

## Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117  
ISI (Dubai, UAE) = 0.829  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
PIHHI (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: 2019 Issue: 09 Volume: 77

Published: 09.09.2019 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



**Nasriddin Urinovich Kuldoshev**

Tashkent Institute of Chemistry and Technology,

Senior Lecturer to Department of Technology Engineering, docent, Uzbekistan,

**Nurillo Raximovich Kulmurov**

Navoi State Mining Institute,

Senior Lecturer to Department of Technology Engineering, Uzbekistan

[nurillo.Kulmurov.64@mail.ru](mailto:nurillo.Kulmurov.64@mail.ru)

**Matlab Raxmatovich Ishmatov**

Navoi State Mining Institute,

Senior Lecturer to Department of Technology Engineering, docent, Uzbekistan

[matkab1962@mail.ru](mailto:matkab1962@mail.ru)

**Bahodir Sobirovich Rakhmanov**

Urgench State University,

Senior Lecturer to Department of Technology Engineering, Uzbekistan

**Nasriddin Bahodirovich Axmedov**

Navoi State Mining Institute,

Senior Lecturer to Department of Technology Engineering, Uzbekistan

## NATURAL EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE BEHAVIOR OF UNDERGROUND ENCLOSED CONSTRUCTIONS EXPOSED TO SEISMIC EXPLOSIVES. PART1. METHOD OF EXPERIMENTAL STUDIES OF DYNAMIC BEHAVIOR OF UNDERGROUND PIPELINE DESIGNS UNDER THE INFLUENCE OF SEISMIC EXPLOSION WAVES

**Abstract:** The paper presents the results of full-scale experimental studies on the pattern of propagation of seismic blast waves in the soil and the behavior of the underground cylindrical thin-walled shell under seismic effects of underground instantaneous explosions. It was established that the rise time of the maximum of the underground structure in the waveform does not correspond in value with the time of the rise of the maximum of the soil environment surrounding the underground structure. From the above it follows that, with moderate attenuation, the logarithmic decrement is the ratio of the energy scattered in one cycle to the doubled maximum potential energy of the cycle. The results obtained are important in engineering analysis and prediction of the behavior of underground thin-walled structures.

**Key words:** wave fields, explosion, underground pipelines, deformation, thin-walled shell, soil, strain gauge, structures.

**Language:** Russian

**Citation:** Kuldoshev, N. U., Kulmurov, N. R., Ishmatov, M. R., Rakhmanov, B. S., & Axmedov, N. B. (2019). Natural experimental research of the behavior of underground enclosed constructions exposed to seismic explosives. Part1. Method of experimental studies of dynamic behavior of underground pipeline designs under the influence of seismic explosion waves. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 09 (77), 1-6.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-09-77-1> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2019.09.77.1>

## Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117	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

Scopus ASCC: 2211.

### НАТУРНО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ОБОЛОЧЕЧНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СЕЙСМОВЗРЫВНЫХ ВОЛН. ЧАСТЬ 1. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СЕЙСМОВЗРЫВНЫХ ВОЛН

**Аннотация:** В работе приведены результаты натуральных экспериментальных исследований по изучению картины распространения сейсмозрывных волн в грунтовой среде и поведения подземного цилиндрического тонкостенной оболочки, при сейсмических воздействиях подземных мгновенных взрывов. Установлено, что время нарастания максимума подземного сооружения в осциллограмме по значению не соответствует с временем нарастания максимума грунтовой среды, окружающего подземного сооружения. Из выше указанных вытекает, что при умеренном затухании логарифмический декремент есть отношение энергии, рассеянной за один цикл, к удвоенной максимальной потенциальной энергии цикла. Полученные результаты имеют важное значения при инженерном анализе и прогнозировании поведения подземных тонкостенных конструкций.

**Ключевые слова:** волновых полей, взрыв, подземные трубопроводы, деформация, тонкостенная оболочка, грунт, тензометр, сооружения.

#### Введение.

Задача определения волновых полей в грунте от взрыва и их взаимодействия с подземными трубопроводами является актуальной проблемой, тесно связанной с обеспечением безопасности. Решение этой задачи требует рассмотрения совместного деформационного движения трубопровода и окружающего грунта. Важное значения имеют условия контактное взаимодействие тонкостенной оболочки и окружающего грунта.

Параметры взаимодействия оболочечных сооружений с грунтом, а также поведение подземных конструкция и её окружающего грунта, при воздействии сейсмозрывных волн определяются в основном экспериментальным путем [7,10,12]. Чтобы применять теоретические методик к расчету конкретных подземных конструкций, используемых в строительстве, необходимо провести их экспериментальную проверку [7,10]. Такие эксперименты можно разделить на три группы. К первой группе следует отнести исследования, состоящие в наблюдениях за действующими или опытными сооружениями при слабых землетрясениях и микросейсмиках. Данные о разрушениях подземных сооружений или их элементов во время землетрясений служат ценным источником информации для выявления наиболее уязвимых мест и типичных повреждений, учета влияния различных факторов на сейсмостойкость сооружений фактические данные систематизированные в [7,10], позволили сделать вывод о том, что практически при каждом сильном землетрясении подземные сооружения оказывались поврежденными в большей или меньшей степени. Эти данные опровергают распространенное до недавнего времени мнение о малой опасности сейсмических воздействий для подземных сооружений

Во второй группе исследования воздействия взрывных воздействий на опытные сооружения различных геометрических очертаний и размеров, из разнообразных материалов, проложенных на неодинаковых глубинах в различных грунтовых условиях. Ряд натуральных наблюдений, выполненных во время производства взрывных работ [1,3,4,5,6,8], подтверждает необходимость серьезного отношения к учету сейсмозрывных воздействий на подземные выработки. В третьей группе могут быть отнесены исследования поведения опытных подземных сооружений и моделей на ударные воздействия, вибронагрузки в полигонных и лабораторных условиях (виброплощадка, ударные стенды, центрифуги и т.д.) [10,12].

На основании результатов анализа материалов натуральных и лабораторных исследовательских работ, позволяли сформулировать некоторые основные принципы проектирования подземных сооружений в сейсмических районах. Эти принципы сводятся к равномерному распределению сейсмических нагрузок, что достигается симметричностью конструкции, к требованию снижения величины инерционных нагрузок, облегчению собственного веса и снижению жесткости элементов отделки, и к применению крупноразмерных сборных элементов, изготовленных из материалов, хорошо воспринимающих пластические и упругие деформации. Эти принципы при проектировании подземных гидротехнических и мелко заглублённых сооружениях справедливы далеко не всегда. А также учет отрожных и дифрагированных волн и их влиянию на динамического взаимодействие сооружений – грунт также было открыто. Поэтому проведение крупномасштабные экспериментальные

## Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117  
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

исследования фрагментов подземных трубопроводных конструкций была необходимо.

### Методика экспериментальных исследований динамического поведения подземных трубопроводных конструкций при воздействии сейсмозрывных волн.

Крупномасштабные экспериментальные исследования проведен для фрагментов подземных цилиндрических оболочек при произведенных взрывах различной мощности на различных расстояниях от сооружения (рис.1). Для исследования подземных сооружений типа цилиндрических оболочек открытого ( $L=6.0$ ;  $R_H=0,5$  м.,  $\delta=0.016$  м) и закрытого ( $L=6.0$ ;  $D_H=0.72$  м,  $\delta=0.008$  м) профиля были использованы стальные тонкостенные средней толщины образцы.

Схемы размещения приборов приведены на рис.2. Сейсмоприёмники для фиксации колебаний системы «грунт-сооружение» устанавливались (закреплялись) непосредственно на бетонное основание без специального крепления, так как измерялись лишь небольшие колебания.

Для максимального описания физической природы взаимодействия при экспериментах на ряду с сейсмометрическими наблюдениями

одновременно осуществлялись и тензометрические наблюдения. Схема расположения тензоэлементов и датчиков давлений на цилиндрических образцах открытого и закрытого профилей приведено на рис.3.

Подготовка места и укладка образцов производилась в соответствии нормативных документов для укладки аналогичных сооружений, применяемых в сетевых подземных сооружениях, в условиях высокосейсмичных регионов.

Получены записи продольных, поперечных и вертикальных перемещений цилиндрического сооружения (трубы) в точках 1 и 2, а в точке 3- продольное перемещение, скорость и ускорение. Для измерения перемещения грунта сейсмоприёмники были установлены непосредственно над цилиндром сооружения (трубы) на глубине  $H=1,0$  м. от поверхности земли. Цилиндрическое тонкостенное сооружение было уложено на глубине  $H=5,0$  м. с послойным уплотнением грунта. В опытах давление грунта ( $\delta_x$ ) на сооружение в продольном направлении измерялось с помощью датчиков давления мембранного типа в точке 4 на торцевом сечении сооружения.

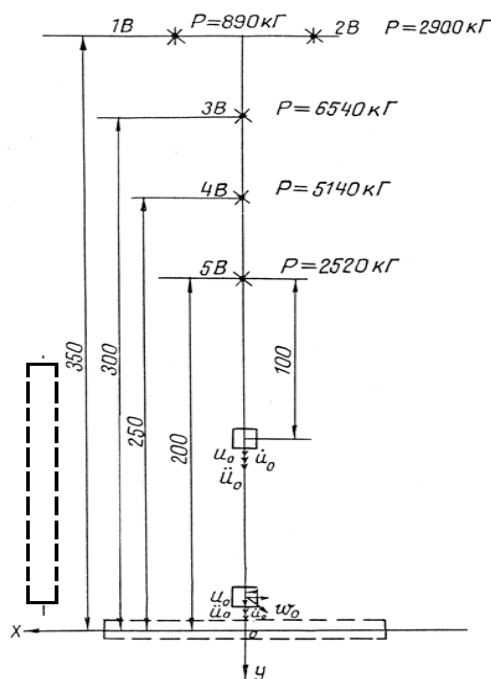


Рис.1.Схема расположения испытываемых сооружений на экспериментальной площадке относительно точек взрывов.

Методика экспериментальных исследований динамического НДС подземных тонкостенных сооружений при сейсмозрывных воздействиях приведены в [10].

Пуск осциллографов осуществлялся с помощью специальных пусковых устройств, обеспечивающей одновременный пуск всех осциллографов и производство взрыва, а также автоматическую остановку после затухания

## Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117  
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

колебательного процесса. Исходя из-за возможности, примененной при земляных (землеройных) работах, образцы были уложены на глубину от поверхности земли от 2,5 м до 5,0 м. затем в траншее были установлены и

проверены на чувствительность и работоспособность сейсмоприёмники, датчики и тензоэлементы с компенсационных элементов, которые позволили замкнуть систему для измерения действия сейсмозрывных волн.

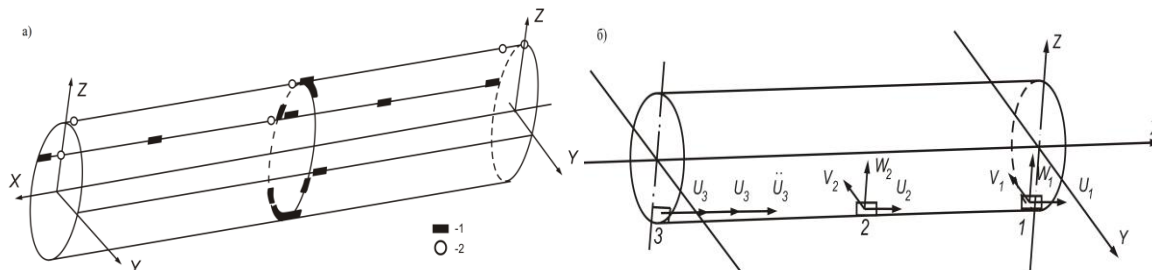


Рис.2. Схема расположения тензоэлементов и датчиков давлений (а), также сейсмоприёмников (б) на цилиндрическом образце: 1-тензоэлементы для измерения кольцевых и продольных деформаций; 2- датчики давлений.

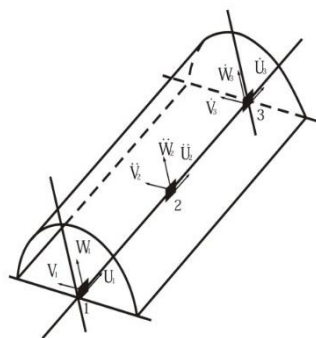


Рис.3. Схема расположения тензоэлементов на цилиндрическом стальном образце открытого профиля.

После снятия всех необходимых характеристик тензометрических и сейсмометрических каналов производилась засыпка траншеи в начальном этапе вручную толщиной 0,2-0,4 м, каждый раз с уплотнением пазухи, далее засыпка траншеи производилась (после 3,0 м. ручной засыпки) бульдозером, после засыпки проведена планировка нулевой отметки данных объектов.

Спектры колебаний грунта и подземного сооружения, возбуждаемых с помощью подземных взрывов, отличаются от спектров колебаний естественных тектонических землетрясений. В них преобладают высокие частоты. Амплитуда колебаний, как правило, не превышают нескольких миллиметров. Поэтому для записи таких колебаний были применены высокочастотные сейсмометры, соответствующая аппаратура с широким диапазоном АЧХ.

На исследуемых объектах (сооружениях) и прилегающих к ним участках грунтовой среды были измерены перемещения  $u_i, v_i, w_i$ , скоростей  $\dot{u}_i, \dot{v}_i, \dot{w}_i$  и ускорений  $\ddot{u}_i, \ddot{v}_i, \ddot{w}_i$ , по направлениям  $ox, oy, oz$  (рис.3).

Колебания грунта при взрывах регистрировались на двух пунктах: №1 (контрольная точка) и №2 (основной пункт наблюдения) расстояние между которыми равно 100 м. На пункте №1 (контр. точка) за фиксировались перемещение ( $u$ ) в продольном направлении, скорость смещения ( $\dot{u}$ ) и ускорение колебания ( $\ddot{u}$ ) также в продольном направлении. На пункте №2 (основной пункт наблюдения) зафиксировались также перемещения в трех взаимно перпендикулярных направлениях ( $u, v, w$ ), скорость смещения ( $\dot{u}$ ) и ускорение ( $\ddot{u}$ ) в продольном направлении.

Все поступающие сигналы от сейсмических каналов были зафиксированы на светолучевых осциллографах. Гальванометры были перегашены благодаря применению мощных постоянных магнитов в осциллографах.

Поскольку возбуждаемые в индукционной катушке э.д.с пропорциональны скоростям движения маятника сейсмоприёмника, отклонения рамки пере успокоенного гальванометра пропорциональны перемещениям

## Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117  
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

основания сейсмоприёмника. Для учета искажений, вносимых приборами в запись переходных процессов, соответствующие поправки были определены экспериментальным путём, и учтены при обработке полученных данных.

С целью исследования распространения сейсмических волн в зоне изучаемых сооружений были установлены датчики напряжений ( $\delta_A$  и  $\delta_B$ ) в грунте на расстояниях 40 м. (точка А), 20 м. (точка В) от исследуемого объекта. Эти ДД были установлены на одном уровне с глубиной заложения исследуемого сооружения от поверхности земли.

При взрывах в качестве ВВ применяли заряды граммнит 79/21, которые во всех случаях инициировались детонирующим шнуром и электродетонатором мгновенного действия.

Момент взрыва подавался на один из осциллографов путём разрыва петли, которой оборачивался детонатор. Глубина заложения зарядов ВВ  $h=10,5 \div 22,5$  м, в одном случае на глубине 36,0 м, с различными комбинациями расположения скважин. Согласно методу зондирования взрывных и сейсмических волн с учетом специфики исследуемого объекта была проведена серия мощных взрывов.

В общей сложности было проведено 20 взрывов весом от 420 кг до 6540 кг. Взрывы производились на расстоянии от 150 м. до 350 м. от исследуемых объектов. Кроме тех, производились пристрелочные взрывы весом до 142 кг для создания камер в грунтах.

При разделении на диапазон по расстоянию при подземном взрыве единственной оправданной границей можно считать переход от неупругих колебаний к упругим. Но упругая зона является очаговой зоной, откуда фактически начинаются сейсмические (упругие) колебания. Поэтому перед экспериментом по существующим методом были определены размеры упругой зоны и заряды ВВ устанавливались на таких расстояниях, чтобы в пунктах наблюдения фиксировались только упругие колебания.

Экспериментальных исследованиях при сейсмометрических измерениях в основном применяется так называемый метод затухающих колебаний, который является более удобным для сейсмометров, имеющих магнитные шунты. Здесь коэффициенты электромагнитного затухания катушек сейсмометра и гальванометра определяется из записей слабозатухающих колебаний. Последовательность технологии тарировки и обработки экспериментально полученных данных по методу затухающих колебаний примерно такова:

I. Собирая электрическую цепь по соответствующей схеме, приведенной в [11], производились запись свободного колебания

сейсмоприёмников, откуда и определялись постоянные сейсмоприёмников:  $T_s, a_{sd}, a_{sg}$ .

II. а) Для определения собственных колебаний гальванометра  $T_g$  его начального затухания были собраны электрическая схема по руководству [3], производя запись определялись вышесказанные параметры.

б) на основе [11] были собраны электрическая схема и определялись токовая постоянная  $P_g$  рамки гальванометра, а также производится расчет момента инерции  $K_g$  рамки гальванометра.

III. По соответствующим формулам [11] производились расчеты амплитудно и фаза частотных характеристики коэффициенты (кривые) увеличения смещений.

IV. Наконец с помощью выше найденных параметров экспериментально полученные данные с использованием и цифровой записи производилось по составленной программе.

Для измерения падающей нагрузки на сооружениях и прилегающих к ним участках грунта были установлены датчики давления. Датчики давления грунта на сооружение  $P_i$  толщиной мембраны  $(1 \div 4) \cdot 10^{-2}$  м, с радиусом  $22 \cdot 10^{-2}$  и тензоэлементы типа 2ФПКА-20, фиксирующие продольные  $E_{ix}$  и кольцевые  $E_{iy}$  деформации, схема расположения которых приведена на рис.3.

Для обеспечения стабильности характеристик, наклеенных тензорезисторов в качестве герметизирующей среды использован клей БФ-2. Продольные деформации подземного сооружения замкнутого профиля фиксировались 8, а кольцевые 4 тензодатчиками.

Для измерения продольных деформаций подземного цилиндрического сооружения открытого профиля были наклеены 5 тензоэлементов, а для кольцевых - 4 тензоэлемента. После укладки образцов с помощью эпоксидного клея были установлены датчики давления (ДД) грунта на подземные сооружения. Давление грунта на сооружение при дальних расстояниях от места взрыва до исследуемого объекта измерялось ДД с толщиной мембраны  $(1 \div 2) \cdot 10^{-3}$  м., а при близких  $(2 \div 4) \cdot 10^{-3}$  м.

На подземное цилиндрическое сооружение замкнутого профиля установлены 6 ДД. Из них 2 для измерения боковых, 3 - вертикальных и 1 - для измерения торцевого давления на подземное цилиндрическое сооружение открытого профиля установлены 4 ДД, из них 2 для измерения боковых и 2 вертикальных давлений.

После снятия всех необходимых характеристик тензометрических каналов производилась засыпка траншей вручную толщиной слоя около 0,5 (0,7) м. с уплотнением пазухи.

<b>Impact Factor:</b>	<b>ISRA (India) = 3.117</b>	<b>SIS (USA) = 0.912</b>	<b>ICV (Poland) = 6.630</b>
	<b>ISI (Dubai, UAE) = 0.829</b>	<b>PIHHI (Russia) = 0.126</b>	<b>PIF (India) = 1.940</b>
	<b>GIF (Australia) = 0.564</b>	<b>ESJI (KZ) = 8.716</b>	<b>IBI (India) = 4.260</b>
	<b>JIF = 1.500</b>	<b>SJIF (Morocco) = 5.667</b>	<b>OAJI (USA) = 0.350</b>

## References:

1. Panovko, Y. G. (1967). *Osnovi prikladnoy teorii uprugix kolebaniy.* (p.316). Moscow: Mashinostroyeniye.
2. Rjanisin, A. R. (1968). *Teoriya polzuchesti.* (p.415). Moscow: Stroyizdat.
3. Osetinskiy, Y. V. (1967). K voprosu o kombinatsionnom parametricheskom rezonanse v uprugix sistemax. *Prikladnaya mexanika, AN USSR, 1967, 3(18), 113-118.*
4. Koltunov, M. A. (1976). *Polzuchest i relaksasiya.* (p.277). Moscow: Visshaya skola.
5. (1981). *Vibrasii v texnike: Spravochnik: V 6 t. Zashita ot vibrasii i udarov.* Pod red. K.V. Frolova (Eds.). (p.456). Moscow: Mashinostroyeniye.
6. Tokarev, M. F., Taliskiy, Y. N., & Frolov, V. A. (1984). *Mexanicheskiye vozdeystviya i zashita radioelektronnoy apparatury: Ucheb. posobiye dlya vuzov /* Pod red. V.A. Frolova (Eds.). (p.224). Moscow: Radio i svyaz.
7. Nashif, A., Djouns, D., & Xenderson, Dj. (1988). *Dempfirovaniye kolebaniy: Per. s angl.* (p.448). Moscow: Mir.
8. Ilinskiy, V. S. (1982). *Zashita REA i prezionnogo oborudovaniya ot dinamicheskix vozdeystviy.* (p.296). Moscow: Radio i svyaz.
9. Safarov, I. I., Teshayev, M. N., Majidov, M. (2014). *Dempfirovaniye kolebaniy mexanicheskix sistem.* (p.97). LAPLAMBERT Academic Publishing.
10. Safarov, I. I. (1992). *Kolebaniya i volni v dissipativno neodnorodnix sredax i konstruksiyax.* (p.252). Tashkent: Fan.
11. Osetinskiy, Y. V. (1967). K voprosu o kombinatsionnom parametricheskom rezonanse v uprugix sistemax. *Prikladnaya mexanika, AN USSR, 1967, 3(18), 113-118.*
12. Koltunov, M. A. (1976). *Polzuchest i relaksasiya.* (p.277). Moscow: Visshaya skola.