

УДК 622.235

ЗАВИСИМОСТЬ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН ОТ ПАРАМЕТРОВ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ

С. В. Густов, Л. В. Суловицкий

ОАО "Газпромгазораспределение", г. Санкт-Петербург

Большой Сампсониевский пр., 60, г. Санкт-Петербург, 194044, Россия. E-mail: gustov@gazpromrg.ru, surovitsky@mail.ru

Ю. И. Виноградов

Санкт-Петербургский Государственный Горный Институт (Технический Университет)

21-я линия, 2, г. Санкт-Петербург, 199106, Россия. E-mail: vinogradov_yuri@mail.ru

Представлены результаты изучения и анализа данных, полученных в процессе мониторинга буровзрывных работ на участке строительства Северо-Европейского газопровода. Проанализированы зависимости характеристик сейсмозрывных волн от параметров проведения буровзрывных работ. Рассмотрены частотные характеристики сейсмозрывных волн при проведении массовых взрывов. Установлена зависимость максимальных показателей амплитудных спектров от массы одновременно взрывающегося заряда.

Ключевые слова: частотные характеристики, сейсмотехника, амплитудные значения, параметры БВР.

ЗАЛЕЖНІСТЬ ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЙСМІЧНИХ ХВИЛЬ ВІД ПАРАМЕТРІВ МАСОВИХ ВИБУХІВ

С. В. Густов, Л. В. Суловицкий

ВАТ "Газпромгазорозподіл", м. Санкт-Петербург

Великий Сампсон'євський пр., 60, м. Санкт-Петербург, 194044, Росія. E-mail: gustov@gazpromrg.ru, surovitsky@mail.ru

Ю. І. Виноградов

Санкт-Петербурзький Державний Гірничий Інститут (Технічний Університет)

21-а лінія, 2, м. Санкт-Петербург, 199106, Росія. E-mail: vinogradov_yuri@mail.ru

Наведені результати вивчення та аналізу даних, отриманих у процесі моніторингу буровибухових робіт на ділянці будівництва Північно-Європейського газопроводу. Проаналізовані залежності характеристик сейсмо-вибухових хвиль від параметрів проведення буровибухових робіт. Розглянуті частотні характеристики сейсмо-вибухових хвиль під час проведення масових вибухів. Установлена залежність максимальних показників амплітудних спектрів від маси заряду, що підривається разово.

Ключові слова: частотні характеристики, сейсмотехніка, амплітудні значення, параметри буровибухових робіт.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. При проведении мониторинга сейсмических волн при производстве взрывных работ, в качестве основных параметров используются смещение грунта и производные смещения (скорость и ускорение). Эти параметры отражают действие сил, которые обуславливают перемещение грунта во время взрыва. Но в некоторых случаях анализа смещения недостаточно.

Сейсмические волны вызывают колебания частиц пород, сквозь которые они проходят, как вдоль направления распространения волны (продольные, или волны сжатия), так и перпендикулярно направлению распространения волны (поперечные, или волны сдвига). Величина разрушений, вызванных сейсмозрывной волной может зависеть не только от амплитуды, но и от частоты колебаний грунта.

Цель работы – установление зависимости частотных характеристик сейсмических волн от параметров массовых взрывов.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. В настоящей статье проведен анализ результатов, полученных при мониторинге буро-взрывных работ на участке строительства Северо-Европейского газопровода «Nord Stream». Особое внимание уделено анализу частотных характери-

стик. Для статьи использованы данные по 34 массовым взрывам при проходке траншеи в скальных грунтах для прокладки новой нитки газопровода параллельно существующему действующему стальному газопроводу.

При мониторинге взрывных работ исследовалось воздействие сейсмозрывных волн на существующий газопровод. Диаметр скважинных зарядов при производстве буро-взрывных работ был равен 76 и 89 мм. Интервал замедления между ступенями взрывания 42 мс. В каждой ступени одновременно взрывалось по три заряда.

Сетка скважин оставалась одинаковой для всех рассматриваемых событий и составляла 2,1 м между скважинами в ряду и 1,6 м между рядами скважин. Расстояние от сейсмодатчика до взрывающегося блока 15 м. Частотный диапазон датчика 2–250 Гц; диапазон измерения скоростей 0–254 мм/с; разрешение 0,127 мм/с.

При рассмотрении зависимости максимальных значений скорости смещения грунта в сейсмозрывной волне по составляющим и результирующего вектора суммы от количества скважинных зарядов (и как следствие, ступеней замедления) были получены результаты, представленные на рис. 1.

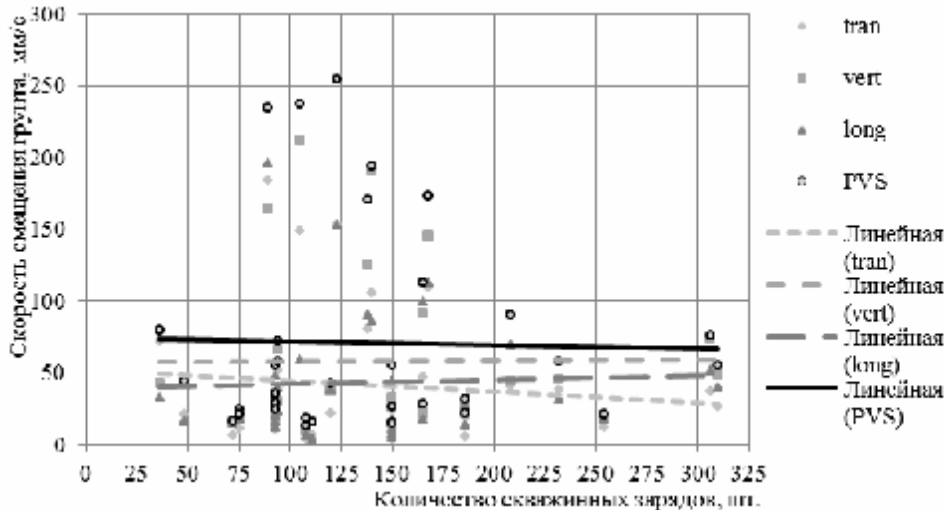


Рисунок 1 – Зависимость скорости смещения грунта в сейсмозрывной волне от общего количества скважинных зарядов во взрываемом блоке: *tran* – тангенциальная составляющая скорости; *vert* – вертикальная составляющая скорости; *long* – радиальная составляющая скорости; *PVS* – пиковый вектор суммы

Использование линейной аппроксимации этого набора данных позволяет получить слабую обратную зависимость для тангенциальной составляющей и отсутствие зависимости для других составляющих и для вектора суммы.

Так как тангенциальная составляющая при данном виде сейсмического воздействия имеет меньшую величину по сравнению с другими составляющими, можно предположить, что с увеличением числа ступеней, воздействие тангенциальной составляющей сейсмозрывной волны уменьшается за счёт интерференции волн, т.к. тангенциальная составляющая совпадает по ориентации с продольной осью взрываемого блока.

Для изменения скоростей смещения грунта в сейсмозрывной волне с увеличением массы ВВ на

ступень замедления, по рассматриваемому набору данных, наблюдается прямая зависимость, что вполне предсказуемо и логично.

Теперь рассмотрим зависимость частоты, на которой находится максимум амплитуды, от тех же параметров (от количества скважинных зарядов во взрываемом блоке и от массы взрывчатого вещества на ступень замедления).

Используя быстрое преобразование Фурье (БПФ), получаем спектр сейсмического сигнала [1] с одного массового взрыва (рис. 2). На данном рисунке приведены величины амплитудных значений тангенциальной составляющей смещения в зависимости от частоты колебаний. Видно, что максимальные амплитуды группируются на наиболее опасных, низких частотах [2].

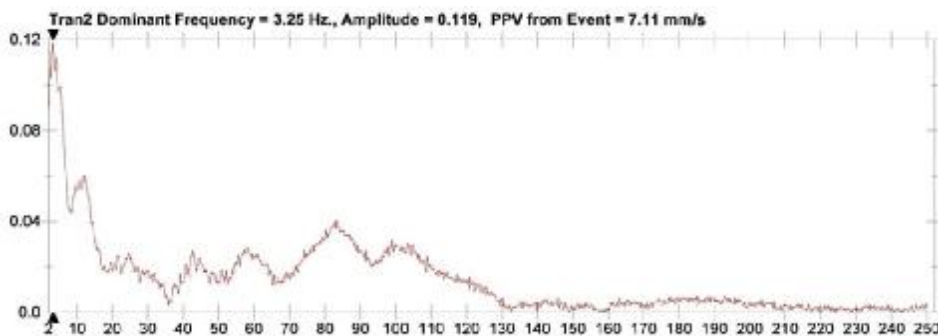


Рисунок 2 – Спектр тангенциальной составляющей сейсмозрывной волны с максимумом амплитуды на частоте 3,25 Гц

Частота колебаний грунта является важным параметром при определении влияния сейсмозрывных волн на здания и сооружения, поскольку в случае совпадения частоты колебаний грунта с собственной (резонансной) частотой сооружения, нахо-

дящегося в непосредственной близости от места проведения взрывных работ, вероятность разрушения сооружения значительно увеличивается [3].

Рассмотрим зависимость частоты от массы ВВ на ступень замедления (рис. 3).

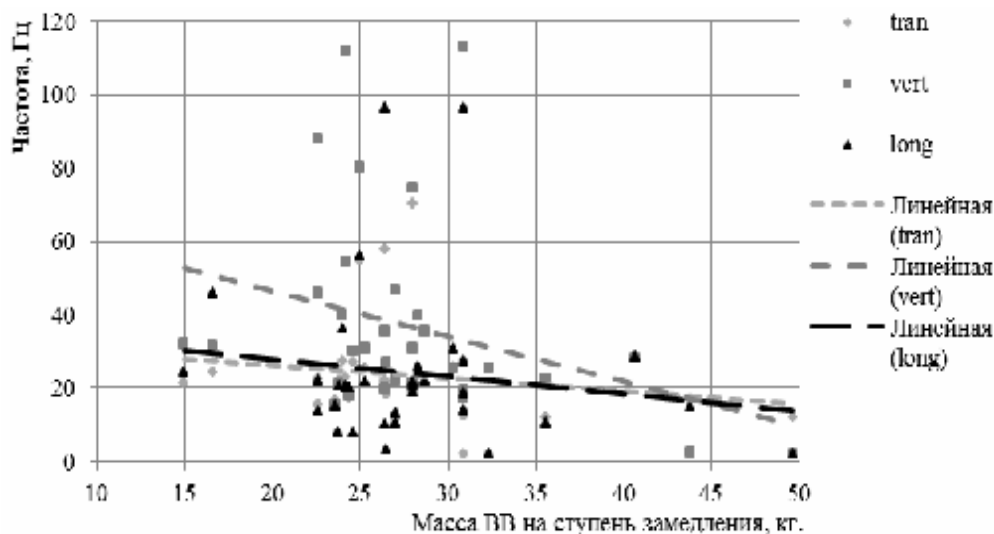


Рисунок 3 – Залежність частоти, на якій зареєстровано максимум амплітуди, від маси одночасно вибухаючого заряду: *tran* – тангенціальна складова швидкості; *vert* – вертикальна складова швидкості; *long* – радіальна складова швидкості

На рис. 3 можна спостерігати, що частоти вертикальної складової сейсмовзривної хвилі відрізняються від частот горизонтальних напрямків. В даному випадку ми бачимо виражену обернену залежність, тобто збільшення маси заряду в ступені замедлення (для інтервалу замедлення 42 мс) частота коливань зменшується.

Собствена частота коливань багатоповерхових будівель, як правило, знаходиться в інтервалі 1–20 Гц і може визначатися експериментальними методами або математичним моделюванням і розрахунками.

Вопрос визначення резонансної частоти для наземних споруд є актуальним і достатньо вивченим, оскільки ці дані використовуються як параметри для різних розрахунків міцності. Зокрема, для розрахунку вітрової навантаження. Так, наприклад, для наземних газопроводів частоту власних коливань можна визначити, керуючись РТМ 38.001–94 «Інструкція по розрахунку на міцність і вібрацію технологічних сталевих трубопроводів».

Вірогідність виникнення резонансу на підземних трубопроводах менш ймовірна, ніж на наземних, через укладку трубопроводу на піщану підлогу і присипку його піском. Але при сильній вібраційній дії сейсмовзривних хвиль і в умовах змішаних ґрунтів таке явище цілком можливе.

Визначити резонансну частоту для конкретного трубопроводу з відомими параметрами можна, використовуючи сучасні комп'ютерні програми, які дозволяють точно моделювати властивості матеріалів і конструкцій. Такі розрахунки дозволяють оп-

ределити масу в ступені замедлення, здатну викликати ефект резонансу в трубопроводі.

Додати ці дані інформації про максимально допустимі амплітудні значення, ми можемо визначити оптимальну, з точки зору сейсмонезпечності, величину заряду на ступінь замедлення.

ВИВОДИ. Підводячи підсумок і враховуючи той факт, що частота коливань ґрунту, викликаних сейсмовзривною хвилею, не повинна збігатися з власною частотою коливань споруди, можна зробити наступні висновки:

1. Показано, що максимальне значення амплітуд зміщень ґрунту при масових вибухах відповідає частотам близьким до власних частот деяких наземних споруд (1–20 Гц).

2. Перед виконанням вибухових робіт в безпосередній близькості від існуючих споруд, слід заздалегідь розрахувати резонансну частоту цих об'єктів, щоб далі, в процесі моніторингу, можна було контролювати цей параметр і не допускати виникнення резонансних явищ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дженкінс Г., Ватс Д. Спектральний аналіз і його застосування. – М.: Мир, 1972. – Вип. I. – С. 263–297; Вип. II. – С. 194–202.
2. Тимошенко С.П. Теорія коливань в інженерному справі. – Л.: ГТТИ, 1934. – С. 246, 278.
3. Іоріш Ю.І. Вимірювання вібрації. – М.: МАШГІЗ, 1956. – С. 26, 132.

**THE DEPENDENCE OF SEISMIC WAVES FREQUENCY CHARACTERISTICS ON
THE PARAMETERS OF MASS EXPLOSIONS**

S. Gustov, L. Surovitsky

Public Corporation "Gazprom gazoraspredelenie", Saint-Petersburg

Bolshoy Sampsonievsky pr., 60, Saint-Petersburg, 194044, Russia. E-mail: gustov@gazpromrg.ru, surovitsky@mail.ru

Yu. Vinogradov

Saint-Petersburg State Mining Institute

21st line, 2, Saint-Petersburg, 199106, Russia. E-mail: vinogradov_yuri@mail.ru

The paper presents the research results and data analysis of the monitoring of drilling and blasting at the construction site of the North European Gas Pipeline. The dependences of seismic explosion waves characteristics on the blasting parameters are shown. The frequency characteristics of seismic explosion waves at the mass explosions are considered. The correlation between the amplitude spectra maximum ratios and mass of the one-time exploded charge is determined.

Key words: frequency characteristics, seismic safety, amplitude values, drilling-and-blasting parameters.

REFERENCES

1. Jenkins G., Watts D. *Spectral Analysis and it's applications*. – M.: Mir, 1972. – Vol. I. – PP. 263–297; Vol. II. – PP. 194–202. [in Russian]
2. Timoshenko S. *Vibration problems in engineering*. – L.: GTTI, 1934. – PP. 246, 278. [in Russian]
3. Yorish Yu. *Vibration measurement*. – M.: MASHGIZ, 1956. – PP. 26, 132. [in Russian]

Стаття надійшла 15.06.2012.
Рекомендовано до друку
д.т.н., проф. Коміром В.М.