

Список літератури: 1. Волков Ю.В. О кинетическом и феноменологическом подходе к теории разрушения // Техника высоких напряжений. – Томск, Изд. ТГУ, 1978. – С. 124-127. 2. Курец В.И., Усов А.Ф., Цукерман В.А. Электроимпульсная дезинтеграция материалов. – Апатиты, Изд. РАН. – 2002. – 325 с. 3. Николаевский В.Н. Обзор: земная кора, дилатансия и их математические модели // Механика очага землетрясения. – М., «Мир», 1982. – С. 133-215. 4. Власов О.Е. Основы теории взрыва. – М., Изд. ВИА, 1957. – 408 с. 5. Лаврентьев Н.А., Шабат Б.В. Проблемы гидродинамики и их математические модели. – М., «Наука», 1977. – С. 407. 6. Олевский В.А. Характеристики крупности продуктов измельчения и классификации // Обогащение руд. – М., 1958. – №3. – С. 14-23. 7. Алексеева Т.И., Алексеев А.А. К вопросу о нормальности распределения некоторых параметров дробления электрическими импульсными разрядами // Высоковольтная импульсная техника. – Чебоксары, Изд. гос. ун-та, 1976. – Вып. 3. – С. 89-94. 8. Лаврентьев Н.А. Кумулятивный заряд и принципы его работы // Успехи математических наук. – М., 1957. – Т. 12, вып. 4. – С. 41-57. 9. Семкин Б.В., Усов А.Ф., Курец В.И. Основы электроимпульсного разрушения материалов. – Апатиты, Изд. КНЦ РАН, 1995. – 276 с. 10. Куперитох А.П., Stamatelatos С.Р., Agoris D.P. Моделирование частичных разрядов в твердых диэлектриках на переменном напряжении // Сб-к XII Межд. шк. «Физика импульсных разрядов в конденсированных средах». – Николаев, 2005. – С. 59. 11. Танбаев Ж.Г. Импульсная электрическая прочность бетона в дециметровых промежутках // Сб-к «Изоляция высоковольтных электрофизических установок», Томск, 1988. – С. 55. 12. Гладков В.С., Яковенко И.В., Про можливі механізми електричного розряду в товщі бетону при дії імпульсів напруги наносекундного діапазону // «Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков. – 2006. – №17. – С. 152-161.

Надійшла до редколегії 25.09.2006

УДК 537.528:537.529

В.С.ГЛАДКОВ, канд. техн. наук; **О.А.ГУЧЕНКО**;
О.В.ШЕСТЕРІКОВ; НТУ «ХПІ»

ВПЛИВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОДІВ НА РУЙНУВАННЯ БЕТОНІВ ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНИМ СПОСОБОМ

Приведено основні види руйнування бетонів при застосуванні різних систем електродів. Розглянуто випадки накладання систем електродів на одну поверхню для ініціювання розряду у товщі бетону, а також для дроблення бетонів.

The main types of concrete breaking at using different electrode systems have been described. The cases of applying the electrodes systems onto one surface to initiate the concrete in-depth discharge and to perform concrete crushing have been considered.

Метою роботи є вивчення впливу систем електродів на руйнування бетону, зануреного у воду.

При руйнуванні бетону (гірських порід) електроімпульсним (ЕІ) способом найбільш прийнятними з енергетичної та технологічної точок зору є системи електродів «стержень-стержень» або «стержень-площина» [1]. Перший варіант електродів використовується для руйнування зануреного у воду бето-

ну шляхом їх накладання на одну поверхню (рис. 1, а), а другий – для руйнування бетону шляхом ініціювання розряду в товщі бетону (рис. 1, б).

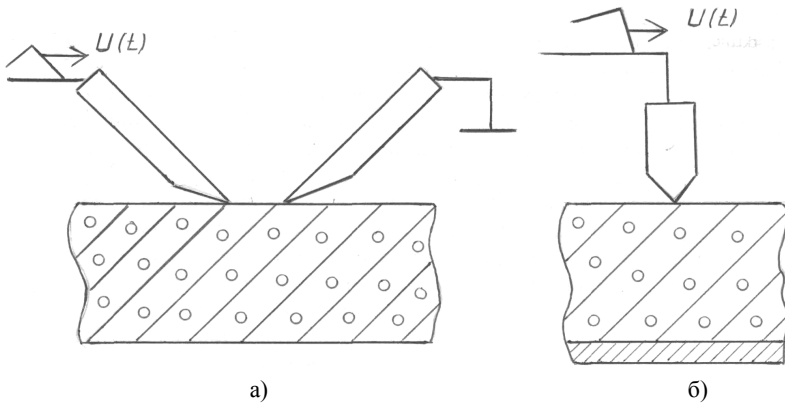


Рисунок 1 – Схеми розміщення електродів при руйнуванні бетону:
а – накладання електродів на одну поверхню («стержень-стержень»),
б – ініціювання розряду у товщі бетону («стержень-площина»)

Треба відмітити, що для значних об'ємів бетону застосування указаних систем з двох електродів малопродуктивне, бо основний час у технологічному процесі займає не саме руйнування, а переміщення останніх на чергову ділянку бетону. З метою підвищення продуктивності електрофізичних установок для руйнування бетону (гірських матеріалів) використовуються різні варіанти багатоелектродних систем.

Принагідно слід зауважити, що використання імпульсів напруги з короткими (наносекундними) тривалостями фронтів за наявності багатоелектродних систем сприяє утворенню при пробіть кількох паралельних каналів розряду[2,3], що збільшує робочу зону процесу руйнування, тобто його продуктивність.

Одним із варіантів багатоелектродної системи є система, яку наведено на рис. 2. При накладанні цієї системи на одну поверхню (див. рис. 2) здійснюється руйнування всієї ділянки поверхні бетону, на яку проєцирується указана система (ця ділянка поверхні в подальшому називається «вибоєм»). У цьому випадку багатоелектродна система являє собою конструкцію, що об'єднує високовольні і заземлені електроди, розподілені рівномірно по вибою з приблизно однаковою величиною проміжків між різнополярними електродами, як показано на рис. 2.

Принципово важливою особливістю такого способу руйнування бетону є механізм природного автоматичного розподілення розрядів по електричним проміжкам, притаманний електроімпульсній технології. При пробіть в одному з проміжків (1 на рис. 2) воронка, що утворилася у зруйнованому розрядом бетоні, заповнюється водою, що приводить до збіль-

шення електричної міцності проміжка. Наступні розряди (2,3 і т.д. на рис. 2) відбуваються по черзі у сусідніх проміжках, допоки не відбудеться повного руйнування бетону по усій площині вибою. Після видалення подрібненого бетону система електродів переміщується в нове положення, у якому всі електроди знову опиняться в однакових умовах щодо електричної міцності бетону під ними, і описаний вище цикл руйнування бетону під електродами повторюється [4]. Причому переміщенням системи електродів може бути як подальше заглиблення її (див. рис. 3, а), так і перенесення на іншу (сусідню) ділянку поверхні бетону.

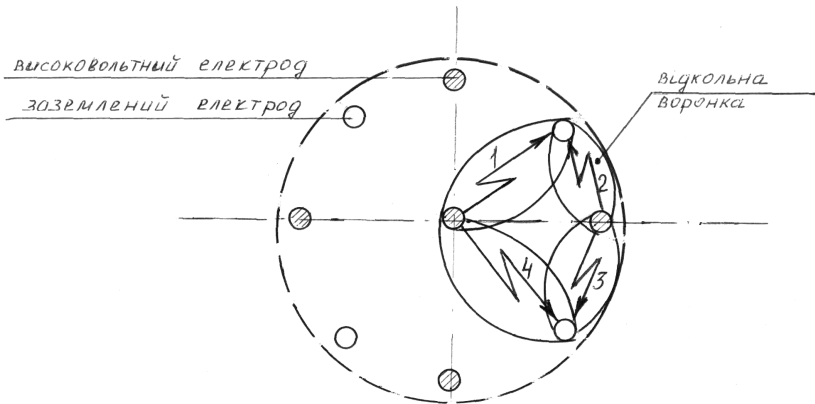


Рисунок 2 – Розподілення електродів по вибою й послідовність його руйнування багатоелектродною системою

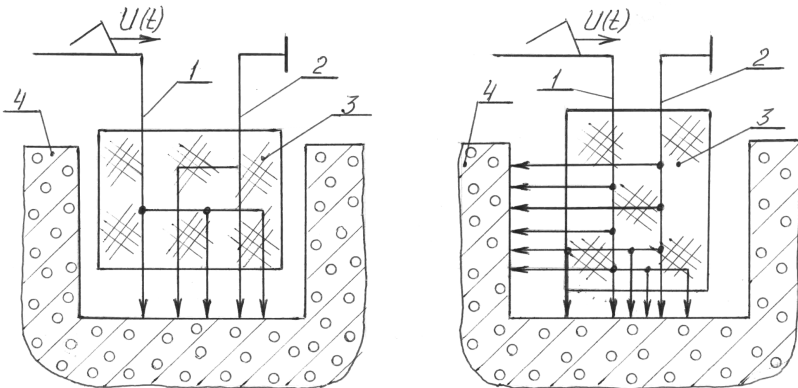


Рисунок 3 – Схеми електроімпульсного руйнування бетону системою електродів:
 1 – високовольтні електроди, 2 – заземлені електроди, 3 – ізоляційний корпус системи електродів, 4 – бетон (гірський або будівельний матеріал)

Системою електродів може здійснюватися не тільки руйнування горизонтальної поверхні у вертикальному напрямку, а й вертикальної поверхні в горизонтальному (див. рис. 3, б) чи під будь-яким кутом. Це дає змогу виконувати різання щілин, ніш, отворів і т.ін. складних профілів у бетоні та гірських і будівельних матеріалах [4].

Розташуванням електродів можна надавати вибою будь-яку форму (круглу, квадратну, прямокутну і т.ін.). Комбінуванням кількості електродів і величини міжелектродного проміжка площа вибою може змінюватися в широких межах (до 10 м^2 і більше). Необов'язково, щоб торці електродів розташовувались в одній площині, тобто поверхні бетону під системою електродів можна надавати будь-який профіль.

Розташовуючи електроди не по всій площі вибою, а тільки по периметру, можна здійснювати проходження свердловин з відбором керна з будь-яким перетином [5].

При руйнуванні некондиційного бетону та залізобетону багатоелектродною системою найбільш ефективною є «гребінка» електродів на повну ширину виробу, що руйнується. Вона дозволяє здійснювати обробку виробу рядами без горизонтальних переміщень електродів. Для багатоелектродних систем типу «гребінки» основним переміщенням для кожного електрода є вертикальне, повздовжнє переміщення «гребінки» здійснюється періодично після руйнування виробу в межах ряду, поперечне переміщення потрібно, якщо ширина виробу більше довжини «гребінки» [4].

При руйнуванні бетону у будь-який спосіб утворюються куски різних геометричних розмірів і форм. Але для практичного використання (наприклад, для виготовлення залізобетонних виробів, підсипки шляхового полотна і т.ін.) їх необхідно подрібнити до певних розмірів.

Існує ряд пристроїв електроімпульсної дезінтеграції, за допомогою яких здійснюється дроблення бетону, гірських та будівельних матеріалів. Конструкції систем електродів у цих пристроях визначаються цілим рядом чинників, серед яких найбільш наочним є крупність вихідного матеріалу. Пристрої дезінтеграції, які призначені для руйнування крупних блоків природних та штучних матеріалів розміром $d \geq 400 \text{ мм}$, показано на рис. 4, а.

Пробій здійснюється у розрядних проміжках, утворених системою вістряних електродів («стержень-стержень»). Об'єм блоку послідовно зменшується за рахунок відділення від нього окремих фрагментів, класифікація котрих відбувається через розімкнені ґрати, утворені як самими електродами так і сполучними елементами. Міжелектродні відстані становлять 50-100 мм, а рівень робочої напруги $U_p = 400-600 \text{ кВ}$.

У пристроях електроімпульсного дроблення (рис. 4, б) здійснюється руйнування кусків матеріалів розміром $d = 150-400 \text{ мм}$. Електродна система утворює щілинний зазор розміром $l = 30-50 \text{ мм}$, котрий сполучає функції розрядного проміжка і класифікуючої щілини. Електродні системи цього ти-

пу виконуються у двох варіантах – з розімкненим (лінійним) і замкненим (кільцевим) щілинним зазором. Обидва різнополярні електроди своїми робочими ділянками контактують з куском матеріалу, який після руйнування розрядом під дією власної ваги видаляється з робочої зони. Загальна довжина щілинного зазора, виходячи з практики, має становити $3-4d$, щоб виключити припинення процесу дроблення при несприятливому положенні якогось куска матеріалу у робочій зоні.

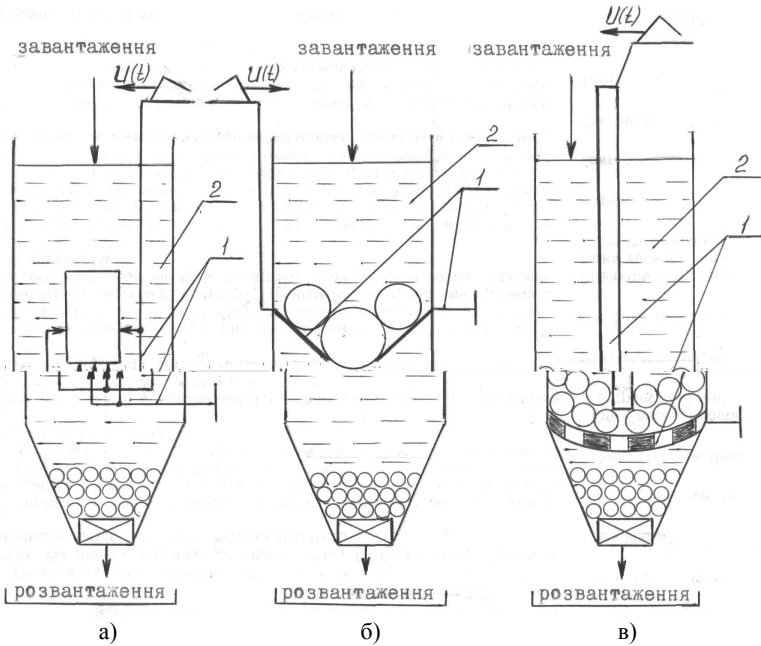


Рисунок 4 – Принципові конструкції пристроїв дезінтеграції бетону й гірських матеріалів з різними системами електродів: 1 – електродна система, 2 – вода

Оптимальною електродною системою для електроімпульсного здрібнення є «стержень-площина» (рис. 4, в). Пристрій цього типу складається зі стержневого потенціального електрода і заземленої напівсфери з класифікуючими отворами. Практичний діапазон вихідних розмірів кусків матеріалу $d = 50-60$ мм, а кінцева крупність може регулюватися у досить широких межах, але з фізичних причин впровадження розряду у частки розміром менше 2 мм стає неможливим, тобто подальше здрібнення не відбувається [5].

Руйнування зануреного у воду бетону (гірських і будівельних матеріалів) найбільш доцільно, з точки зору енергоємності та продуктивності, здійснювати пристроями з багатоелектродними системами. Використовуючи електродні системи, можна обробляти поверхню бетону, різати щілини, ніші,

отвори, робити свердловини і т. ін. Багатоелектродні системи типу «стержень-стержень» і «стержень-площина», а також щілинні дають змогу не тільки руйнувати, а й подрібнювати бетон до потрібних розмірів, але не менше 2 мм. Багатоелектродні системи при дії імпульсів напруги наносекундного діапазону сприяють утворенню при пробі кількох паралельних каналів, що збільшує робочу зону руйнування.

Список літератури: 1. *Усов А.Ф., Семкин Б.В., Зиновьев Н.Т.* Переходные процессы в установках электроимпульсной технологии. – Ленинград, «Наука», 1987. – 188 с. 2. *Shipman John D.* Design and performance of the new multichannel oil output switch on the Gamble // Proc. III Intern. Pulsed Power Conf., Albuquerque, 1981. 3. *Johnson D.I., Vandervender I.P., Martin I.H.* High Power Density Water Dielectric Switching // IEEE Trans. And Plasma Science. – Vol. PS-8, № 3. – September, 1980. 4. *Семкин Б.В., Усов А.Ф., Курец В.И.* Основы электроимпульсного разрушения материалов // Апатиты, Изд. КНЦ РАН. – 1995. – 278 с. 5. *Курец В.И., Усов А.Ф., Цукерман В.А.* Электроимпульсная дезинтеграция материалов // Апатиты, Изд. КНЦ РАН. – 2002. – 326 с.

Надійшла до редакції 25.09.2006

УДК 621.315

А.А.НАУМЕНКО, канд.техн.наук, НТУ «ХПИ»;
В.М.ЗОЛОТАРЕВ, канд.техн.наук, ЗАО «Завод «Южкабель»

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАГОНАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МАТРИЦ, СООТВЕТСТВУЮЩИХ ЯДРАМ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ФРЕДГОЛЬМА ДЛЯ РАСЧЕТА ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫХ БЕЗВИХРЕВЫХ ПОЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

Розроблено метод визначення діагональних елементів матриць, які відповідають ядрам інтегральних рівнянь Фредгольма для плоскопаралельних полів, коли межа між областями де шукають рішення має ділянки з малими радіусами кривизни. Розглянуто застосування методу до рішення таких рівнянь в задачах розрахунку полів різної фізичної природи.

A method for evaluation of diagonal matrix elements which are corresponding to the kernel of Fredholm's integral equations for flat-parallel fields, when the boundary between the areas where solutions are looked for has regions with small curvature radius, has been developed. An application of the method to the solution of such equations in the problems of evaluation of fields of different nature has been considered.

Применение на практике метода интегральных уравнений дает существенные преимущества в использовании вычислительной техники для решения технических задач. за счет значительного сокращения размерности матриц, получаемых в результате дискретизации поверхностей раздела сред вме-