

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
ISI (Dubai, UAE) = 0.829
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
PIHII (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 8.716
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2020 Issue: 05 Volume: 85

Published: 16.05.2020 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



Bahodir Sobirovich Rakhmanov

Urgench State University
Senior Lecturer to Department of Technology Engineering,
docent, Urgench, Republic of Uzbekistan

Nurillo Raximovich Kulmurov

Navoi State Mining Institute
Senior Lecturer to Department of Technology Engineering,
docent, Navoi, Republic of Uzbekistan
nurillo.Kulmurov.64@mail.ru

Matlab Raxmatovich Ishmatov

Navoi State Mining Institute
Senior Lecturer to Department of Technology Engineering,
docent, Navoi, Republic of Uzbekistan
matlab1962@mail.ru

STUDY OF JOINT VIBRATION OF SOIL AND UNDERGROUND CYLINDRICAL STRUCTURE OF OPEN PROFILE UNDER SEISMIC EXPLOSION INFLUENCE

Abstract: This work presents the results of field experiments to study the seismic stress state of an underground cylindrical structure, an open profile caused by underground explosions. The article is devoted to the study of the behavior of thin-walled cylindrical pipeline structures in soil environments under the influence of seismic blast waves. The paper describes the formulation of theoretical and experimental methods for determining the dynamic behavior of thin-walled structures.

Key words: cylindrical structures, underground explosions, seismic blasts, soil environment, dynamic behavior, modern numerical methods.

Language: Russian

Citation: Rakhmanov, B. S., Kulmurov, N. R., & Ishmatov, M. R. (2020). Study of joint vibration of soil and underground cylindrical structure of open profile under seismic explosion influence. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 05 (85), 105-112.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-05-85-22> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2020.05.85.22>

Scopus ASCC: 2200.

ИЗУЧЕНИЕ СОВМЕСТНОГО КОЛЕБАНИЯ ГРУНТА И ПОДЗЕМНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ ОТКРЫТОГО ПРОФИЛЯ ПРИ СЕЙСМОВЗРЫВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Аннотация: В этой работе приведены результаты натурно-полевых экспериментов по изучению сейсмонапряженного состояния подземного цилиндрического сооружения, открытого профиля, вызванных подземными взрывами. Статья, посвящена изучению поведения тонкостенных цилиндрических трубопроводных конструкций в грунтовых средах при воздействии сейсмозрывных волн. В работе описана постановка теоретических и экспериментальных методик для определения динамического поведения тонкостенных конструкций.

Ключевые слова: цилиндрического сооружения, подземного взрыва, сейсмозрывных волн, грунтовая среда, динамического поведения, современные численные методы.

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
ISI (Dubai, UAE) = 0.829
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 8.716
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

Введение

Сейсмическое воздействие взрывных работ на различные объекты исследовалось в работах М.А. Садовского [1,2], Г.М. Ляхова [3,4], В.В. Адушкина [5,6], Б.Н. Кутузова [7], С.В. Медведева [8], Б.В. Эквиста [9], А.П. Господарикова [10] и др.

Для исследования процесса воздействия сейсмозрывных волн на сооружение использовали, в основном, экспериментальные (или аналитические) методы. Вместе с тем, благодаря развитию вычислительной техники, более эффективными становятся современные численные методы, позволяющие наиболее полно учесть реальные условия взаимодействия сейсмозрывных волн с подземными сооружениями. Таким образом, исследование процессов воздействия сейсмозрывных волн на подземные сооружения (трубопроводы и тоннели) в грунтовых средах является актуальной задачей, требующей разработки адекватных математических моделей, отвечающих современным представлениям о физических процессах в системе «грунт - трубопровод» и экспериментальные исследования в натуральных условиях.

Постановка задачи.

Схемы размещения приборов приведены на рис.1 Сейсмоприёмники для фиксации колебаний устанавливались, закреплялись, непосредственно на бетон без специального крепления, так как измерялись лишь небольшие колебания.

На рис.2 проведены копии некоторых осциллограмм подземного сооружения, открытого

профиля на различных эпицентральных расстояниях.

Измерения показали, что данное сооружение совершает колебательные движения в пространстве. Величины горизонтальных смещений подземного сооружения определяют упругие горизонтальные деформации в целом. На рисунки приведены копии осциллограмм, где зафиксировались перемещение подземного сооружения в продольные направления относительно к главной оси. Отсюда видно, что колебание в отдельных точках (1,2 и 3 рис.5.14.) сооружения имеет вид не вполне правильной возрастающей-затухающей синусоиды (без каких-либо импульсивных наложений, по отношению ко всему движению). Собственные колебания сооружения здесь не имеют явной формы, при которой во время колебаний не должно быть искажений. В этом случае под периодом собственных колебаний условно можно принимать период относительно регулярных колебаний сооружения в фазе затухания, причём этот период отличен от периода колебания грунтовой среды и поэтому он не является периодом вынужденных колебаний. Одним из основных элементов, характеризующих динамические особенности подземного сооружения, является величина затухания колебания. Величины логарифмических декрементов затухания колебаний сооружения определялись из вышеприведенных записей перемещения. Численные значения декремента находились по отношению несколько последовательных амплитуд.

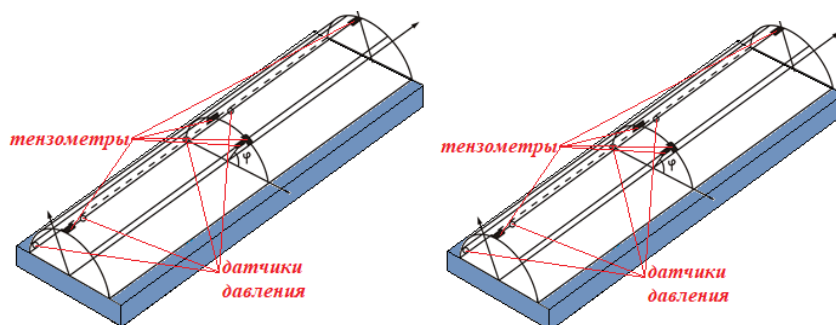


Рис. 1. Схема расположения сейсмических приборов, тензометров и датчиков давления на цилиндрическом образце открытого профиля.

В каждом случае бралось несколько из-за нерегулярности процесса колебаний. При совместных колебаниях грунта и подземного сооружения при их взаимодействии под действием сейсмической (сейсмозрывной) волны к конструктивной системе сооружение-фундамент «приклепаются», также, грунт с некоторой толщины, которой экспериментально установить невозможно. Поэтому выше указанные параметры

собственного колебания наземных зданий и сооружений при колебаниях грунта и подземного сооружения не имеет явной формы, поэтому определяемые значения параметров колебания подземного сооружения имеет общий характер для системы «грунт - сооружение». Величины логарифмических декрементов затухания колебаний λ определялись из осциллограмм. Вычисление этих параметров показали, что

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
ISI (Dubai, UAE) = 0.829
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 8.716
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

численные значения для продольной составляющей вектора смещения равны в среднем 0,4–0,46 а для поперечного направления 0,82.

Известно, что подземное испытываемое сооружение при действии сейсмозрывных нагрузок совершает колебательное движение в пространстве. При действии достаточно удаленных взрывов преобладающим является продольная

составляющая. Поэтому остановимся анализе только продольной составляющей вектора смещения сооружения в пространстве. Как видно из рис.2 колебательное движение в этом направлении имеет вид не вполне правильный возрастающе–затухающие синусоиды, без каких–либо импульсивных наложений.

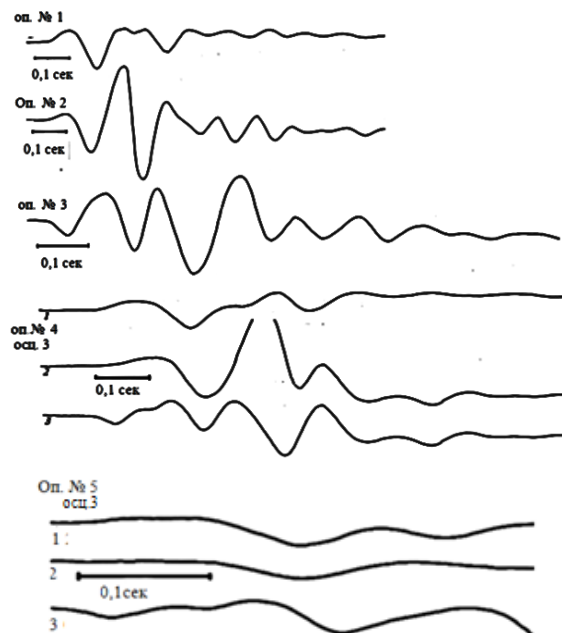


Рис.2. Перемещения подземного сооружения, открытого профиля на различных эпицентральных расстояниях: оп.№1 (C=890кГ; R=350 м.); Оп. № 2 (C=2900кГ; R= 350м.); оп. №3 (C= 6540 кГ; R= 300м.); оп. №4 (C=5140 кГ; R=250 м.); оп.№5 (C=2520кГ; R=200м.); осц.3 (1-перемещение в продольном направлений; 2- перемещение в поперечном направлений; 3-то же в вертикальном направлений в пространстве).

Особенностью колебательного движения подземного сооружения при действия сейсмозрывных волн является высоко частотность колебания. Из рис.2. видно, что преобладающий период грунта равно 0,24–0,25 сек, в этом случае сооружение совершает колебательное движение с периодом 0,12 - 0,14 сек. Численные значения затухания показывает, что они имеют некоторый разброс, что кроме нерегулярности колебательного процесса можно объяснить особенностями самого затухания. Накопленный к настоящему времени большой экспериментальный материал и теоретически полученные результаты выявили недостаточность представлений о процессе, основанных на законах сохранения энергии, для описания процесса взаимодействия подземного сооружения с грунтом. Энергия, поступающая в упругую область, определяется потоком энергии, излучаемой с фронта разрушения. Эта энергия идет на излучение упругой волны и на создание поля остаточных напряжений в упругой области [11,12]

На рис.3 и рис.4 приведены эпюры продольного напряжения цилиндрического сооружения открытого профиля при действия сейсмозрывных волн в поперечные направления относительно продольной оси. Для различных значений времени (Оп.№11). Отсюда не трудно заметить, что продольное напряжение достигает своего максимума в точке 3 при $\tau = 20$ м сек., а кольцевое напряжение достигает, своего максимума при $\tau = 30$ м сек (точка 7).

Из результатов опыта №10 (рис. 4) видно, что значения продольного напряжения в точке 3 в начальный момент при $\tau = 20$ м сек увеличивается, а после этого постепенно уменьшается и при $\tau=60$ м сек. резко увеличивается. Продольное напряжение в средней точке в начале при $\tau = 30$ м сек плавно увеличивается, а потом до $\tau = 40$ м сек уменьшается и значение данного параметра снова увеличивается.

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
 ISI (Dubai, UAE) = 0.829
 GIF (Australia) = 0.564
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
 ПИИЦ (Russia) = 0.126
 ESJI (KZ) = 8.716
 SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
 PIF (India) = 1.940
 IBI (India) = 4.260
 OAJI (USA) = 0.350

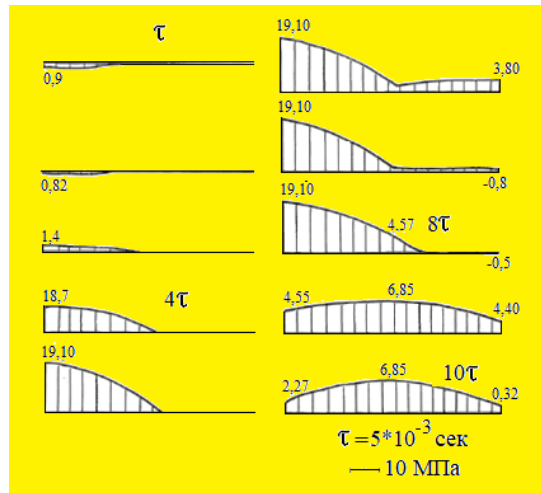


Рис. 3. Эпюры продольного напряжения цилиндрического сооружения открытого профиля при действия сейсмозрывных волн.

Вид колебания данного сооружения имеет сложный характер и в этом процессе кольцевое напряжение является преобладающим (рис.5).

Основная трудность в изучении процесса передачи энергии от среды к подземному сооружению является то, что здесь нет возможности непосредственного измерения такого важного параметра как энергия колебания грунтовой среды. Поэтому при такой картине вопрос определение численного значения энергии, протекающей через грунтовой среды и сооружения основывается на другие кинематические параметры колебания. С другой стороны

подземное сооружение при сейсмозрывных воздействиях получает деформации разной степени(потенциальная энергии!). Вычисление потенциальной энергии показало о значительной малой значений этой энергии. Поэтому при изучений вопроса передачи энергии от среды к сооружению можно пренебречь. Энергетическая оценка поведения подземного сооружения является наиболее универсальным подходом при изучении взаимодействия сооружения и грунтовой среды.

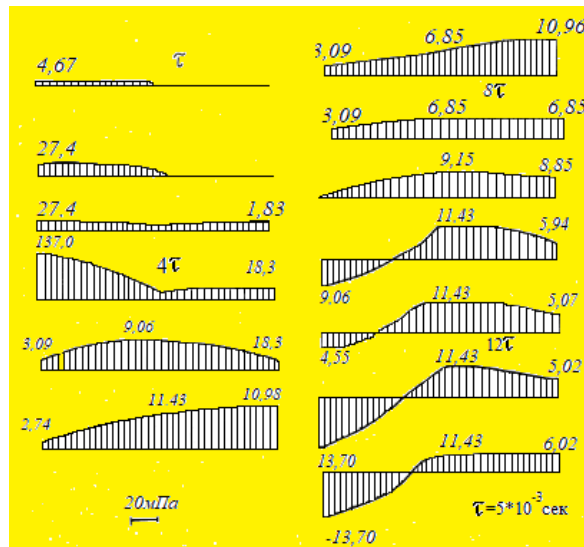


Рис.4. Эпюры продольного напряжения цилиндрического сооружения открытого профиля при действия (оп.№10) сейсмозрывных волн в поперечном направлений относительно продольной оси образца, для различных значений времени.

Кинетическая энергия подземного сооружения с учетом заземления железобетонного основания равняется:

$$E_k = E_{к.с} + E_{жб} \quad (1)$$

Здесь соответственно кинетическая энергия сооружения и железобетонного основания равняется следующим:

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
 ISI (Dubai, UAE) = 0.829
 GIF (Australia) = 0.564
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
 ПИИЦ (Russia) = 0.126
 ESJI (KZ) = 8.716
 SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
 PIF (India) = 1.940
 IBI (India) = 4.260
 OAJI (USA) = 0.350

$$E_{к.с} = \frac{1}{2} M_c \dot{u}^2; \quad (2)$$

$$E_{к.жб} = \frac{1}{2} M_{жб} \dot{u}^2 \quad (3)$$

Учитывая вышесказанных можно писать:

$$E_k = \frac{1}{2} M_c \dot{u}^2 + \frac{1}{2} M_{жб} \dot{u}^2 = \pi \rho (R^2 - r^2) L \dot{u}^2 + (ahL\rho) \dot{u}^2 \quad (4)$$

При действии сейсмозрывных волн в результате взаимодействия с грунтом подземное сооружение получает деформацию, что приведет к аккумуляции потенциальной энергии. Потенциальную энергию приблизительно можно написать в следующем виде:

$$E_{п} = \delta^2 \frac{EF}{2L}; \quad (5)$$

Поставляя (5), (4) на (1) можно получить:

$$E_k = \frac{1}{2} M_c \dot{u}^2 + \frac{1}{2} M_{жб} \dot{u}^2 = \frac{1}{2} \pi \rho (R^2 - r^2) L \dot{u}^2 + \frac{1}{2} (ahL\rho) \dot{u}^2 + \delta^2 \frac{EF}{2L} = \frac{1}{2} L \dot{u}^2 [\pi \rho_c (R^2 - r^2) + (ah\rho_{жб})]; \quad (6)$$

Здесь: $\rho_{соор}$, $\rho_{жб}$ - плотность материала сооружения и железобетонного основания; R , r - внешний и внутренний радиус поперечного сечения сооружения; L - длина сооружения; δ - деформация сооружения, получаемая в результате взаимодействия; E - модуль упругости материала сооружения; F - площадь поперечного сечения сооружения. В этой формуле скорость смещения сооружения \dot{u} и деформация δ были измерены непосредственно из экспериментов, а остальные получены из разных таблиц. Так как, численные значения деформаций сооружения, возникающие при сейсмозрывных воздействиях, очень малы $(1,23 \div 1,45) \cdot 10^{-6}$ мм. и поэтому потенциальную энергию в последней формуле можно пренебречь. Исходя, из этого соображения можно писать:

$$E_{ксоор} = \frac{1}{2} M_c \dot{u}^2 + \frac{1}{2} M_{жб} \dot{u}^2 = \frac{1}{2} \pi \rho (R^2 - r^2) L \dot{u}^2 \quad (7)$$

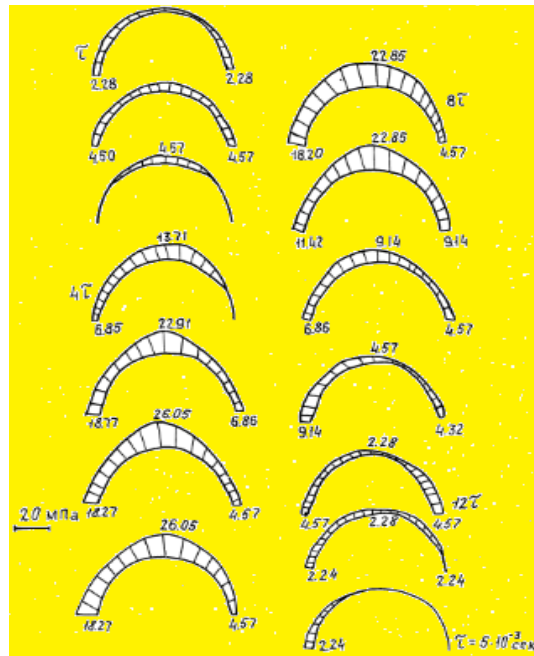
Такое было наблюдено, также при колебаниях цилиндрического подземного сооружения замкнутого типа. Здесь как при цилиндрических сооружениях энергия колебаний рассеивается в большой степени вследствие внутреннего трения при деформации прилегающего грунта, а также вследствие излучения. Колебания грунтовой среды и подземного сооружения во время их совместного колебания усложняется. При совместных колебаниях грунта и сооружения такой конструкции при их взаимодействии под действием сейсмозрывной волны к конструктивной системе сооружение - фундамент «приклепаются», также, грунт с некоторой толщины. Такую присоединённую массу вокруг конструктивной системы сооружения прогнозировать весьма трудно. Силы инерции массивной конструктивной системы подземного сооружения, из-за асинхронности движения, в свою очередь, вызывает изменения колебания прилегающего к сооружению грунта, вследствие чего происходит взаимовоздействия сооружения к среде. Несомненно, окончательное решение этого вопроса могло бы быть получено путём наблюдения движения среды, непосредственно находящиеся в контакте с сооружением. Опыт в районе подземного цилиндрического сооружения открытого профиля подобной постановкой, не был осуществлен и этот вопрос в этом случае остается дискуссионным. Кроме этого, имеемся затухание колебания сооружения в обычном понимании, т.е. рассеивание энергии за счет внутреннего трения в самом теле сооружения при деформации (рис.6 и рис.7). При столь сложной картине колебательного процесса величины затухания, естественно, бывают неустойчивыми. На поведение подземного сооружения весьма большое влияние оказывают спектральные характеристики самовозбуждения грунтовой среды, окружающей его.

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
ISI (Dubai, UAE) = 0.829
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
ПИИЦ (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 8.716
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350



Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

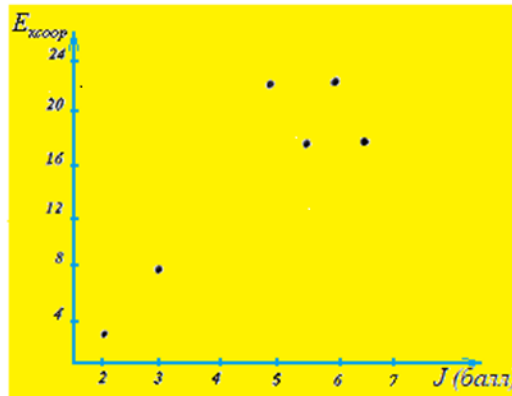


Рис.7. Зависимость энергии, получаемая сооружением при взаимодействиях с грунтом от интенсивности при сейсмозрывных воздействиях.

Вместе с вынужденными колебаниями, соответствующими характеру возмущающих сейсмических (взрывных) сил, в сооружении возникают собственные колебания, зависящие от его формы, геометрических размеров и физических свойств строительных материалов. Наложение этих движений вызывает в сооружении динамические усилия, которые могут стать даже угрожающими для прочности и целостности сооружения.

Опасность разрушения сильно увеличивается, когда период колебаний грунта становится близким к периоду собственных колебаний грунта зданий и сооружений. Т.е. при этом большое

значение имеет знание о периодах собственных колебаний зданий и сооружений. На рис.8 приведена зависимость коэффициента редуцирования η от интенсивности сейсмозрывного колебания грунтовой среды. Отсюда видно, что с увеличением интенсивности коэффициент η незначительно убывает. С увеличением интенсивности колебания при действии подземных взрывов, общее количество кинетической энергии, получаемой подземным, увеличивается, по соотношению (η) уменьшается.

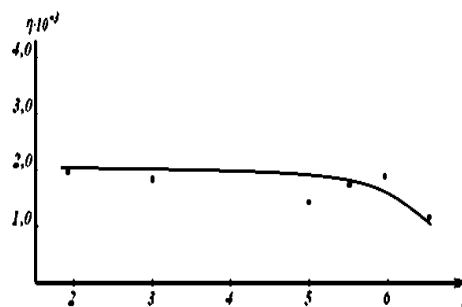


Рис.8. Зависимость коэффициента редуцирования η от интенсивности сейсмозрывного колебания грунтовой среды.

Сравнивая данный график с графиком, приведенный на рис 8, не трудно заметить, что в этом случае энергетическая напряженность сооружения закрытого профиля. Это можно объяснить с увеличением числа элементов конструктивной динамической системы «среда-сооружения-фундамент», что приводит уменьшению удельной энергии в конструкциях данной системы.

Выводы.

Общие кинематические и динамические признаки сейсмозрывных волн и параметры

процесса взаимодействия и перемещения грунтовой среды, установление которых возможно на основе данной методики исследований, позволяют установить корреляционные связи процесса взаимодействия и перемещения сред при сейсмозрывных воздействиях с параметрами сейсмозрывных волн. Экспериментальные методы исследования до сих пор остаётся основным научным источником доброкачественной информации о сеймонапряженном состоянии подземных сооружений. Судя по научной периодике, исследовательскими коллективами накоплен немалый экспериментальный материал. В

Impact Factor:

ISRA (India)	= 4.971	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 0.829	ПИИЦ (Russia)	= 0.126	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.716	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 5.667	OAJI (USA)	= 0.350

настоящее время актуальной задачей экспериментаторов является создание общедоступных баз данных на основе его систематизации и обобщения материалов.

References:

1. Sadovskiy, M.A. (1920). Osenka seysmicheski opasnix zon pri vzrivax. *Trudi seysmologicheskogo instituta AN SSSR*, № 106, pp. 6-16.
2. Sadovskiy, M.A., & Kostyuchenko, V.N. (1974). O seysmicheskom deystvii podzemnix vzrivov. *Dokladi Akademii nauk SSSR*. T. 215. № 5, pp. 1097-1100.
3. Lyaxov, G.M., & Polyakova, N.I. (1967). *Volni v plotnix sredax i nagruzki na sooruzeniya*. (p.232). Moscow: Nedra.
4. Lyaxov, G.M. (1974). *Osnovi dinamiki vzrivnix voln v gruntax i gornix porodax*. (p.192). Moscow: Nedra.
5. Adushkin, V.V., & Spivak, A.A. (1993). *Geomexanika krupnix vzrivov*. (p.319). Moscow: Nedra.
6. Rodionov, V.N., Adushkin, V.V., Kostyuchenko, V.N., Nikolaevskiy, V.N., Romashov, A.N., & Svetkov, V.M. (1971). *Mexanicheskiy effekt podzemnogo vzriva*. (p.224). Moscow: Nedra.
7. Kutuzov, B.N. (2009). *Bezopasnost vzrivnix работ v gornom dele i promishlennosti*. (p.670). Moscow: Gornaya kniga.
8. Medvedev, S.V. (1964). *Seysmika gornix vzrivov*. (p.188). Moscow: Nedra.
9. Ekvist, B.V., & Bragin, P.A. (2009). *Osenka seysmicheskogo vozdeystviya ot vzrivnix работ na okrujayushuyu sredu i ohranyaemie ob'ekti: Uchebnoe posobie dlya vuzov*. (p.60). Moscow: MGGU.
10. Gospodarikov, A.P., & Goroxov, H.L. (2011). Dinamicheskiy raschet truboprovodov na seysmicheskie vozdeystviya. *Zapiski Gornogo instituta*, T. 193, pp. 318-321.
11. Safarov, I. I., Teshayev, M. Kh., Nuriddinov, B. Z., & Boltayev, Z. I. (2017). Of Own and Forced Vibrations of Dissipative Inhomogeneous Mechanical Systems. *Applied Mathematics*, 8, 1001-1015.
12. Safarov, I.I., Akhmedov, M.Sh., & Boltaev, Z.I. (2015). Setting the Linear Oscillations of Structural Heterogeneity. Viscoelastic Lamellar Systems with Point Relations. *Applied Mathematics*, 6, 225-234. <https://doi.org/10.4236/am.2015.62022>