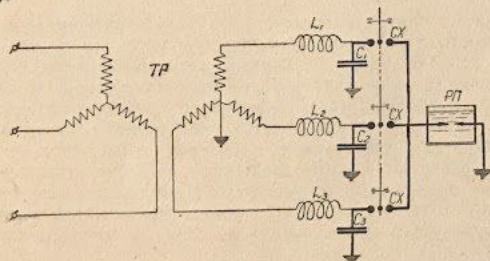


Рис. 2. Трехфазная резонансная схема

для воспроизведения электрогидравлического эффекта:

Тр — высоковольтный трансформатор; *L₁*, *L₂*, *L₃* — индуктивность — дроссель; *C₁*, *C₂*, *C₃* — конденсатор; *СХ* — синхронизатор, формирующий искровой промежуток; *РП* — рабочий искровой промежуток в жидкости.

Безопасность работы достигается обычными техническими средствами. Жидкость используется любая и прежде всего — техническая вода.

Для реализации способа в практических целях автором в начальной стадии исследованы:

1. Метод получения сверхдлинных разрядов в проводящих жидкостях с градиентом порядка $1 \text{ кв на } 1 \text{ см}$.
2. Метод автоматического распределения разрядов по всем радиусам сечения электрогидравлических устройств.
3. Метод получения реверсивных («пятающихся») разрядов.
4. Метод управления потерями в электрогидравлических устройствах.

Найдены и в достаточной мере исследованы также и условия, обеспечивающие оптимальные режимы работы различных электрогидравлических устройств и установок.

Кроме того, определены и исследованы конструктивные решения ряда устройств для практических применений ЭГЭ в некоторых областях техники. В этих решениях одновременно с исследованием технологических показателей работы этих устройств определялись и экономические их показатели.

Ниже приводится краткий перечень некоторых результатов этих исследований.

ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ДРОБИЛКИ

Дробилки разработаны и исследованы в нескольких конструктивных вариантах, предназначенных для дробления или измельчения самых разнообразных материалов: от хрупких сплавов типа карбида вольфрама до бумажной макулатуры.

По назначению своему дробилки подразделяются на:

- 1) щебневые — для дробления на щебень;
- 2) песчаные — для дробления на песок;
- 3) коллоидные — для сверхтонкого измельчения;
- 4) порционные — для дробления лабораторных проб;
- 5) выборочные — для выборочного дробления крупного камня в потоке при гидротранспортировании пульпы.

При дроблении горных пород используется метод так называемого «внутреннего удара». При дроблении хрупких токопроводящих материалов применяются методы: 1) «внешнего удара» и 2) «совместного дробления».

Дробление пластических проводящих материалов на крупные фракции, выше 100—200 мк, этим способом невозможно. Ниже фракций указанного размера дробление нехрупких и пластических металлов, а также других проводящих материалов производится методами, рассматриваемыми ниже.

Материалы типа бумаги, тряпья, слюды и т. п. целесообразнее дробить методами так называемыми «воздушной кавитации» и «пузырьковой кумуляции».

Эти методы позволяют осуществлять дробление в большем активном объеме одновременно с интенсивным перемешиванием материала во всем объеме устройства.

Электрогидравлические дробилки являются непрерывно действующими устройствами, не имеющими никаких движущихся ча-

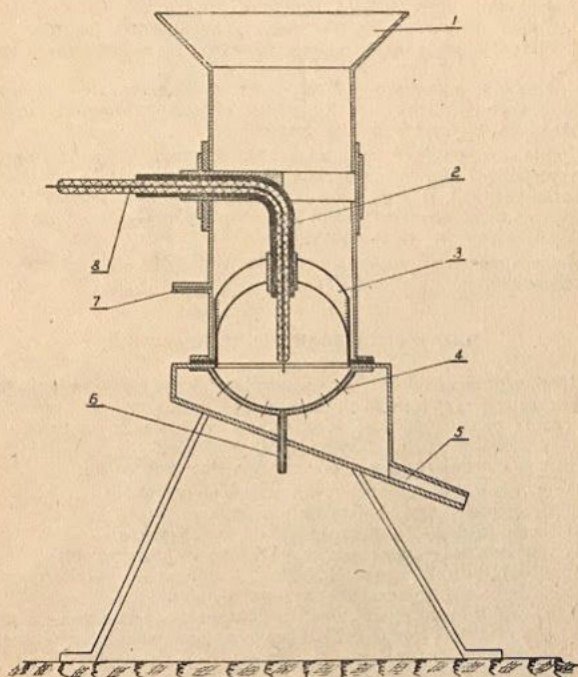


Рис. 3. Песчаная электрогидравлическая дробилка:

1—загрузочная воронка; 2—внешний отрицательный полюс коаксиального центрального электрода; 3—токоподводы; 4—плюсферрическое днище с отверстиями; 5—выводной патрубок; 6—штуцер для подвода воды в зону дробления; 7—штуцер для общего подвода воды; 8—положительный полюс коаксиального центрального электрода.

стей; они не требуют для своего изготовления никаких легированных металлов; практически не изнашиваются и не дают металлических примесей в материале; выдают материалы не крупнее заданной фракции; обладают высокой избирательностью дробления;

могут иметь любую производительность и размеры, необходимые для дробления крупногабаритной загрузки; они не образуют пыли при работе; дают на одной ступени дробления заданную степень измельчения; не занимают больших производственных площадей и допускают совмещение в них, кроме процесса дробления, еще и процессов смешения и флотации.

Дробилками можно дробить и измельчать практически любые материалы: горные породы, уголь, асбест, слюду, пайлон, бумагу, цемент, зерно, шлаки, грубые корма, хрупкие металлы, молоко, парафин, разрушать микроорганизмы, выделять алмазы из кимберлитов и т. д.

Для питания дробилок наиболее эффективной является упомянутая выше трехфазная резонансная схема, дающая частоту чередования разрядов до 150—300 гц.

Опытное дробление на дробилке с производительностью около 600 кг/час показало, что при дроблении гранита крепостью 12—14 по Протоdjяконову от кусков 50—100 мм до песка крупностью 4 мм и ниже расходуется всего 6—7 квт-ч на тонну раздробленного продукта.

Дробление осуществлялось на песчаной дробилке типа, приведенного на рис. 3.

Опыт показал, что в силу специфичности процесса электрогидравлического дробления экономическая эффективность такого способа, в сравнении с уже существующими, резко повышается с увеличением тонины помола.

ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ВЗРЫВАНИЕ

Для осуществления электрогидравлического взрыва в монолите горной породы, в отдельной глыбе, фундаменте, стене здания и т. д. бурится неглубокий (30—100 см) шпур. В шпур вставляется взрыватель, один из типов которого приведен на рис. 4. Затем шпур заполняется водой и на взрыватель от установки, схема которой изображена на рис. 1, подается один или несколько импульсов. Объект взрывания разрушается без разбрасывания осколков и без какого бы то ни было образования пыли.

На разрушение гранитного негабарита объемом 1,0—1,5 м³ требуется затратить около 0,05 квт-ч, что даже по бытовому тарифу составляет около двух копеек и обходится на один-полтора рубля дешевле взрыва обычным способом, с помощью накладного заряда.

При переходе на электрогидравлический способ взрывания, очевидно, может быть осуществлена и непрерывная технология производства буровзрывных работ.

Способ взрывания незаменим при осуществлении взрывов в черте города, внутри строений, в окружении работающих станков и машин, при выработках штучного камня и т. п.

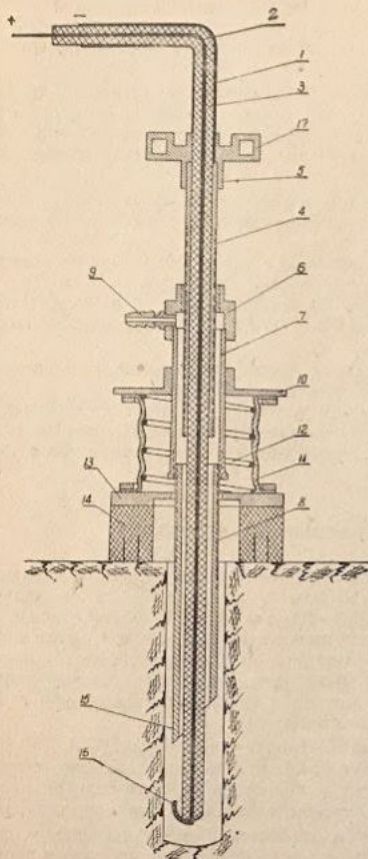


Рис. 4. Электрогидравлический взрыватель:

1—изоляция высоковольтного кабеля; 2—положительный полюс кабеля—жила; 3—отрицательный полюс кабеля—оплетка; 4—стальная труба; 5—муфта подсоединения трубы к кабелю; 6—муфта для регулировки заглубления взрывателя; 7—штулка; 8—труба—отрицательный внешний электрод взрывателя; 9—штуцер для подвода воды; 10—крышка гидравлической пробки; 11—гибкий рукав гидравлической пробки; 12—пружина; 13—опорная плитка; 14—резиновая подушка; 15—острие отрицательного электрода взрывателя; 16—острие положительного электрода взрывателя; 17—крепление упора для взрывания горизонтальных и потолочных скважин.

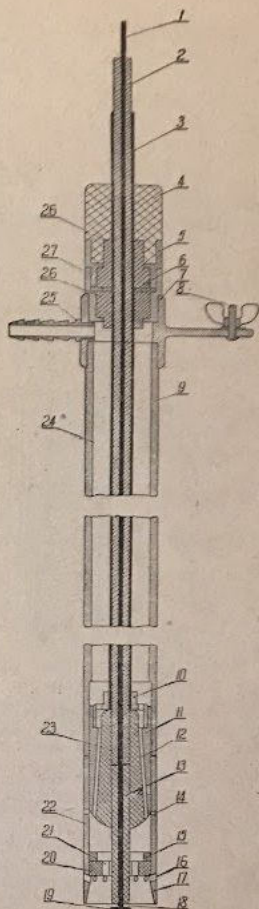


Рис. 5. Бур сплошного забоя:

1—центральный электрод—жила кабеля;
 2—изоляция кабеля; 3—внешний электрод—
 оплетка кабеля; 4—эбонитовая втулка;
 5—стальная втулка; 6—резиновая проклад-
 ка; 7—втулка корпуса бура; 8—подсоедине-
 ние заземления; 9—буровая труба. 10—ла-
 тунная втулка токоподвода к коронке;
 11—винтовая регулировочная латунная
 втулка; 12—канал для подвода воды;
 13—полиэтиленовый „палец“—изоляция пе-
 реднего конца центрального электрода;
 14—газовыпускные отверстия; 15—метал-
 лическое прижимное кольцо; 16—пламо-
 выводящие отверстия; 17—край коронки—
 полюс разряда; 18—зазор; 19—тарельчатая
 головка центрального электрода; 20—отра-
 жатель из нейлона; 21—канал для подвода
 воды; 22—буровая коронка; 23—полиэтиле-
 новая соединительная втулка; 24—полость
 для подвода воды; 25—штуцер для подвода
 воды; 26—полиэтиленовая втулка; 27—ме-
 таллическая соединительная втулка.

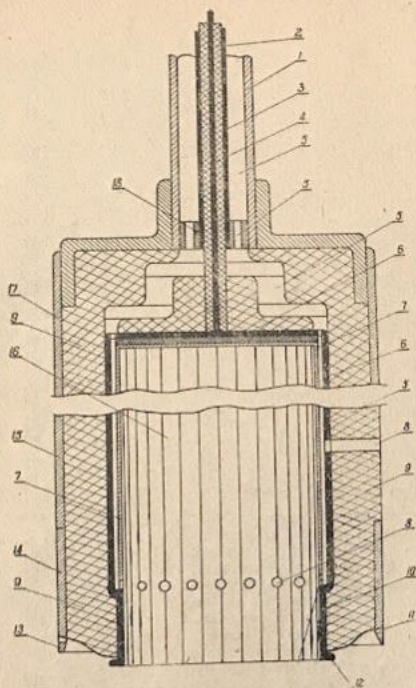


Рис. 6. Бур кольцевого забоя:

1—буровая труба—полюс токоподвода; 2—изоляция кабеля; 3—внешний электрод—оплетка кабеля; 4—внутренний электрод—жила кабеля; 5—каналы для подвода воды; 6—внутренняя труба буровой головки; 7—труба для защиты керна; 8—отверстия для прохода воды; 9—полиэтиленовая изоляция; 10—внутренняя труба буровой коронки; 11—газо- и шлаковыводные отверстия; 12—разрядное острие внутренней трубы коронки; 13—разрядное острие внешней трубы коронки; 14—буровая коронка; 15—перемычка трубы—токопровод; 16—полость для прохода керна; 17—внешняя труба буровой головки; 18—втулка токопровода.

ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЕ БУРЕНИЕ

Способ бурения разработан в нескольких конструктивных вариантах:

- 1) бурение сплошным забоем;
- 2) бурение кольцевым забоем;
- 3) линейное бурение;
- 4) многоэлектродное бурение и др.

Исследовательские работы по бурению полностью еще не закончены, но некоторые результаты их уже могут быть использованы для бурения пород типа гранита рапакиви и грунтов.

При бурении буром сплошного забоя диаметром 40 мм, расходовавшим около 700 вт (рис. 5), достигнуты скорости бурения:

- а) на граните рапакиви — 2 см/мин;
- б) на криворожской железной руде — 8 см/мин;
- в) на песчаном бетоне марки 300—400 (гранитный песок крупностью 2—5 мм) — 50 см/мин.

При бурении буром кольцевого забоя диаметром 120 мм, с шириной кольца 20 мм (рис. 6) получена скорость бурения упомянутого выше песчаного бетона, равная 8 см/мин при потреблении мощности в 1 квт.

Диаметр образованной скважины составил 150 мм, диаметр зерна — 50 мм.

Ломовая глина и другие грунты бурятся с гораздо большими скоростями.

ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ВИБРАТОРЫ

Вибраторы разработаны в нескольких конструктивных вариантах: для уплотнения грунта, силоса, бетона, сена, соломы; для забивки свай и шпунта; для осуществления ковочно-чеканных работ по металлу; для привода различных вибротранспортеров, дробилок и т. п.

Опытный вибратор (рис. 7) при диаметре поршня, равном 10 см, показал следующие данные:

- а) амплитуда колебаний без нагрузки — 50 мм;
- б) сила удара (возмущающее усилие) — около 80 т;
- в) механический к. п. д. — 18%.

Питание вибратора осуществлялось импульсами с энергией в пределах до 1500 вт-с.

Электрогидравлические вибраторы конструктивно несложны, практически не изнашиваются и требуют для своего изготовления

только токарных и сварочных работ. Исследовательские работы по вибраторам для нужд сельского хозяйства еще продолжаются,

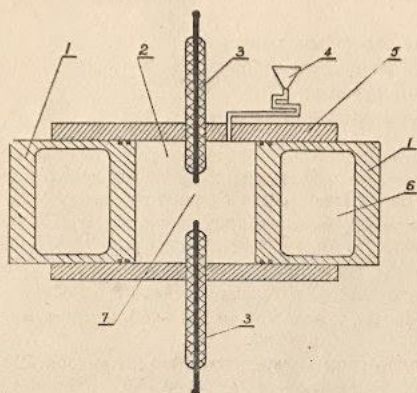


Рис. 7. Вибратор типа «цилиндр — два поршня»:

1—поршень; 2—полость цилиндра; 3—электрод;
4—воронка для воды—питание с тормозным каналом; 5—цилиндр; 6—полость поршня для облегчения его веса; 7—искровой промежуток.

однако для ряда случаев электрогидравлические вибраторы уже могут быть рекомендованы.

ВЫДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛА ИЗ ШЛАКОВ

В опытах на нескольких устройствах, которые могут быть выполнены с небольшими затратами, как прерывно, так и непрерывно действующих было получено почти полное выделение металлов алюминия, меди и латуни из шлаков. Металл в виде кусков и чешуек выделяется совершенно чистым без каких-либо поверхностных налипаний.

Этим же способом может быть осуществлено также и выделение некоторых самородных металлов, например золота из руд. Опыты по выделению золота производятся в настоящее время. Для ряда случаев способ может быть рекомендован к внедрению.

ОТДЕЛЕНИЕ РЕЗИНЫ ОТ КОРДА

При электрогидравлической обработке старой резины, предварительно измельченной, нити корда или прокладок полностью отделяются от резины и разлохмачиваются.

Резина и нити корда могут быть в дальнейшем использованы для изготовления резиновых или текстильных изделий.

Затраты на отделение резины от корда невелики. Способ может быть рекомендован к промышленному внедрению.

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ПИТЬЕВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

Электрогидравлическая обработка воды, с затратами электроэнергии порядка 1 кВт·ч на 1 м³ воды, полностью обеззараживает ее. Погибают даже споры сибирской язвы.

Сточные воды, в силу защитного действия находящихся в них белков, требуют более значительных энергетических затрат, но также могут быть обеззаражены.

Следует ожидать также и уничтожения в воде яиц разного рода гельминт.

ОЧИСТКА И РЕЗКА ДВИЖУЩЕГОСЯ ПРОКАТА

Опыты по электрогидравлической очистке от окалины металлических изделий (цилиндров, полос, проволоки и листов) дали основания для проектирования опытной установки по очистке непрерывно движущегося проката. Предварительные данные позволяют считать этот метод очистки подобного рода изделий более производительным и экономически целесообразным. Такой метод значительно сокращает габариты очистных установок.

Ряд опытов дал основания для конструирования своеобразных неподвижных «летучих ножниц», предназначенных для резки непрерывно движущегося проката, но не имеющих движущихся частей.

В Центральном научно-исследовательском институте технологии и машиностроения (ЦНИИТМАШ) в настоящее время исследуются обе эти установки.

ПОЛУЧЕНИЕ СУСПЕНЗИЙ И ЭМУЛЬСИЙ

Электрогидравлическим способом можно получать разнообразные суспензии и эмульсии типа: жидкость + жидкость, жидкость + газ и жидкость + твердое тело.

Во многих случаях для приготовления эмульсий даже не требуется введения в жидкость какого-либо эмульгатора.

Некоторые из эмульсий, полученные в лаборатории, не расслаиваются уже более года.

Энергетические затраты — невелики.

ПОЛУЧЕНИЕ КОЛЛОИДОВ МЕТАЛЛОВ

Электрогидравлический способ получения коллоидов любых металлов в любых жидкостях позволяет в широких пределах варьировать дисперсность получаемых частиц в пределах от 0 до 100—200 мк. Наименьшая средняя крупность полученных частиц составила в опытах около 0,05 мк.

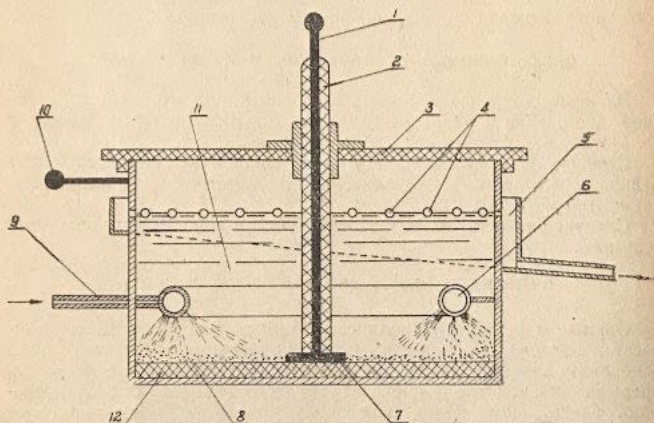


Рис. 8. Устройство для получения коллоидов металлов:

1—положительный электрод; 2—изоляция электрода; 3—планка-электроподдержатель; 4—выпускные отверстия; 5—приемник пульпы; 6—подвод воды—коллектор; 7—контактный конец центрального электрода; 8—распыляемый материал; 9—штуцер подвода воды; 10—токоподвод к корпусу—отрицательный электрод; 11—рабочая жидкость; 12—диэлектрическая пластина, покрывающая все дно ванны.

Расход энергии сравнительно невелик и составляет в опытах от 100 до 5000 квт·ч на тонну воздушно-сухого коллоида, варьируя в этих пределах в зависимости от рода материала и задаваемой дисперсности коллоида.

На рис. 8 приведена схема устройства для получения коллоидов металлов.

Производство возможно осуществлять как в прерывном, так и в непрерывном процессе.

Коллоидные порошки различных металлов, полученных предлагаемым способом, можно применять в порошковой коллоидной

металлургии, для утяжеления топливных жидкостей, в качестве наполнителей, смазок, припоев, красок, обмазок и т. п., а также для получения жаропрочных и жароупорных изделий.

ДОМОЛ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

При дальнейшем измельчении белой сажи, являющейся наполнителем резины, в предварительных опытах было получено улучшение всех показателей резины, изготовленной на домолотом наполнителе, в том числе и показателя прочности резины. Прочность при этом увеличилась на 25% благодаря большей дисперсности наполнителя.

ВЫДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

При электрогидравлическом дроблении различных горных пород и других материалов, многие содержащиеся в них элементы переходят в воду в виде растворимых в ней соединений в количествах, достигающих 90—95% от содержания их в данной породе или материале. Дальнейшее извлечение их из раствора осуществляется обычными средствами и особых затруднений не представляет.

* * *

Многообразные способы применения ЭГЭ в самых различных областях техники в настоящее время исследуются нами, но некоторые из них уже сейчас можно рекомендовать для практического полупромышленного и промышленного внедрения.

Так, например, уже применяется промышленная установка для измельчения горного хрусталя, которая дала возможность увеличить производительность по сравнению с вибропомолом, применявшимся ранее, в 5—6 раз и снизить себестоимость продукции за помол 1 кг горного хрусталя с 25 коп. до 4 коп.

Литература

1. Юткин Л. А. Электрогидравлический эффект. Машгиз, 1955.
 2. Юткин Л. А. Электрогидравлический эффект и его применение в горном деле. «Строительные материалы и конструкции», 1956, № 9.
-

Лев Александрович Юткин

Электрогидравлический эффект и некоторые возможности его применения

Редактор инж. Л. Н. Бриллиантов Техн. редактор М. М. Кубнева
Ленинградский Дом научно-технической пропаганды (ЛДНТП), Невский пр., 58
М-50588 Тип. ЛДНТП Зак. 928 Тир. 10000 Объем 1,0 п. л. Уч.-изд. л. 0,99 25-ХII-58 г.