

Джерело для генерування сейсмічних хвиль при проведенні геофізичних пошукових досліджень

В.О. Поляковський, Д.М. Гринь, 2025

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна

Описано пристрій генерування сейсмічних хвиль для проведення геофізичних пошукових досліджень. Як джерело сейсмічних хвиль запропоновано використовувати енергію вибуху ацетиленово-кисневої газової суміші, що перебуває під високим тиском у спеціальних газових генераторах. Коротко розглянуто сучасні методи використання вибухових і невибухових джерел для генерування сейсмічних хвиль під час проведення досліджень у пошуковій геофізиці. Вказано на їх недоліки. Серед переваг запропонованого джерела сейсмічних хвиль зазначено низьку його вартість, мобільність і відсутність необхідності отримання спеціальних дозволів на його використання.

Ключові слова: вибухові речовини, газова детонація, вибух, детонаційна хвиля, газодинамічні методи, імпульсне невибухове джерело, сейсморозвідка, сейсмічні хвилі.

Вступ. Вважають, що з усіх методів геофізичної розвідки сейсморозвідка є найважливішою насамперед тому, що здатна відтворити геологічну будову середовища з високою точністю [Mondol, 2010]. Сейсмічні методи включають оцінювання форми та визначення фізичних властивостей приповерхневих шарів Землі на підставі вивчення поширення пружних хвиль, що генеруються джерелом сейсмічних хвиль. Поширюючись в глибину Землі, пружні хвилі відбиваються від границь шарів гірських порід і повертаються на поверхню Землі, де реєструються сейсмоприймачами, встановленими на поверхні ґрунту. Визначення параметрів поширення зареєстрованих хвиль (час, швидкість поширення хвиль, амплітуда, форма сигналу тощо) дає можливість вивчати особливості структури геосередовища.

Під час проведення сейсморозвідувальних робіт найважливішим технічним елементом є сейсмічне джерело. Від його характеристик залежить якість сейсмічних

записів, зокрема роздільна здатність хвильових полів, глибина сейсмічних досліджень і коректність розв'язку обернених динамічних задач.

На сьогодні у наземній сейсморозвідці під час вивчення будови геологічного розрізу застосовують вибухові й невибухові джерела сейсмічних хвиль. Вибухове джерело створює потужний короткий імпульс, що має широкий частотний діапазон і чіткий перший вступ, тому й вважається найкращим джерелом сейсмічних хвиль. Проте вибухові джерела мають і низку недоліків. Насамперед це висока собівартість робіт, яка включає буріння свердловин, їх спорядження, високу вартість вибухівки тощо. Для виконання вибухових робіт необхідно отримати спеціальні дозволи та ліцензії. Вибухи не можна проводити поблизу поселень, мостів, ліній електропередачі, залізниць. Наявність охоронних зон (наприклад для газопроводів 500 м від труби) дуже ускладнює площинні сейсмічні роботи для пошуку корисних копалин.

Citation: Polyakovskiy, V.O., & Gryn, D.M. (2025). A source for generating seismic waves in geophysical prospecting. *Geofizychnyi Zhurnal*, 47(2), 296—300. <https://doi.org/10.24028/gj.v47i2.322565>.

Publisher S. Subbotin Institute of Geophysics of NAS of Ukraine, 2025. This is an open access article under the CC BY-NC-SA license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

Крім того, хімічні вибухи завдають серйозної шкоди навколишньому середовищу.

За таких умов пошук нових джерел сейсмічних хвиль є актуальним і перспективним напрямом досліджень. Останнім часом при виконанні сейсморозвідувальних робіт широко застосовують невибухові джерела сейсмічних хвиль, серед яких найперспективнішими вважають вібраційні [Шнеерсон и др., 1992; Обрубов, 2016] і газодинамічні [Хмелевской и др., 2004] методи збудження сейсмічних хвиль. Конструктивно такі сейсмоджерела різняться лише джерелом сили, що діє на випромінювач сейсмічних хвиль — масивну металеву плиту, розташовану на поверхні ґрунту. Так, електрогідравлічні вібратори включають в себе гідроциліндр і поршень. Поршень жорстко зв'язаний з випромінювачем. Гідроциліндр слугує інерційною масою і має дві камери, в які під високим тиском по чергово подають мастило. Під дією мастила він рухається вгору або вниз, створюючи зусилля на випромінювач. Електромагнітний вібратор складений з випромінювальної плити зі стойками, на які спирається якор електромагніта [Ивашин и др., 2012; Роман та ін., 2018; Попков та ін., 2019]. Індуктор з обмоткою збудження закріплені на інерційній масі і спираються на випромінювальну плиту. При подачі імпульсу струму на обмотку індуктора останній притягується до якоря, створюючи при цьому імпульс сили, що передається на випромінювальну плиту. Основними недоліками потужних вібраційних сейсмоджерел є складність їх конструкції, значні габаритні розміри, велика маса, а також висока собівартість. Це обмежує їх використання у важкодоступних місцях.

У газодинамічних сейсмічних джерелах вибухова суміш газів заповнює циліндр з рухливою нижньою стінкою — випромінювачем (поршнем). Такий циліндр притискають за допомогою автомобіля до поверхні, на якій змонтовано джерело, після чого газ підпалюють, і відбувається його вибухоподібне згорання (детонація). Газ під великим тиском різко давить на

поршень, унаслідок чого цей тиск передається на ґрунт у місце його контакту з робочим органом газовибухового джерела [Хмелевской и др., 2004].

В Інституті геофізики НАН України розроблено новий засіб генерування сейсмічних хвиль для проведення геофізичних досліджень [Поляковський, Гринь, 2022, 2025]. Метод, на підставі якого створено цей пристрій, ґрунтується на ідеї підвищення ефективності джерела сейсмічних хвиль у результаті підривання системи із трьох жорстко зв'язаних між собою механічно врівноважених направлених подовжених зарядів із суміші ацетилену та кисню, що перебуває в оболонці під високим тиском.

Конструкція джерела для генерування сейсмічних хвиль. Як зазначено вище, у процесі розробки нових сейсмічних джерел для проведення геофізичних досліджень ми запропонували новий спосіб генерування сейсмічних хвиль, який ґрунтується на використанні енергії вибуху суміші ацетилену та кисню в спеціальних пристроях — газових генераторах. Цей спосіб полягає в одночасному підриванні в ґрунті поблизу вільної поверхні трьох жорстко зв'язаних між собою подовжених газоімпульсних пристроїв з вікнами, що розташовані на їх нижньому торці. Ці пристрої заповнені під тиском сумішшю ацетилену та кисню. Газові генератори розміщуються вздовж прямої лінії. Для забезпечення врівноваженості системи середній заряд розміщували вертикально до земної поверхні, а два бокових заряди — під кутом у такий спосіб, щоб енергія вибуху концентрувалась у мінімальній за об'ємом зоні. Врівноваженість системи газових зарядів забезпечується жорстким з'єднанням їх за допомогою металевих кріплень (2) і розтяжок (6), що встановлені біля нахилених газоімпульсних пристроїв (рис. 1).

Для збірки розробленого пристрою земної поверхні на одній лінії механічними засобами пробурюють три шпури: середній — вертикально до денної поверхні, а два бокових — під однаковим кутом α в бік середнього шпура. Глибину шпурів та їх

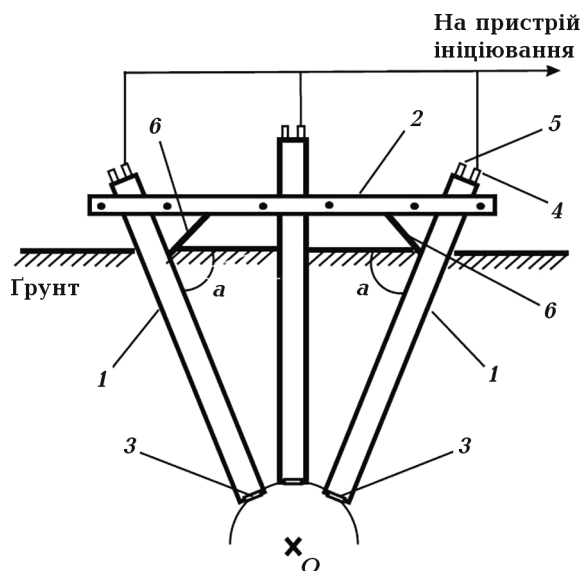


Рис. 1. Схематичне зображення пристрою для генерування сейсмічних хвиль при проведенні геофізичних досліджень: 1 — газові генератори; 2 — металеве кріплення для з'єднання зарядів між собою, а також балони з киснем і ацетиленом, забезпечені редукторами та шлангами для заправки газових зарядів; 3 — вікно на нижньому торці кожного із зарядів, на яке встановлюють діафрагму із дюралюмінію; верхній торець: 4 — ініціювальний пристрій, 5 — штуцер для заправки газами; 6 — розтяжки.

Fig. 1. Schematic representation of the device for generating seismic waves during geophysical research: 1 — gas generators; 2 — metal fastener for connecting the charges and the oxygen and acetylene tanks equipped with reducers and tubings to fill the gas charges; 3 — a window at the lower side of each charge, to which a duralumin diaphragm is fitted; upper end: 4 — initiating device, 5 — gas filling fitting; 6 — tension rods.

нахил вибирають такими, щоб забезпечити концентрацію енергії вибуху зарядів в околі точки O . Далі заряди вставляють у шпури та жорстко з'єднують між собою за допомогою металевих кріплень із швелерів і встановлюють розтяжки. Після цього кожен із них через штуцер для заправки газами заповнюють ацетиленово-кисневою сумішшю стехіометричного складу (~30 % ацетилену). Для одночасного підірвання зарядів ініціатори вибуху з'єднують паралельно та підключають до засобу ініціювання. Після підпалювання ацетиленово-кисневої суміші у кожному заряді виникає детонація, яка руйнує дюралюмінієві діафрагми та створює потужні ударні хвилі. Концентруючись в околі точ-

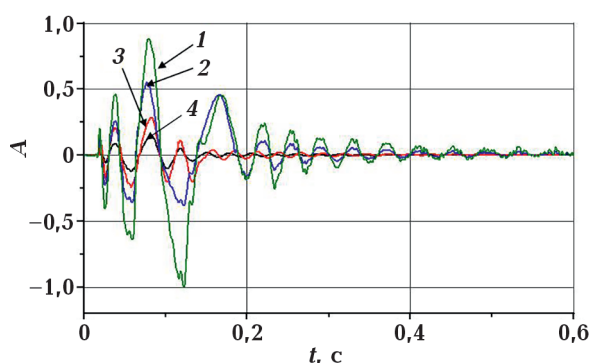


Рис. 2. Сейсмограми, отримані датчиками СВ-30 під час випробовування розробленого пристрою.

Fig. 2. Seismograms received by SV-30 sensors during the testing of the developed device.

ки O , хвилі створюють у ньому джерело більш потужної ударної хвилі, яка, поширюючись вглиб середовища, перетворюється в сейсмічну хвилю.

Дієздатність пристрою ілюструють сейсмограми (рис. 2), отримані в процесі його випробувань на експериментальній базі Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. Для запису сейсмограм використовували датчики СВ-30. На графіку цифрами 1—4 позначено коливання земної поверхні під час ініціювання ацетиленово-кисневої суміші загальним об'ємом 19,5 л під тиском відповідно 12, 10, 8 та 7 атм на відстані 10 м від центрального заряду. Величина A нормована до максимального значення коливання земної поверхні.

Технічний результат від застосування джерела сейсмічних хвиль досягається за одночасного підірвання системи із трьох направлених газових зарядів із високою концентрацією ацетиленово-кисневої суміші, розміщених у ґрунті поблизу вільної поверхні, та концентрацією енергії їх вибуху.

Дослідження, проведені з використанням сейсмодатчиків СВ-30, засвідчили появу сейсмічних хвиль, що поширювалися в ґрунтового середовищі. У разі збільшення тиску суміші газів отримуємо потужне газоімпульсне джерело, яке можна використовувати як альтернативне невибухове джерело сейсмічних хвиль під час проведення геофізичних досліджень.

Перевагою розробленого джерела є низька собівартість обладнання, просто- та проведення геофізичних робіт, відсутність спеціальних дозволів на викорис- тання, а також можливість його застосу-

вання у важко доступних місцях. Крім того, пружні хвилі, що генеруються, утво- рюють компактне джерело, що також важливо при виконанні сейсмічних дослі- джень.

Список літератури

- Ивашин В.В., Иванников Н.А., Узбеков К.Х. Импульсный невзрывной сейсмоисточник с индукционно-динамическим приводом для сейсморазведки зоны малых скоростей. *Вектор науки ТГУ*. 2012. № 4(22). С. 156—160.
- Обрубов В.А. Обращенный гравитационный источник сейсмических колебаний. *Инновационная наука*. 2016. № 4. С. 137—140.
- Поляковський В.О., Гринь Д.М. Пристрій для генерування сейсмічних хвиль при прове- денні геофізичних досліджень. Пат. 151511, Україна. Опубл. 4.08.2022. Бюл. № 31.
- Поляковський В.О., Гринь Д.М. Пристрій для генерування сейсмічних хвиль при прове- денні геофізичних досліджень. Пат. 158185, Україна. Опубл. 08.01.2025, Бюл. № 2.
- Попков В.С., Богаєнко М.В., Роман В.І., Муко- єд Н.І. Спосіб збудження сейсмічних хвиль. Патент на винахід 119203, Україна. Опубл. 10.05.2019, бюл. № 9.
- Роман В.І., Попков В.С., Богаєнко М.В., Євста- хевич З.М., Дмитренко О.В., Гринь Д.М., Мукоєд Н.І. Спосіб збудження сейсмічних хвиль. Патент на винахід 116423, Україна. Опубл. 12.03.2018.
- Хмелевской В.К., Горбачев Ю.И., Калинин А.В., Попов М.Г., Селиверстов Н.И., Шевнин В.А. *Геофизические методы исследований*. Изд- во КГПУ, 2004, 232 с.
- Шнеерсон М.Б., Лугинец А.И., Андреев В.К., Асан-Джалалов А.Г. *Невзрывные источники сейсмических колебаний. Справочник*. Мос- ква: Недра, 1992, 240 с.
- Mondol, N.H. (2010). Seismic Exploration. In *Petroleum Geoscience* (pp. 375—402). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02332-3_17.

A source for generating seismic waves in geophysical prospecting

V.O. Polyakovskiy, D.M. Gryn, 2025

S. Subbotin Institute of Geophysics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The paper presents a device for generating seismic waves for conducting geophysical research. It is proposed to use the energy of explosion of acetylene-oxygen mixture under high pressure in special gas generators as a source of seismic waves. The modern methods of using explosive and non-explosive sources for generating seismic waves in exploration geophysics are briefly considered. Their disadvantages are indicated. Among the advantages of the proposed wave source are its low cost, mobility, and the absence of the need to obtain special permits for its use.

Key words: explosives, gas detonation, explosion, detonation wave, gas-dynamic meth- ods, pulsed non-explosive source, seismic survey, seismic waves.

References

- Ivashin, V.V., Ivannikov, N.A., & Uzbekov, K.H. (2013). To question about the creation a por- table pulse of non-explosive seismic source with electrodynamic drive. *Izvestia of Samara*

- Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 15(4), 75—81 (in Russian).
- Obrubov, V.A. (2016). Inverted gravity source of seismic vibrations. *Innovative Science*, (4), 137—140 (in Russian).
- Polyakovskiy, V.O., & Gryn, D.M. (2022). *A device for generating seismic waves during geophysical research*. Pat. 151511 Ukraine. Publ. 08.04.2022. Bul. No. 31 (in Ukrainian).
- Polyakovskiy, V.O., & Gryn, D.M. (2025). *A device for generating seismic waves during geophysical research*. Pat. 158185 Ukraine. Publ. 08.01.2025, Bull. No. 2 (in Ukrainian).
- Popkov, V.S., Bogayenko, M.V., Roman, V.I., & Mukoed, N.I. (2019). *Method of excitation of seismic waves*. Patent for the invention 119203. Publ. 10.05.2019, Bull. No. 9 (in Ukrainian).
- Roman, V.I., Popkov, V.S., Bogayenko, M.V., Evstakhevich, Z.M., Dmytrenko, O.V., Gryn, D.M., & Mukoed, N.I. (2018). *Method of excitation of seismic waves*. Patent for the invention 116423, Ukraine. Publ. 12.03.2018 (in Ukrainian).
- Khmelevskoy, V.K., Gorbachev, Yu.I., Kalinin, A.V., Popov, M.G., Seliverstov, N.I., & Shevnin, V.A. (2004). *Geophysical research methods*. Publ. house KSPU, 232 p. (in Russian).
- Shneerson, M.B., Luginets, A.I., Andreev, V.K., & Asan-Dzhalalov, A.G. (1992). *Non-explosive sources of seismic vibrations*. Moscow: Nedra, 240 p. (in Russian).
- Mondol, N.H. (2010). Seismic Exploration. In *Petroleum Geoscience* (pp. 375—402). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02332-3_17.