

А.Р. Різун, Ю.В. Голень, Т.Д. Денисюк

Інститут імпульсних процесів і технологій (ІІПТ) НАН України, Миколаїв

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНОГО ЛОКАЛЬНОГО ЗНЕМІЦНЕННЯ ҐРУНТІВ РІЗНОЇ МІЦНОСТІ І СТРУКТУРИ



Розроблено технологічний процес електророзрядного локального знеміцнення ґрунтів та виготовлено дослідний зразок мобільного енергоємного електророзрядного генератора з керованим виділенням енергії. Застосування пропонованого обладнання і технології дозволить значно знизити об'єм будівельних матеріалів та зменшити вартість монтажних-будівельних робіт зокрема і капітальних інвестицій в альтернативну енергетику, промислове, житлове та гідротехнічне будівництво взагалі.

Ключові слова: ґрунт, знеміцнення, електророзряд, високовольтний електрохімічний вибух.

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОЕКТУ

З ростом обсягів земляних робіт спостерігається загальна тенденція до зміни характеру і якості робіт. Це пов'язано з підвищенням вимог до збереження екологічного стану навколишнього середовища, збереження ландшафту, запобігання порушенню рівноваги в зсувних зонах у гірських районах [1].

Широке використання у світі сонячної енергетики передбачає значні обсяги будівельно-монтажних робіт на територіях, як правило, непридатних для землеробства, зі складним рельєфом та ґрунтами високої міцності, що унеможливорює застосування існуючих засобів механізації земляних робіт. Так, за даними німецької фірми «Belectric» тільки для встановлення сонячного модуля на 2 МВт необхідно підготувати більше 400 свердловин глибиною до 1 м і діаметром до 0,5 м для установки паль, на яких закріплюються модулі.

На будівництві геліостанції в Криму територія для установки запланованих сонячних

модулів для першого етапу складає більше 80 га міцних ґрунтів, на яких потрібно розробити більше, ніж 50 тис. заглиблень таких самих розмірів. Кримська сонячна електростанція потужністю 80 МВт після завершення всього комплексу робіт буде складатися з 360 тис. наземних модулів на площі 160 га.

Оскільки існуючі верстати обертального буріння не завжди ефективні в місцевостях зі складним рельєфом і для великих діаметрів свердловин мають низьку продуктивність, а вибухові способи через низьку керованість і високі вимоги техніки безпеки мають обмежене застосування, то натомість пропонується електророзрядний спосіб, який пройшов промислове випробування як під час руйнування міцних скельних ґрунтів надземного розташування, так і їх розпушування при виконанні робіт по заглиблюванню дна [2]. Крім означеної проблеми існують також проблеми локального знеміцнення ґрунтів під час проведення будівельних робіт (забивання паль, реконструкція фундаментних споруд), будівництва шляхів, мостових переходів в умовах безпосеред-

ньої близькості від промислових, житлових об'єктів або історичних будівель, де сейсмічні навантаження на ґрунт недопустимі.

Розробка технологічного процесу електророзрядного локального знеміцнення ґрунтів та виготовлення спеціального мобільного малогабаритного енергоємного електророзрядного генератора з керованим виділенням енергії направлена на вирішення проблеми локального знеміцнення ґрунтів. Виконання цього проекту буде сприяти значному зниженню об'ємів використання будівельних матеріалів та вартості монтажних-будівельних робіт зокрема і капітальних вкладень в альтернативну енергетику, промислове, житлове та гідротехнічне будівництво в цілому.

Мета проекту – розроблення технологічних процесів локального знеміцнення ґрунтів з заданим об'ємом різної міцності і структури, розробка та впровадження мобільного малогабаритного устаткування для його реалізації.

В Інституті імпульсних процесів і технологій (ІПТ) НАН України розроблено метод руйнування ґрунту, який заснований на застосуванні високовольтного електрохімічного вибуху (ВЕХВ) і використовується під час руйнування масивів природного та штучного походження. Промислова перевірка методу засвідчила перспективність застосування методу з погляду забезпечення значного рівня енергії, що виділяється, при незначних малогабаритних показниках електротехнічного обладнання.

ОПИС РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ

У рамках виконання науково-технічного проекту було проведено комплекс науково-технічних, технологічних і дослідно-конструкторських робіт, спрямованих на розв'язання проблем локального руйнування ґрунтів. З використанням імпульсного високовольтного розряду як джерела енергії високої густини було досліджено та визначено оптимальні параметри процесу забезпечення ВЕХВ у закритому середовищі та встановлено залежність виді-

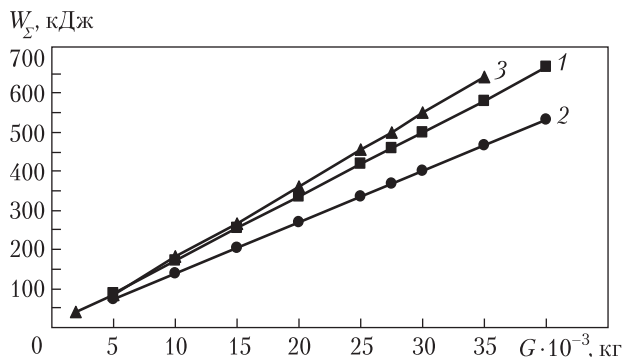


Рис. 1. Залежність загальної енергії ВЕХВ від маси ВЕС: 1 – ВЕС з 60 % Al; 2 – ВЕС з 40 % Al; 3 – обчислена

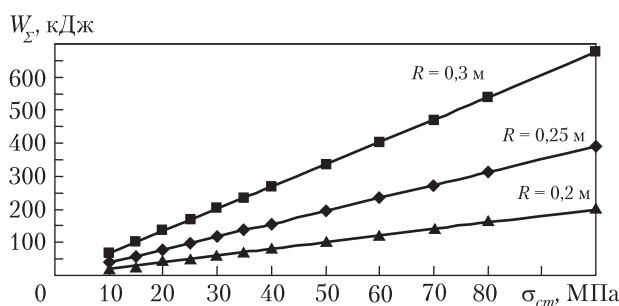


Рис. 2. Визначення необхідної величини енергії W_{Σ} для руйнування ґрунту з різноманітною міцністю для радіуса руйнування ґрунту $R = 0,2$; $R = 0,25$; $R = 0,3$ м

лення його загальної енергії від маси високоенергетичної суміші (ВЕС) [2]:

$$W_{\Sigma} = G \cdot w_{\tau} \left(1 + \frac{\mu}{w_{\tau}} \right), \quad (1)$$

де W_{Σ} – загальна енергія ВЕХВ, Дж; G – маса ВЕС, кг; w_{τ} – питома ефективність перетворення хімічної енергії, Дж/кг; μ – питома електрична ефективність згоряння ВЕС, Дж/кг.

Залежності загальної енергії ВЕХВ від маси ВЕС з 60 % Al та ВЕС з 40 % Al, які отримані експериментально та обчислювальним шляхом, показано на рис. 1.

Розроблено електродну систему і встановлено залежність радіуса руйнування від параметрів ВЕХВ і міцності ґрунту:

$$R_p = \sqrt{B_e \cdot \frac{G \cdot w_{\tau} \left(1 + \frac{\mu}{w_{\tau}} \right)}{\sigma_m \cdot h_m}}, \quad (2)$$



Рис. 3. Зовнішній вигляд установки ЕРГ1

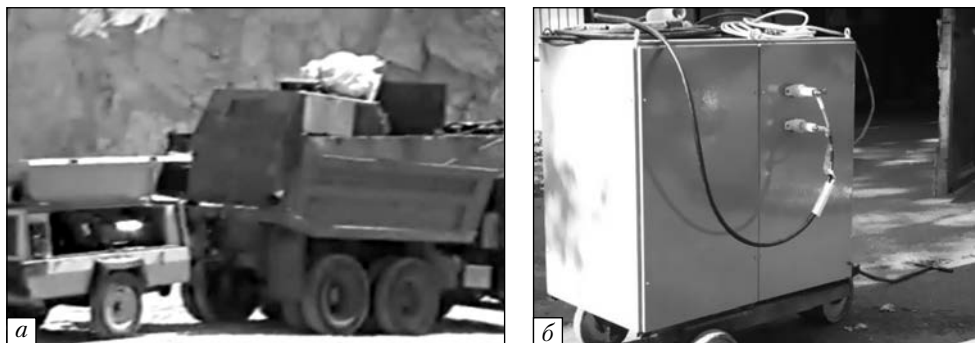


Рис. 4. Відмінності транспортування електророзрядної установки «Базальт» (а) та електророзрядної установки ЕРГ1 (б)

де R_p – радіус руйнування ґрунту, м; B_e – коефіцієнт енергобалансу, що залежить від повноти згоряння ВЕС та кількості тріщин максимальної довжини, для закритих об'ємів $B_e = 8$; $\sigma_{ст}$ – межа міцності на стиск, Па; $h_{ш}$ – глибина шпуру, м.

Розрахунковим шляхом визначено залежність необхідної величини енергії для руйнування ґрунту з різною міцністю, глибиною шпуру $h = 0,5$ м та необхідним радіусом руйнування. Результати наведено на рис. 2. Розроблено технологічний процес і технічну документацію на дослідний зразок мобільного устаткування. Виготовлено та випробувано дослідний зразок установки ЕРГ1 (рис. 3).

Проведені промислові випробування підтвердили ефективність роботи дослідного зразка під час руйнування ґрунтів VI групи міцності і показали надійність у роботі і зручність в обслуговуванні.

ІСНУЮЧІ ВІТЧИЗНЯНІ ТА ЗАРУБІЖНІ АНАЛОГИ ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНИХ ГЕНЕРАТОРІВ (ЕРГ)

Аналіз патентної документації показує, що проблема локального знеміцнення ґрунтів є досить актуальною. Широке використання сонячної енергетики передбачає значні обсяги будівельно-монтажних робіт на територіях, непридатних для землеробства, зі складним рельєфом і ґрунтами високої міцності. Ефективне

проведення земляних робіт на цих ґрунтах вимагає розробки принципово нових методів руйнування, заснованих на результатах новітніх наукових досліджень, і на їх основі створення нових технологій і конструкцій машин з використанням фізичних ефектів.

Проведений патентний пошук показав, що винахідницькою діяльністю в області електророзрядного знеміцнення ґрунтів різної структури і міцності займаються крім України у Великобританії, Німеччині, Російській Федерації, Японії. Однак відомі нам технічні пропозиції не передбачають локального знеміцнення ґрунтів. Розроблена нами технологія дозволяє за енергії імпульсу високої напруги до 7 кДж забезпечити повне згоряння екзотермічної суміші і виділення енергії до 500 кДж, достатньої для знеміцнення ґрунтів різної міцності і структури, розташовувати канал розряду в шпурі відповідно до конфігурації та об'єму руйнування ґрунту, що передбачає застосування мобільного малогабаритного обладнання з керованим виділенням енергії для реалізації розробленої технології. Це технічне рішення значно перевищує показники відомих аналогів вітчизняного та зарубіжного виробництва. Його новизну захищено патентом України [3].

ОСНОВНІ ПЕРЕВАГИ ПРОПОНОВАНОГО НАМИ ОБЛАДНАННЯ

На відміну від існуючих вітчизняних і зарубіжних модифікацій електророзрядного устаткування для руйнування неметалевих матеріалів природного і штучного походження (скельні ґрунти, бетонні і залізобетонні споруди та ін.) та таких, які не можуть бути модифіковані на вимогу замовника без значних витрат, запропонована нами технологія і устаткування є гнучкою щодо умов проведення робіт та характеристик переважної більшості ґрунтів. Створене в ІПТ НАН України обладнання ЕРГ1 забезпечує виділення енергії ВЕХВ до 500 кДж. Практична цінність роботи полягає у створенні мобільного малогабаритного обладнання



Рис. 5. Ґрунт до і після руйнування одним розрядом: а – блок до обробки, б – блок після обробки

Основні технічні характеристики установки ЕРГ1

Найменування параметрів	Величина
Номинальна запасена енергія, кДж, не менше	6,0
Повна потужність, кВА, не більше	5
Габаритні розміри ПІС, м, не більше	1,2 × 0,7 × 1,25
Довжина кабелю електродної системи, м	25
Маса, кг, не більше	300
Маса електродної системи, кг	21
Номинальна робоча напруга, В	25000
Середнє значення струму із мережі, А	40
Напруга живлення установки, В	220

локального руйнування високоміцних ґрунтів з використанням ВЕХВ.

У порівнянні з відомим електророзрядним способом з використанням установок серії «Базальт» (рис. 4) енергоємність електрохімічного процесу зменшена в 12 разів. Запропонованим способом споживана енергія на один розряд 6 кДж проти 90 кДж становить 0,0016 кВт · год проти 0,019 кВт · год.

Реалізація способу локального знеміцнення міцних ґрунтів високовольтним електрохімічним вибухом передбачає застосування мобільного малогабаритного обладнання, кількість конденсаторів в якому зменшено в 5 разів (з 25 одиниць в обладнанні «Базальт» до 5 в обладнанні ЕРГ1). З урахуванням вартості конденсаторів ІК-25-3,9 (20 000 грн. за одиницю) економія становить 400 000 грн. Маса обладнання зменшилася в 10 разів — з 3000 до 300 кг, що дозволяє значно скоротити витрати на його транспортування й обслуговування. Основні технічні характеристики обладнання наведено в таблиці.

УЧАСТЬ ПАРТНЕРІВ У ВИКОНАННІ ПРОЕКТУ

Під час створення промислової технології та устаткування партнером ІППТ виступало ТОВ «ВКП Рембуд», яке виконало значні роботи, серед яких слід зазначити:

- ✦ надання інформації про досвід тривалої експлуатації електророзрядного устаткування для руйнування масивів природного і штучного походження;
- ✦ надання послуг з постачання матеріалів для проведення експериментальних досліджень;
- ✦ підготовка, забезпечення і участь у проведенні промислових випробувань технології і устаткування.

ПРОПОЗИЦІЇ ДЛЯ ПРАКТИЧНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ УСТАНОВКИ ЕРГ1

На рис. 5 наведено приклад локального руйнування ґрунту міцністю 40 МПа для встановлення опірної стійки сонячного модуля. Спостерігається утворення сітки радіальних тріщин,

які досягають розмірів критичного завершення, що сприяє створенню умов подальшої розробки приямка засобами малої механізації без застосування важкої техніки.

Користувачами створеного обладнання стануть вітчизняні підприємства, що проводять установку сонячних модулів, іноземні фірми такого ж напрямку, будівельні підприємства і фірми різних напрямків для розробки ґрунтів під фундаменти, палі, для руйнування ґрунтів в промисловому та гідротехнічному будівництві та ін.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шевцов Н.Р., Таран П.Я., Ливит В.В., Гудзь А.Г. Разрушение горных пород. — Донецк: Изд-во ДонГТУ, 2003. — 253 с.
2. Ризун А.Р., Голень Ю.В., Денисюк Т.Д., Поздеев В.А. Разработка и внедрение технологического процесса электроразрядного разрушения прочных донных грунтов // Наука та інновації. — 2007. — № 3. — С. 50–55.
3. Патент України № 104678. МПК (2006.01) E21 C37/18. Спосіб знеміцнення міцних ґрунтів високовольтним електрохімічним вибухом / Ризун А.Р., Вовченко О.І., Голень Ю.В., Блащенко О.Д., Рачков О.М., Кононов В.Ю. — № а201214038; Заявл. 10.12.2012; Опубл. 25.02.2014; Бюл. № 4.

А.Р. Ризун, Ю.В. Голень, Т.Д. Денисюк

Институт импульсных процессов и технологий (ИИПТ) НАН Украины, Николаев

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОГО ЛОКАЛЬНОГО РАЗУПРОЧНЕНИЯ ГРУНТОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРОЧНОСТИ И СТРУКТУРЫ

Разработан технологический процесс электроразрядного локального разупрочнения грунтов и изготовлен опытный образец специального мобильного малогабаритного высокоэнергетического электроразрядного генератора с управляемым выделением энергии, предназначенного для его реализации. Применение предлагаемого оборудования и технологии позволит значительно снизить объем строительных материалов и уменьшить стоимость монтажно-строительных работ в частности и капитальных вложений в альтернативную энергетику, промышленное, жилищное и гидротехническое строительство вообще.

Ключевые слова: грунт, разупрочнение, электроразряд, высоковольтный электрохимический взрыв.

A.R. Rizun, Yu.V. Holen, T.D. Denisyuk

Institute of Pulse Processes and Technologies
of the NAS of Ukraine, Kyiv

TECHNOLOGICAL PROCESS AND EQUIPMENT
FOR ELECTRIC-LOCAL SOFTENING SOIL
OF DIFFERENT STRENGTH AND STRUCTURE

Electric-discharge technology for soil local softening is developed; the pre-production model of mobile high-energy electric-discharge generator with the controlled energy re-

lease is produced. Application of the proposed equipment and technology will allow essentially reduce construction materials and cost of the installation and construction works, in particular, capital investments in alternative energy, industrial, residential construction, and hydraulic engineering in general.

Key words: soil, softening, electric discharge, high voltage electrochemical explosion.

Стаття надійшла до редакції 01.04.14