

6-30-2018

# TO THE QUESTION OF ENERGY REDUCTION IN THE SYSTEM "GROUND- CONSTRUCTION" UNDER SEISMIC- EFFECTIVE IMPACTS

B.S. Rahmonov

Z.R. Teshabaev

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi>

---

### Recommended Citation

Rahmonov, B.S. and Teshabaev, Z.R. (2018) "TO THE QUESTION OF ENERGY REDUCTION IN THE SYSTEM "GROUND-CONSTRUCTION" UNDER SEISMIC-EFFECTIVE IMPACTS," *Scientific-technical journal*: Vol. 22 : Iss. 2 , Article 20.  
Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol22/iss2/20>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific-technical journal by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [brownman91@mail.ru](mailto:brownman91@mail.ru).

UDC 550.348.425.2

### 13. TO THE QUESTION OF ENERGY REDUCTION IN THE SYSTEM "GROUND-CONSTRUCTION" UNDER SEISMIC-EFFECTIVE IMPACTS

B.S. Rahmonov<sup>1</sup>, Z.R. Teshabaev<sup>1</sup>, E.M. Yunusaliev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ferghana Polytechnic Institute, Ferghana, Uzbekistan

#### К ВОПРОСУ РЕДУЦИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ «ГРУНТ-СООРУЖЕНИЕ» ПРИ СЕЙСМОВЗРЫВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

**Abstract.** The energy characteristic of the seismic effect of underground explosions on an underground shell structure in the form of vibration energy of a medium is the total evaluation of the entire oscillatory process of the "soil-structure" system and is a physical indicator.

The present paper is devoted to the above problem, where the experiments were carried out in full-scale conditions.

**Key words:** energy, frequency, kinetics energy, vibrations, explosion, shell.

**Аннотация.** Энергетическая характеристика сейсмического воздействия подземных взрывов на подземного оболочечного сооружения в виде энергии колебаний среды представляет собой суммарную оценку всего колебательного процесса системы «грунт-сооружение» и является физическим показателем.

**Ключевые слова:** Настоящая работа посвящена вышеизложенной проблеме, где эксперименты были проведены в натуральных условиях.

**Аннотация.** Ер ости қобикларида ер ости портлашларининг сеймик таъсирининг энергия тебраниш шаклидаги таъсири "Тупроқ - иншоот" тизимининг бутун тебраниш жараёнининг умумий ва физик кўрсаткичидир.

Ушбу мақола юқоридаги муаммоларга бағишланган бўлиб, унда экспериментлар, тадқиқотлар тўлиқ ҳажмда амалга оширилган.

**Таянч сўзлар:** энергия, частота, кинетик энергия, тебраниш, портлаш, қобик.

Энергетическая характеристика сейсмического воздействия подземных взрывов на подземного оболочечного сооружения в виде энергии колебаний среды представляет собой суммарную оценку всего колебательного процесса системы « грунт-сооружение» и является физическим показателем.

Вопрос энергетической оценки поведения грунта при прохождении сейсмических и сейсмозрывных волн был изучен в работах М.А.Садовского, Д.Д.Баркана, С.В.Медведева, Д.С.Кардера, У.К.Клауда и др. [1,2,3,4,6]. В этих работах было изучено поведение грунтовой среды при прохождении по нему сейсмических и сейсмозрывных волн. Но число работ, где было изучено поведение подземного сооружения через энергии сооружения и грунтовой среды, очень мало.

Настоящая работа посвящена вышеизложенной проблеме, где эксперименты были проведены в натуральных условиях. Методика проведения экспериментов, сведения о грунтовых условиях и другие данные приведены в [5].

При сейсмическом воздействии грунт сообщает подземному сооружению кинетическую энергию, величина которой зависит от площади контакта подземного сооружения и грунта, условия взаимодействия и др. Поэтому, чтобы объективно судить об энергетической характеристике подземного сооружения, необходимо говорить о плотности сейсмической энергии, т.е. о количестве энергии, поступающей через единицу площади контакта.

В данной работе плотность энергии колебания грунта подсчитывалась по следующей общеизвестной формуле Медведева С.В. [1,2]

$$E_r = \frac{1}{2} \gamma c \sum v_i^2 T_i \quad (1)$$

где  $\gamma$  - плотность грунта в г/см<sup>3</sup>;  $c$  - скорость распространения волны в грунте, см/сек;  $v_i$  - амплитуда скорости в см/сек, которая принимается равной половине от измеренной одиночной амплитуды за счет эффекта отражения волны;  $T_i$  - период колебания в сек.

Общая энергия колебания грунтовой среды подсчитывается на основании записей по каждой из трех составляющих: двух горизонтальных и одной вертикальной:

$$E_r = E_1 + E_{r2} + E_{верт} \quad (2)$$

Так как каждая составляющая соизмерима между собой, на основе [2], для нашего случая можно написать следующее выражение:

$$E_{сп} = E_{r1} = 0,35E_r \quad (3)$$

или учитывая (1) напишем: 
$$E_{сп} = 0,35 \cdot \frac{1}{2} \gamma c_p \sum v_i^2 T_i \quad (4)$$

Подсчет плотности энергии в каждом эксперименте выполнялся по приближенной формуле (4), позволяющей по значению максимальной скорости колебания для одного компонента, имеющей наибольшую скорость, подсчитать значение энергии в пункте наблюдения [2].

Ниже на рис.1 приведены дискретные спектры энерговыделения на разных частотах, построенные на основе экспериментально полученных результатов. Здесь надо обратить внимание на спектре четко выраженного максимума, т.е. на определенной частоте выделяется значительно больше энергии, чем на других частотах.

Отсюда видно, что энергия сейсмозврывных волн на различных частотах спектра неодинакова, а в энергетическом спектре колебаний имеется четко выраженный максимум, т.е. на определенной частоте выделяется больше энергии, чем на других частотах. Пик, где четко выражен максимум, всегда наблюдается не в начале диапазона частот. Частота  $f_{\max}$ , которая несёт большую энергию, с расстоянием изменяется.

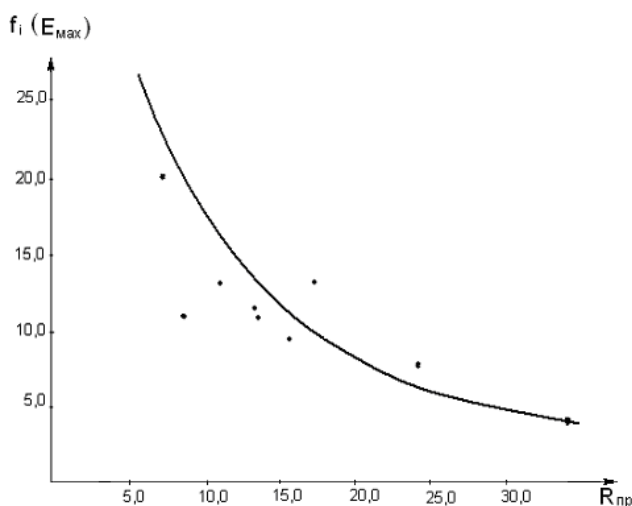


Рис.2. Изменение величины несущих частот в зависимости от приведенного расстояния.

При малых приведенных расстояниях выраженный максимум наблюдается высокочастотной зоне спектра колебания, при приведенных расстояниях 7,4 и 10,8 соответственно частоты соответствуют 20Гц. и 12,5Гц., а с увеличением приведенного расстояния пик наблюдается уже в низкочастотной зоне спектра. При значениях приведенного расстояния 14,7; 16,0; и 24,5 значения частоты равны соответственно 10 Гц; 9,1Гц; и 7,1Гц.

Анализ энерговыделения по частотам показывает, что энергия сейсмического излучения на различных частотах спектра не одинакова, а в энергетическом спектре при малых

приведенных расстояниях имеются четко выраженный максимум, т.е. на определенной величине частот выделяется значительно больше энергии, чем в других частотах.

На рис.2 приводится график, построенный на основе экспериментально- полученных результатов, который показывает изменения величины несущих частот в зависимости от приведенного расстояния.

Отсюда видно, что частота соответствующая максимальной величине энергии с увеличением приведенного расстояния изменяется. Здесь, начиная с некоторого значения приведенного расстояния наблюдается уменьшение частоты. С увеличением приведенного расстояния число пиков увеличивается, т.е. в этих случаях происходит обогащение спектров низкочастотными составляющими пиков, а их величина уменьшается.

При сейсмических колебаниях, вызванных подземными взрывами, напряженно-деформированного состояния подземного сооружения определяет величина энергии, получаемая сооружением. Поэтому в работе особое внимание уделялось кинетической энергии, сообщаемой сейсмозрывной волны сооружению. Для оценки соотношения энергии протекающей в грунтовой среде и энергии, получаемой подземным сооружением при их взаимодействии используем следующее выражение:

$$\eta = E_{к.соор} / E_{гр} \quad (6)$$

где  $E_{к.соор}$  – кинетическая энергия получаемая подземным сооружением в результате взаимодействия с грунтом;  $E_{гр}$  – энергия протекающая по площади равной сечению подземного сооружения, определяемая по формуле(4).

Здесь  $E_{к}$  – кинетическая энергия получаемая подземным сооружением в результате взаимодействия с грунтом определяется по формуле:

$$E_{к} = \frac{1}{2} M \dot{y}^2 \quad (7)$$

где  $M$  – масса сооружения определяемая по следующей формуле:

$$M = \pi \rho^2 (R^2 - r^2) L \quad (8)$$

здесь  $\rho$  – плотность материала подземного сооружения;  $R$  и  $r$  – соответственно наружный и внутренний радиусы сооружения;  $L$  – длина сооружения;  $\dot{y}$  – амплитуда скорости смещения сооружения при действии сейсмозрывных волн (измерялась с помощью сейсмометрического канала).

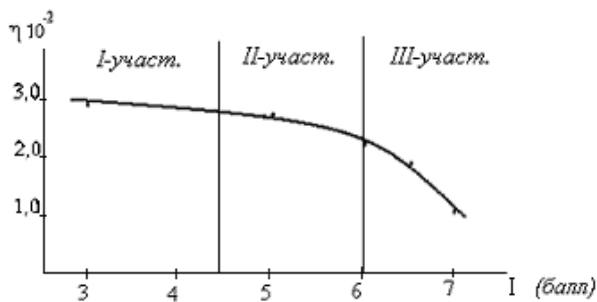


Рис.3. Зависимость коэффициента  $\eta$  от интенсивности сейсмозрывного колебания грунтовой среды.

сейсмометрического канала).

Поставляя (8) на (7) записываем:

$$E_{к} = \frac{1}{2} \pi \rho^2 (R^2 - r^2) L \dot{y}^2 \quad (9)$$

Из (5), (6) и (9) можно написать следующее выражение:

$$\eta = \frac{\pi \rho (R^2 - r^2) \dot{y}^2 L}{(0.35 \gamma c_p \sum v_i^2 T_i) S} \quad (10)$$

Этот безразмерный коэффициент показывает долю энергии передаваемой через грунт на подземное сооружение, их взаимодействие при действии сейсмозрывных волн. Безразмерный коэффициент можно назвать коэффициентом “перекачки” энергии  $\eta$ .

Кривая зависимости  $\eta$  от интенсивности сейсмического колебания, полученная на основе формулы (10), приведена на рис. 3.

Отсюда видно, что с увеличением интенсивности коэффициент  $\eta$  незначительно убывает. С увеличением интенсивности колебания при действии подземных взрывов, общее количество кинетической энергии, получаемой подземным, увеличивается, но соотношение ( $\eta$ ) уменьшается.

В общей качественной характеристике зависимости сил взаимодействия в контакте сооружения с грунтом от их относительного смещения, соответственно экспериментальным диаграммам результатов опытов, можно выделить три участка. Первый – соответствует стадии нагружения сооружения, когда связь между силами и относительным перемещением сооружения имеет линейный характер. При этом происходит уплотнение грунта и выявляются упругие и вязкие свойства тела, но не пластические [5, 7].

На втором этапе пропорциональность между силами взаимодействия и перемещением сооружения нарушается, теряется упругий характер взаимодействия и, с увеличением внешней нагрузки на третьем участке можно наблюдать скольжение подземного сооружения относительно грунта [4, 8] (рис.4). Вернемся к графику, показанному на рис.1. Отсюда можно сделать вывод, что с увеличением интенсивности доля энергии передаваемой с грунта на подземное сооружение уменьшается.

Основу сейсродинамической теории сложных систем подземных сооружений, разработанной Г.Р.Рашидовым, развитой Я.Н. Мубаракoвым для подземных сооружений типа оболочек, составляет учет различий между деформациями грунта и сооружения. Ниже на рис.5 приведена зависимость относительного смещения грунта и сооружения от коэффициента “перекачки” энергии  $\eta$ .

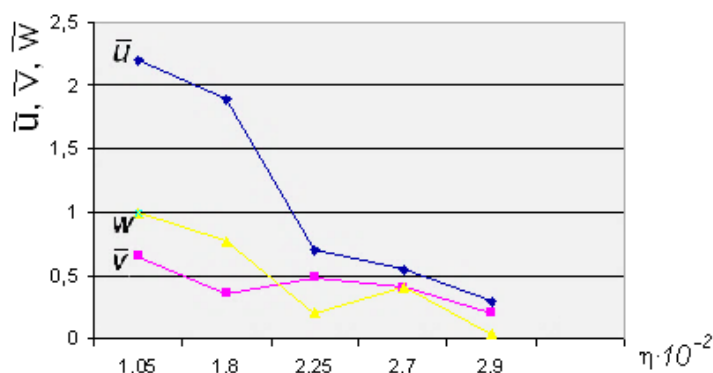


Рис. 5. Зависимость относительного смещения грунта и сооружения от коэффициента “перекачки” энергии  $\eta$ .

На рис.5 приведены кривые, показывающие зависимость относительного смещения сооружения и грунта в трех взаимноперпендикулярных направлениях от интенсивности сейсмического колебания. Отсюда нетрудно заметить, что с увеличением коэффициента “перекачки” энергии значения относительного смещения грунта и сооружения  $\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$  существенно

уменьшает приближаясь по значению.

Таким образом, в работе на основе экспериментально полученных результатов произведен энергетический анализ физической картины взаимодействия подземного сооружения с грунтом, имеющий весьма важное значение при оценке поведения подземного оболочечного сооружения при сейсмозрывных воздействиях.

С помощью вышеприведенных результатов с достаточной точностью можно прогнозировать поведения подземных тонкостенных сооружений, находящийся под воздействием сейсмозрывных волн.

#### References:

- [1] Barkan D.D. Seysmovzrivnie volni i deystvie ix na soorujeniya. M. –L: Stroyizdat, 1945.
- [2] Karder D.S., Klaud U.K. Kolebaniya grunta pri krupnix podzemnix vzrivax. // Podzemnie yadernie vzrivi. M: IL, 1962.
- [3] Medvedev S.V. Injenernaya seysmologiya. – M.: Gosstroyizdat, 1962. Medvedev S.V. Kolichestvennie dannie o dvizheniyax grunta pri silnix zemletryaseniyaх. // Issledovaniya v oblasti injenernoy seysmologii. Byulleten Soveta po seysmologii. -№14. Moskva, AN SSSR, 1963.
- [4] Mubarakov Ya.N. Seysmodinamika podzemnix soorujeniy tipa obolochek. – Tashkent: FAN, 1987.
- [5] Raxmonov B.S. Izuchenie xaraktera kolebaniy grunta pri deystvii seysmovzrivnix voln. «Ilmsarchashmalari, №4, 2002.
- [6] Raxmonov B.S. K voprosu prognozirovaniya povedeniya podzemnogo soorujeniya pri deystviyaх seysmovzrivnix voln. Mejdunarodniy sbornik nauchnix trudov. Novosibirskiy Gosudarstvenniy Agrarniy Universitet, 149-152str. Novosibirsk-2006.
- [7] Sadovskiy M.A. Sluchay deystviya seysmiki vzrivov v usloviyaх slabix gruntov i monolitnogo soorujeniya. //Trudi seysmologicheskogo instituta AN SSSR, №117 izd. ANSSSR, – M. – L., 1945.

#### Список литературы:

- [1] Баркан Д.Д. Сейсмозрывные волны и действие их на сооружения. М. –Л: Стройиздат, 1945.
- [2] Кардер Д.С., Клауд У.К. Колебания грунта при крупных подземных взрывах. // Подземные ядерные взрывы. М: ИЛ, 1962.
- [3] Медведев С.В. Инженерная сейсмология. – М.: Госстройиздат, 1962. Медведев С.В. Количественные данные о движениях грунта при сильных землетрясениях. // Исследования в области инженерной сейсмологии. Бюллетень Совета по сейсмологии. -№14. Москва, АН СССР, 1963.
- [4] Мубаракoв Я.Н. Сейсродинамика подземных сооружений типа оболочек. – Ташкент: ФАН, 1987.
- [5] Рахмонов Б.С. Изучение характера колебаний грунта при действии сейсмозрывных волн. «Илмсарчашмалари, №4, 2002.
- [6] Рахмонов Б.С. К вопросу прогнозирования поведения подземного сооружения при действиях сейсмозрывных волн. Международный сборник научных трудов. Новосибирский Государственный Аграрный Университет, 149-152стр. Новосибирск-2006.
- [7] Садовский М.А. Случай действия сейсмике взрывов в условиях слабых грунтов и монолитного сооружения. //Труды сейсмологического института АН СССР, №117 изд. АН СССР, – М. – Л., 1945.