



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013118793/12, 24.04.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.04.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.04.2013

(45) Опубликовано: 27.09.2013 Бюл. № 27

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для Витушкина
В.В. (ФН-3)

(72) Автор(ы):

Дубинин Владимир Валентинович (RU),
Витушкин Вячеслав Валентинович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ
им. Н.Э. Баумана) (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ С ИНЕРЦИОННЫМ ВОЗМУЩЕНИЕМ

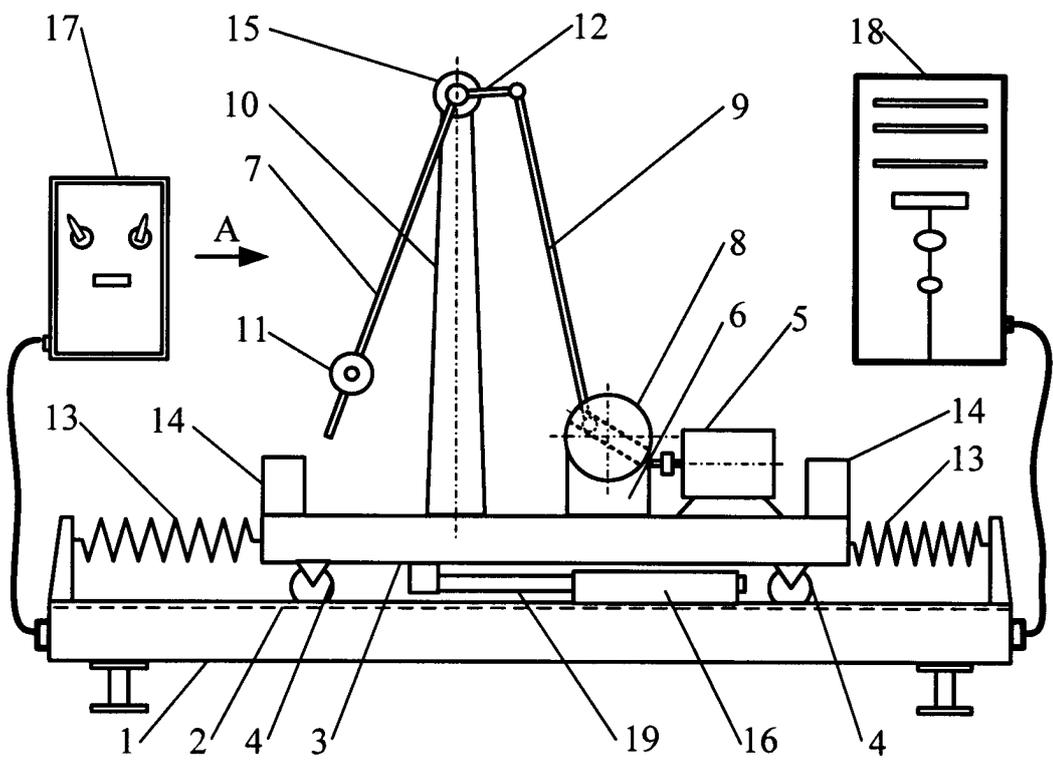
Формула полезной модели

1. Устройство для демонстрации и исследования вынужденных колебаний с инерционным возмущением, содержащее основание с направляющими, на котором установлены каретка, подпружиненная пружинами растяжения относительно основания и закрепленная с возможностью перемещения по направляющим, и механизм возбуждения колебаний каретки, включающий последовательно соединенные электродвигатель, редуктор и шарнирный механизм со штоком, при этом оно снабжено блоком электропитания и регистраторами положения привода и каретки, отличающееся тем, что механизм возбуждения колебаний закреплен на каретке и снабжен стойкой и маятником, установленным шарнирно на стойке и соединенным со штоком, а регистраторы выполнены в виде датчиков сигналов, пропорциональных угловым отклонениям маятника и продольным перемещениям каретки, при этом устройство снабжено блоком записи и обработки сигналов датчиков, электрически связанным с датчиками.

2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что датчик угловых отклонений маятника выполнен в виде потенциометра, а датчик продольных перемещений каретки - в виде ферромагнитного стержня, закрепленного на каретке, и индуктивной катушки, концентрично с зазором установленной на ферромагнитном стержне и неподвижно закрепленной на основании.

3. Устройство по п.1, отличающееся тем, что в качестве блока записи и обработки сигналов датчиков применен персональный компьютер.

RU 132914 U1



RU 132914 U1

Область техники

Полезная модель относится к учебно-исследовательскому оборудованию по теоретической механике и может быть использовано в высших технических учебных заведениях при изучении теории колебаний механической системы с инерционным возмущением.

Уровень техники

Известно устройство для демонстрации и исследования колебательных движений, содержащее основание с направляющими, на котором установлены каретка, подпружиненная пружинами растяжения относительно основания и закрепленная с возможностью перемещения по направляющим, и механизм возбуждения колебаний каретки, включающий последовательно соединенные электродвигатель, редуктор и шарнирный механизм со штоком, при этом оно снабжено блоком электропитания и регистраторами положения привода и каретки (см. Авторское свидетельство СССР №957250, кл. G09B 23/06, 1980 г.).

Недостатки этого устройства заключаются в следующем.

В нем механизм возбуждения колебаний неподвижно закреплен на основании, при этом в процессе колебаний каретки регистрируются только нулевые, начальные положения каретки и ведущего звена механизма возбуждения колебаний, но не производится запись самого процесса колебаний, что позволяет определять лишь запаздывание колебаний от вынуждающего воздействия по фазе. Вынужденные колебания в данном устройстве создаются путем воздействия на свободный конец одной из пружин, соединенных с кареткой, т.е. силой упругой деформации пружины, поэтому оно не позволяет демонстрировать и исследовать процессы колебаний механической системы при их инерционном возбуждении, когда колебания вызывают силы инерции системы.

2 Приложение №2

Раскрытие полезной модели

Задачей полезной модели является существенное расширение эксплуатационных характеристик устройства для демонстрации и исследования вынужденных колебаний путем обеспечения исследований колебаний при инерционном возмущении, а также повышение точности и информативности получаемых характеристик колебаний, в том числе в результате построения амплитудно-частотных (АЧХ) и фазочастотных (ФЧХ) характеристик механической системы.

Задача данной полезной модели достигается тем, что устройство для демонстрации и исследования вынужденных колебаний с инерционным возмущением, содержит основание с направляющими, на котором установлены каретка, подпружиненная пружинами растяжения относительно основания и закрепленная с возможностью перемещения по направляющим, и механизм возбуждения колебаний каретки, включающий последовательно соединенные электродвигатель, редуктор и шарнирный механизм со штоком, при этом оно снабжено блоком электропитания и регистраторами положения привода и каретки, отличающееся тем, что механизм возбуждения колебаний закреплен на каретке и снабжен стойкой и маятником, установленным шарнирно на стойке и соединенным со штоком, а регистраторы выполнены в виде датчиков сигналов, пропорциональных угловым отклонениям маятника и продольным перемещениям каретки, при этом устройство снабжено блоком записи и обработки сигналов датчиков, электрически связанным с датчиками.

Кроме того, датчик угловых отклонений маятника выполнен в виде потенциометра, датчик продольных перемещений каретки - в виде ферромагнитного стержня,

закрепленного на каретке, и индуктивной катушки, концентрично с зазором установленной на ферромагнитном стержне и неподвижно закрепленной на основании, а в качестве блока записи и обработки сигналов датчиков применен персональный компьютер.

5 Перечень фигур

На фиг.1-2 представлен общий вид устройства.

На фиг.3 показан вид графика линейных затухающих колебаний.

На фиг.4 приведена типичная АЧХ ($\lambda=\lambda(z)$) механической системы.

2а

10 На фиг.6 приведена типичная ФЧХ ($|\gamma| = \gamma(z)$) механической системы.

Осуществление полезной модели

Схема устройства приведена на фиг.1-2 (здесь блок электропитания и блок записи и обработки сигналов датчиков показаны условно на фиг.1 и не показаны на фиг.2).

15 Устройство содержит основание 1 с направляющими 2, в которых с возможностью продольного перемещения установлена каретка 3 с колесами 4. На каретке установлен механизм возбуждения ее колебаний, состоящий из электродвигателя 5, редуктора 6, маятника 7 и шарнирного механизма, включающего закрепленный на выходном валу редуктора кривошип 8 с регулируемым эксцентриситетом и шток 9. Маятник шарнирно
20 установлен на стойке 10, закрепленной на основании, и снабжен грузом 11 и рычагом 12, шарнирно соединенным со штоком 9, при этом груз может закрепляться на стержне маятника на различных расстояниях от его оси поворота. Каретка соединена с
25 основанием пружинами 13 и на ней установлены также дополнительные сменные грузы 14. Следует отметить, что в нейтральном положении каретки пружины 13 находятся в предварительно натянутом состоянии, чтобы при перемещениях каретки не происходило их ослабление. Устройство снабжено датчиком 15 угла поворота маятника, датчиком
30 16 продольных перемещений каретки, блоком 17 электропитания электродвигателя и датчиков и блоком 18 записи и обработки сигналов датчиков, электрически связанным с ними. При этом датчик 15 выполнен в виде потенциометра - резистора, установленного на оси маятника, а датчик 16 - в виде индукционной катушки, установленной на
35 основании 1, и ферромагнитного стержня 19, закрепленного на каретке и установленного с зазором в центральной отверствии катушки.

Сменные пружины 13 и грузы 14 позволяют изменять жесткостные и инерционные свойства системы и получать и исследовать различные ее АЧХ и ФЧХ.

35 Работает данное устройство следующим образом.

Вначале при включении блока 17 электропитание подводится к датчику 16 перемещений каретки, при этом двигатель 5 остается выключенным и маятник 7-
неподвижным. Затем рукой перемещают каретку по направляющим основания 1 от ее
40 нейтрального положения - положения равновесия на заданную величину, растягивая при этом одну из пружин 13, и после этого отпускают каретку, например, без начальной скорости. В результате каретка вместе со всеми деталями, установленными на ней,
приходит в свободное поступательное колебательное движение по направляющим, при этом сигнал датчика 16 поступает в блок 18, в котором с помощью соответствующего
45 программного обеспечения обрабатывается, записывается, демонстрируется визуально и поступает на печать, в том числе, например, и в реальном времени. Затухание колебаний происходит вследствие сопротивления движению сил трения в окружающей среде и в колесах 4.

Типичный вид графика линейных затухающих колебаний показан на фиг.3. Здесь: х - координата отклонения каретки от положения равновесия,

A_i и A_{i+1} - значения двух соседних максимумов этого отклонения,

t - время колебаний,

t_i и t_{i+1} - моменты времени, соответствующие соседним максимумам отклонений

каретки,

T_1 - условный период свободных затухающих колебаний каретки.

По данным записи этого графика определяется условный период T_1 затухающих колебаний каретки и вычисляются основные параметры этих колебаний по следующим формулам:

$$\omega_1 = 2\pi/T_1; \eta = \ln \frac{A_i}{A_{i+1}}; n = \frac{\eta}{T_1}; \omega = \sqrt{\omega_1^2 + n^2}; Q = \frac{\omega}{2n},$$

где ω_1 - круговая частота затухающих колебаний;

η - логарифмический декремент колебаний;

n - коэффициент затухания колебаний (обобщенный коэффициент сопротивления);

ω - частота собственных колебаний каретки без сопротивления

Q - добротность системы.

По полученным таким образом параметрам определяются расчетные (теоретические) АЧХ и ФЧХ системы для случая инерционного возбуждения колебаний по следующим соотношениям:

$$\lambda = \frac{mz^2}{(M+m)\sqrt{(1-z^2)^2 + z^2/Q^2}}; \gamma = \arctg\left(\frac{z/Q}{1-z^2}\right)$$

где m - масса маятника, принимаемая равной массе груза 11 (см. фиг.1);

M - масса каретки;

λ - коэффициент динамичности;

$z=p/\omega$ - коэффициент расстройки;

p - частота вынужденных колебаний системы;

$\gamma=\psi_B-\psi$ - запаздывание колебаний по фазе, т.е. разность фаз между фазой возмущения

- ψ_B и фазой вынужденных колебаний - ψ .

Здесь следует отметить, что возможен более точный учет распределения масс маятника, совершающего плоское движение. Например, можно отдельно учитывать массу стержня маятника, считая его однородным стержнем.

В качестве примера типичные АЧХ ($\lambda=\lambda(z)$) и ФЧХ ($|\gamma|=\gamma(z)$) при инерционном возбуждении колебаний приведены на фиг.4 и 5, соответственно.

Затем включают двигатель 5 (см. фиг.1,2) и посредством редуктора 6, кривошипа 8 и штока 9 приводят через рычаг 12 в колебательное движение маятник 7 (вращение маятника вокруг оси его крепления на стойке 10). Причем это движение маятника вследствие значительной длины штока 9 происходит по закону, близкому к гармоническому:

$$\varphi=\varphi_0\sin(pt+\beta)$$

где φ - угол отклонения маятника от вертикального (нулевого) положения,

φ_0 - амплитуда отклонения маятника,

β - начальная фаза колебаний маятника.

При относительно малых значениях угла отклонения маятника от нулевого положения можно в рамках линеаризованной модели движения пренебречь его

смещениями по вертикали и считать его перемещения горизонтальными и равными:

$$x_M = l\varphi_0 \sin(pt + \beta),$$

где x_M - отклонение груза от нулевого положения относительно каретки по оси, параллельной направляющим основания;

1 - расстояние от оси поворота маятника до центра груза.

В этом случае сила инерции, возникающая при колебательных движениях маятника, определяется соотношением:

$$\Phi_M = -m\ddot{x}_M = ml\varphi_0 p^2 \sin(pt + \beta),$$

где Φ_M - сила инерции относительного движения маятника;

\ddot{x}_M - относительное ускорение центра груза по горизонтальной оси.

Эта сила инерции и вызывает колебательное движение каретки по направляющим основания. Уравнение этого движения имеет вид:

$$X_{BK} = \frac{ml\varphi_0 p^2}{(M+m)\sqrt{(\omega^2 - p^2) + 4n^2 p^2}} \sin(pt + \beta - \gamma),$$

где x_{BK} - координата каретки, отсчитываемая от ее начального, нулевого положения (положения равновесия).

Здесь амплитуда колебаний каретки равна:

$$a_{BK} = \frac{ml\varphi_0 p^2}{(M+m)\sqrt{(\omega^2 - p^2) + 4n^2 p^2}} = \frac{ml\varphi_0 z^2}{(M+m)\sqrt{(1-z^2)^2 + z^2/Q^2}}.$$

Следует отметить, что при каждом изменении p в дополнение к вынужденным колебаниям каретки возникают свободные ее колебания (см. фиг.3), которые затухают по истечении некоторого промежутка времени - времени переходного процесса t^* , которое определяется по формуле:

$$t^* \approx 3\tau_0 = 3/n,$$

где $\tau_0 = 1/n$ - постоянная времени затухающих колебаний.

Именно с момента окончания переходного процесса наступают установившиеся вынужденные колебания и производится регистрация параметров движения каретки.

При увеличении частоты колебаний маятника (при $p \rightarrow \infty$) амплитуда установившихся вынужденных колебаний каретки стремится к предельному значению $a_{KB\infty}$ равному:

$$a_{KB\infty} = \frac{ml\varphi_0}{(M+m)}$$

Коэффициент динамичности представляет собой отношение амплитуды вынужденных колебаний при данной частоте к ее предельному значению. При проведении экспериментальных исследований вынужденных колебаний с инерционным возбуждением удобно определять коэффициент динамичности, вводя нормирование по $l\varphi_0$, т.е. определять его по соотношению:

$$\lambda = \frac{a_{KB}}{l\varphi_0} = \frac{mz^2}{(M+m)\sqrt{(1-z^2)^2 + z^2/Q^2}}.$$

В этом случае величина λ при данном значении z определяется по отношению амплитудных значений сигналов датчиков отклонений маятника и перемещений каретки,

и предельная величина λ (при $p \rightarrow \infty$) равна:

$$\lambda = \frac{m}{(M + m)}.$$

5 В таком же варианте представлена выше расчетная (теоретическая) АЧХ по данным, получаемым в результате свободных колебаний каретки.

Величина отставания по фазе колебаний каретки от колебаний маятника (сдвиг фаз) определяется по разности значений реального времени двух ближайших максимумов сигналов датчиков перемещения каретки (t_{k_i}) и отклонений маятника (t_{m_i}):

$$10 \quad \gamma = (t_{k_i} - t_{m_i}) p.$$

Таким образом, данная полезная модель позволяет расширить эксплуатационные характеристики устройства для демонстрации и исследования вынужденных колебаний по сравнению с известным устройством, так как обеспечивают исследование колебаний при инерционном возмущении. Кроме того, она позволяет существенно повысить точность и информативность получаемых характеристик колебаний, в том числе в результате построения амплитудно-частотных (АЧХ) и фазочастотных (ФЧХ) характеристик механической системы

20 (57) Реферат

Полезная модель относится к учебно-исследовательскому оборудованию по теоретической механике и представляет собой устройство для демонстрации и исследования вынужденных колебаний механической системы с инерционным возмущением. Оно содержит основание, каретку, подпружиненную относительно основания, механизм возбуждения колебаний каретки, включающий электродвигатель, редуктор и механизм со штоком, блок электропитания и регистраторы положения механизма и каретки. Сущность модели в том, что механизм возбуждения колебаний закреплен на каретке и снабжен стойкой и маятником, соединенным со штоком, а регистраторы выполнены в виде датчиков угловых отклонений маятника и перемещений каретки. При этом устройство снабжено блоком записи и обработки сигналов датчиков, датчик отклонений маятника выполнен в виде потенциометра, датчик продольных перемещений каретки - в виде ферромагнитного стержня и индуктивной катушки, а в качестве блока записи и обработки применен персональный компьютер. Полезная модель позволяет повысить информативность, надежность и точность демонстрации и исследования характеристик колебаний. 2 з.п. формулы, 5 илл.

40

45



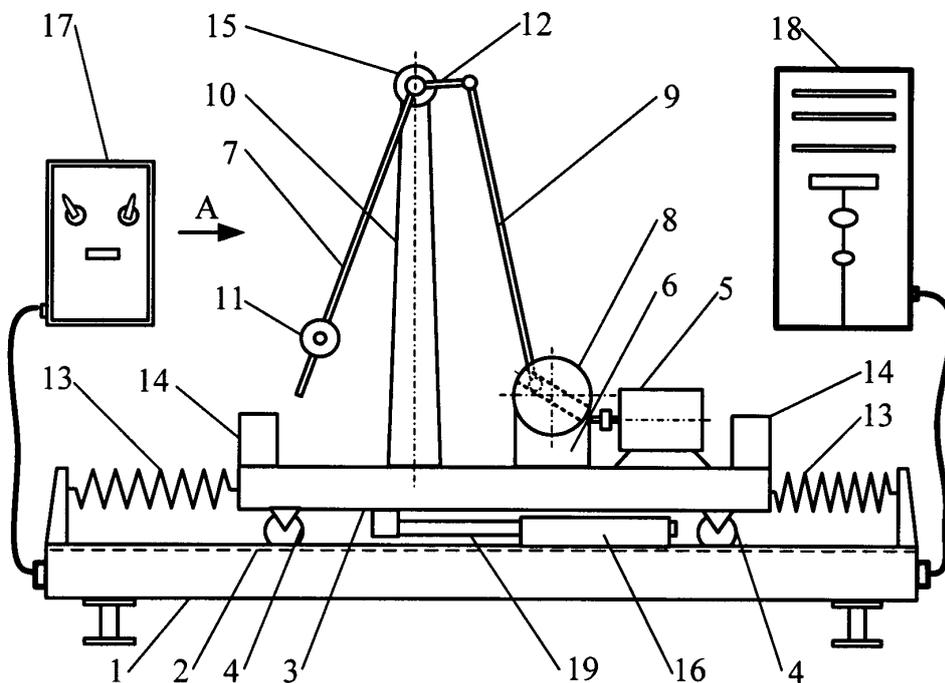
Реферат

Устройство для демонстрации и исследования вынужденных колебаний с инерционным возмущением

Полезная модель относится к учебно-исследовательскому оборудованию по теоретической механике и представляет собой устройство для демонстрации и исследования вынужденных колебаний механической системы с инерционным возмущением. Оно содержит основание, каретку, подпружиненную относительно основания, механизм возбуждения колебаний каретки, включающий электродвигатель, редуктор и механизм со штоком, блок электропитания и регистраторы положения механизма и каретки. Сущность модели в том, что механизм возбуждения колебаний закреплен на каретке и снабжен стойкой и маятником, соединенным со штоком, а регистраторы выполнены в виде датчиков угловых отклонений маятника и перемещений каретки. При этом устройство снабжено блоком записи и обработки сигналов датчиков, датчик отклонений маятника выполнен в виде потенциометра, датчик продольных перемещений каретки – в виде ферромагнитного стержня и индуктивной катушки, а в качестве блока записи и обработки применен персональный компьютер. Полезная модель позволяет повысить информативность, надежность и точность демонстрации и исследования характеристик колебаний. 2 з. п. формулы, 5 илл.

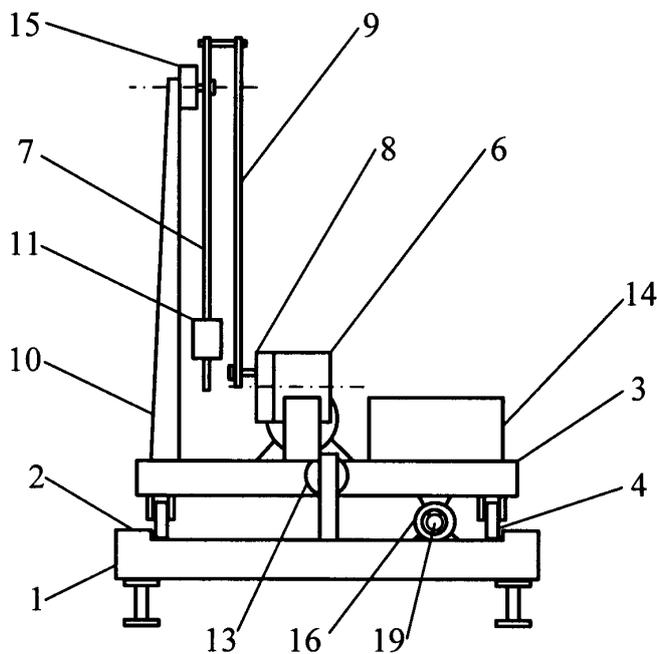


Рисунки к полезной модели «Устройство для демонстрации и исследования вынужденных колебаний с инерционным возмущением»

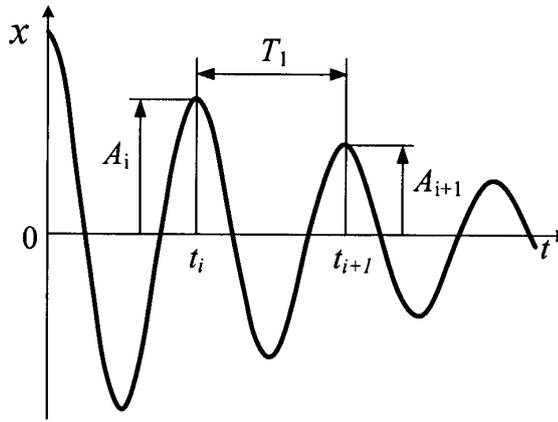


Фиг. 1

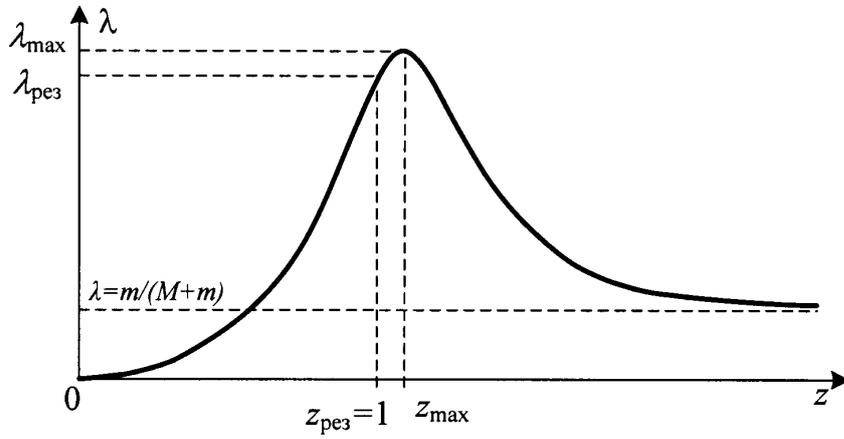
Вид А по фиг.1



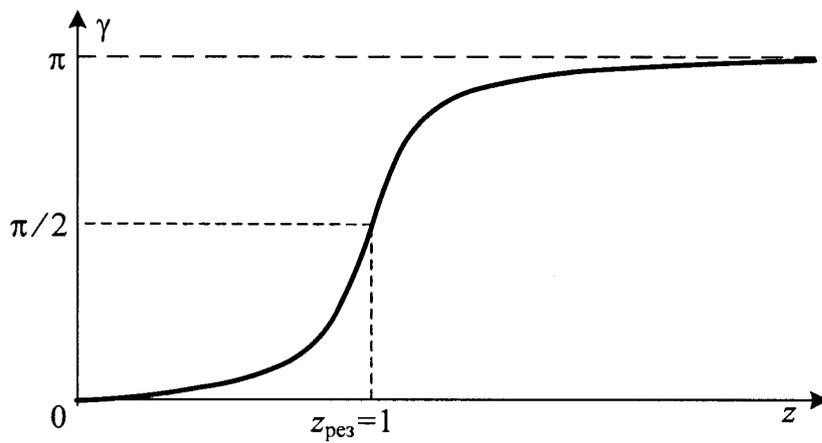
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5