

Модуль «DYNR»

**ГРАФИЧЕСКИЙ ВЫВОД РЕЗУЛЬТАТОВ
ДИНАМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И СПЕКТР ОТКЛИКА
SOFISTIK 2016**

ОГЛАВЛЕНИЕ

1	<i>DYNR</i> – ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ	3
2	ОПИСАНИЕ КОМАНД.....	5
2.1	Используемый язык программирования.....	5
2.2	Ввод данных в расчетную систему	5
2.3	<i>SIZE</i> – Размер и масштаб графических изображений	6
2.4	<i>SCNH</i> – Размер текста.....	8
2.5	<i>RESP</i> – Свойства одноэлементной колебательной системы (<i>Single Mass Oscillator</i>)	8
2.6	<i>FUNC</i> – Внешняя функция.....	11
2.7	<i>EXCI</i> – Функция возбуждения	12
2.8	<i>SPEC</i> – Спектр отклика	13
2.9	<i>HIST</i> – Кривые гистограм (вариационные кривые на графике частот)	14
2.10	<i>ECHO</i> – Вывод результатов расчета/анализа.....	18
3	ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.....	19
3.1	Коэффициент динамической нагрузки	19
3.2	Реакция многоярусных расчетных систем	22

1 *DYNR* – ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ

Модуль *DYNR* позволяет в графическом виде отображать результаты анализа переходного состояния расчетной системы, полученные при помощи модулей *DYNA* и *HYDRA*. Рассматриваемые результаты анализа могут быть отображены в виде графика в зависимости от параметра времени или от параметра частоты колебаний, а в качестве дополнительной опции, модуль *DYNR*, при заданных последовательностях случаев загрузений или ускорений, приложенных к расчетной системе, способен рассчитать спектры откликов/реакций.

При помощи ввода команды *HIST* во время динамического анализа – модуль *DYNA*, в базе данных программы можно, в зависимости от рассматриваемого временного промежутка, сохранить выбранное количество степеней свободы расчетной системы или значения внутренних усилий и моментов, возникающих при реакции системы на загрузение. При помощи все той же команды *HIST*, во время анализа системы модулем *HYDRA* в базе данных программы можно сохранить значения нестационарных/неустановившихся температур или изменения потенциалов. Модуль *DYNR* позволяет выводить графики зависимости результатов, рассмотренных ранее, в различных вариациях.

Кроме того, для определения спектра реакций/откликов расчетной системы модуль *DYNR* может использовать либо уже сохраненную функцию, описывающую ускорения отдельных точек системы, либо любую заново введенную в систему функцию.

Спектр отклика/реакции системы определяется значением максимального отклика одноэлементной колебательной системы (*single mass oscillator*) при помощи известных функций, описывающих демпфирование и возбуждение колебаний относительно значения собственной частоты колебаний рассматриваемого элемента.

Каждое загрузение (например, землетрясение, толчок в углу *A*, воздействие в углу *B* и т. д.) хранится в модуле *DYNA* под определенным номером.

На сегодняшний день модуль *DYNR* может отображать либо результирующие кривые при помощи команды *HIST*, либо спектры отклика/реакции анализируемой расчетной системы в различных координатных направлениях с учетом различных значений параметра демпфирования.

2 ОПИСАНИЕ КОМАНД

2.1 Используемый язык программирования

Ввод всех нижеприведенных команд выполняется на языке программирования *CADINP* (см. общее руководство по ПК *SOFiSTiK*: «*Basics*»).

2.2 Ввод данных в расчетную систему

В данном модуле используются следующие команды:

Команда	Параметры						
<u>SIZE</u>	<i>DINA</i>	<i>S</i>	<i>W</i>	<i>H</i>	<i>MARG</i>	<i>FORM</i>	<i>TMAX</i>
<u>SCHH</u>	<i>H1</i>	<i>H2</i>	<i>H3</i>	<i>H4</i>	<i>H5</i>		
<u>RESP</u>	<i>TYPE</i>	<i>TMIN</i>	<i>TMAX</i>	<i>TDIF</i>			
		<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>	<i>D4</i>	<i>D5</i>	
		<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>	<i>C5</i>	
		<i>REF1</i>	<i>RC1</i>	<i>REF2</i>	<i>RC2</i>	<i>REF3</i>	<i>RC3</i>
<u>FUNC</u>	<i>T</i>	<i>F</i>	<i>DT</i>	<i>NO</i>	<i>TITL</i>		
<u>EXCI</u>	<i>LCS</i>	<i>NO</i>	<i>COMP</i>	<i>F</i>	<i>TITL</i>		
<u>SPEC</u>	<i>TYPE</i>						
<u>HIST</u>	<i>LCS</i>	<i>TYPE</i>					
		<i>NO0</i>	<i>C0</i>	<i>NO1</i>	<i>C1</i>	<i>NO2</i>	<i>C2</i>
		<i>NO3</i>	<i>C3</i>	<i>NO4</i>	<i>C4</i>	<i>NO5</i>	<i>C5</i>
		<i>NO6</i>	<i>C6</i>	<i>NO7</i>	<i>C7</i>	<i>NO8</i>	<i>C8</i>
		<i>NO9</i>	<i>C9</i>	<i>YMIN</i>	<i>YMAX</i>		
		<i>TMIN</i>	<i>TMAX</i>	<i>TDIM</i>	<i>YTOL</i>	<i>LIM1</i>	<i>LIM2</i>
		<i>TEFF</i>	<i>CLIM</i>				
		<i>XTYP</i>	<i>NX</i>	<i>TITL</i>			
<u>ECHO</u>	<i>OPT</i>	<i>VAL</i>					

Команды *HEAD*, *END* и *PAGE* описаны в общем руководстве (см. общее руководство по ПК *SOFiSTiK*: «*Basics*»).

Далее в руководстве будут рассмотрены все остальные команды, используемые при работе с модулем *DYNR*.

2.3 *SIZE* – Размер и масштаб графических изображений

См. также: [SCHH](#), [HIST](#)

Команда	Описание	Ед. изм.	По умолчанию
<i>DINA</i>	Размер листа «+» - альбомный формат «-» - книжный формат	-	-4
<i>S</i>	Масштаб значений функций 0 заполнение по формату * инженерный формат, выбирается наилучший масштаб для заполнения страницы	-	*
<i>W</i>	Ширина листа	см	<i>DINA</i>
<i>H</i>	Высота листа	см	<i>DINA</i>
<i>MARG</i>	Рисует границу <i>OFF</i> нет границ <i>ON</i> рисуется только внутренняя граница <i>YES</i> рисует свободную границу вокруг области печати	<i>LIT</i>	<i>FULL</i>

Команда	Описание	Ед. изм.	По умолчанию
<i>FORM</i>	<p><i>FULL</i> дополнительные поля для предотвращения печати вне пределов бумаги</p> <p>Форма границы</p> <p><i>STAN</i> стандартная рамка SOFiSTiK</p> <p><i>ZTVK</i> рамка <i>ZTVK-88</i></p>	<i>LIT</i>	<i>STAN</i>
<i>TMAX</i>	Максимальное время/частота в изображении	сек/Гц	*

Масштаб оси абсцисс – ось времени или частоты, определяется программой автоматически, исходя из имеющихся значений. Автоматический переход значений времени, отложенных на оси абсцисс, на минуты или дни происходит тогда, когда значения параметра времени соответствуют рассматриваемым единицам. Команда *TMAX* может быть использована для выбора наибольшего временного периода, что непосредственно позволяет наиболее точно и наглядно оценить работу расчетной системы при действии заданного нагружения.

Масштаб оси ординат определяются командой *S*. Кроме того, диапазон значений на этой может быть произвольным и определяется командой [*HIST*](#).

Более подробное описание возможностей вывода результирующих значений, полученных в результате анализа расчетной системы, вы можете найти в общем руководстве ПК *SOFiSTiK*: «Basics».

2.4 SCHH – Размер текста

См. также: [SIZE](#)

Команда	Описание	Ед. изм.	По умолчанию
<i>H1</i>	Высота легенды	см	2,50
<i>H2</i>	Текст легенды	см	0,25
<i>H3</i>	Обозначение осей	см	0,25
<i>H4</i>	Размерные линии на осях	см	0,25
<i>H5</i>	Резервное значение	см	0,18

При вводе значения 0., рассматриваемый параметр текста подавляется. Любой из приведенных выше в таблице параметров остается задействованным в работе до тех пор, пока не будут заданы новые значения параметров [SIZE](#) или *SCHH*.

2.5 RESP – Свойства одноэлементной колебательной системы (*Single Mass Oscillator*)

См. также: [EXCI](#), [SPEC](#)

Команда	Описание	Ед. изм.	По умолчанию
<i>TYPE</i>	Результаты анализа расчетной системы, которые должны быть представлены в отчете: <i>P</i> Силы/усилия <i>S</i> Перемещения <i>V</i> Скорость <i>A</i> Относительное ускорение <i>AA</i> Абсолютное ускорение <i>AS</i> Значение <i>A</i> в зависимости от <i>S</i> <i>AAS</i> Значение <i>AA</i> в зависимости от <i>S</i>	<i>LIT</i>	<i>A</i>

Команда	Описание	Ед. изм.	По умолчанию
<i>TMIN</i>	Минимальное значение периода собственных колебаний	сек	0
<i>TMAX</i>	Максимальное значение периода собственных колебаний	сек	!
<i>TDIF</i>	Размер шага периодов или частот собственных колебаний По умолчанию: $(TMIN - TMAX)/20$	сек <i>bzw.</i> 1/сек	*
<i>D1</i>	Значение модального демпфирования 1, обозначается как «.»	-	0.
<i>D2</i>	Значение модального демпфирования 2, обозначается как «+»	-	-
<i>D3</i>	Значение модального демпфирования 3, обозначается как «*»	-	-
<i>D4</i>	Значение модального демпфирования 4, обозначается как «0»	-	-
<i>D5</i>	Значение модального демпфирования 5, обозначается как «x»	-	-
<i>C1</i>	Цвет и тип линии на графике – <i>D1</i>	-	1001
<i>C2</i>	Цвет и тип линии на графике – <i>D2</i>	-	1001
<i>C3</i>	Цвет и тип линии на графике – <i>D3</i>	-	1001
<i>C4</i>	Цвет и тип линии на графике – <i>D4</i>	-	1001
<i>C5</i>	Цвет и тип линии на графике – <i>D5</i>	-	1001
<i>REF1</i>	Номер выбранной нормативной кривой	-	-
<i>RF1</i>	Цвет и тип линии на графике – <i>REF1</i>	-	2001
<i>REF2</i>	Номер выбранной нормативной кривой	-	-
<i>RF2</i>	Цвет и тип линии для <i>REF2</i>	-	2001
<i>REF3</i>	Номер выбранной нормативной кривой	-	-
<i>RF3</i>	Цвет и тип линии для <i>REF3</i>	-	2001

Колебания системы с одной массой, подверженной любому типу возбуждения, должны быть описаны для исследуемого диапазона частот колебаний с делением на фиксированный шаг частот.

В случае возбуждения системы через ускорение, параметр *TYPE AA* может быть использован для отображения значения общего ускорения (земля + колебательный элемент). В большинстве случаев это значение является требуемым. В команде *TYPE* можно ввести как параметры *P+*, *S+*, *V+*, *A+*, *AA+*, так и *P-*, *S-*, *V-*, *A-*, *AA-*. Далее оцениваются только положительные или отрицательные значения этих параметров.

Оценка уравнения колебаний производится только за время, которые определяются функцией возбуждения. Продолжительность оценки также зависит от максимального значения времени возбуждения колебаний. Поэтому, в случае возбуждения системы высокочастотными колебаниями, рассматриваемый временной период от функции возбуждения должен быть увеличен.

В программе одновременно может быть рассмотрено и проанализировано до пяти различных значений параметра демпфирования. Значения параметра демпфирования от *D1* до *D5* могут быть задействованы в произвольном порядке в соответствии с заданной пользователем маркировкой. Для кривых, отображаемых на графике, могут быть определены различные типы линий и цвета. Параметры цветов и типов линий добавляются к значениям, введенные в состав команды [*EXCI*](#) минус (-) 1001 (например, 2001 "+" 3002 - 1001 = 4002). Поэтому будет целесообразно вводить отдельные записи как для типа линии (от 1001 до 1010), так и для параметров цветов (например, от 1001 до 9001).

На отчетном чертеже/графике может быть отображено до трех дополнительных нормативных кривых. Функции, описывающие кривые дополнительных загрузений, должны вводиться в расчетную систему при помощи команды *FUNC*, и после они используются для анализа значений откликов/реакции системы.

2.6 *FUNC* – Внешняя функция

См. также: [EXCI](#), [SPEC](#), [HIST](#)

Команда	Описание	Ед. изм.	По умолчанию
<i>T</i>	Значение времени	сек	!
<i>F</i>	Функция	-	!
<i>DT</i>	Временные участки	сек	*
<i>NO</i>	Номер функции	-	*
<i>TITL</i>	Название функции	<i>LIT24</i>	-

Любые функции, которые выбраны для описания действия ускорения или загрузки на одноэлементную колебательную систему, или как кривые сравнения [HIST](#), могут быть заданы в модуле *DYNR*. Поскольку колеблющаяся масса в такой системе равна 1,0, в проведении дифференцирования между параметром ускорения и силой нет необходимости.

Все функции возбуждения сохраняются в базе данных программы. Они хранятся в базе данных до тех пор, пока не произойдет каких-либо изменений в расчетной системе. Если значения команды *FUNC* вводятся после команд [HIST](#) или [SPEC](#), все функции удаляются автоматически.

Параметры *NO* и *TITL* вводятся только для первой функции. Если значение параметра времени не введено в систему, то последнее значение временного шага прибавляется к последнему введенному значению параметра времени. В случаях, когда рассматриваются более значимые по размерам временные интервалы работы системы, ввод каждого отдельного значения параметра времени может быть проигнорирован.

2.7 EXCI – Функция возбуждения

См. также: [RESP](#), [FUNC](#)

Команда	Описание	Ед. изм.	По умолчанию
<i>LCS</i>	Номер, под которым сохранена кривая зависимости	-	!
<i>NO</i>	Номер узла возбужденной точки	-	!
<i>COMP</i>	Компоненты возбуждения <i>X</i> Только в направлении <i>X</i> <i>Y</i> Только в направлении <i>Y</i> <i>Z</i> Только в направлении <i>Z</i> <i>XY</i> В направлении <i>X</i> и <i>Y</i> <i>XZ</i> В направлении <i>X</i> и <i>Z</i> <i>YZ</i> В направлении <i>Y</i> и <i>Z</i> <i>XYZ</i> Во всех направлениях	<i>LIT</i>	<i>XYZ</i>
<i>F</i>	Цвет и тип линии кривой (см. общее руководство ПК <i>SOFiSTiK</i>)	-	<i>1001</i>
<i>TITL</i>	Название функции	<i>LIT24</i>	-

Команда *EXCI* активирует вариационные кривые, которые хранятся в базе данных программы. Все кривые, выбранные при помощи команды *EXCI*, отображаются на графике одновременно.

Выбранные функции возбуждения работают до нового задания параметров расчетной системы.

Если функция, описывающая действие возбуждения на расчетную систему, была задана в модуле *DYNR* при помощи команды [FUNC](#), то такая функция должна быть введена в систему при помощи параметра *LCS 0*. Если команда *EXCI*

не вводится в систему, то при анализе системы используется только первая функция в команде [FUNC](#).

2.8 SPEC – Спектр отклика

См. также: [RESP](#), [FUNC](#), [HIST](#)

Команда	Описание	Ед. изм.	По умолчанию
<i>TYPE</i>	График зависимости от: <i>TIME</i> Время <i>FREQ</i> Частота <i>LOGT</i> Логарифмическое представление параметра времени <i>LOGF</i> Логарифмическое представление параметра частоты	<i>LIT</i>	<i>TIME</i>

При построении графика зависимости *TYPE FREQ* значения параметров *TMIN*, *TMAX* и *TDIF*, входящие в состав команды [RESP](#), определяются таким же образом, как и частоты колебаний.

Если в систему введены параметры *LOGT* или *LOGF*, то этим параметрам соответствует логарифмическая шкала. Значение параметра *TDIF* – коэффициент деления относительно 1,0 для определения ряда промежуточных значений (например, *TDIF 0.05 = 20* промежуточных значений).

Каждая запись *SPEC* или [HIST](#) отображает чертеж с текущими параметрами.

2.9 HIST – Кривые гистограм (вариационные кривые на графике частот)

См. также: [SIZE](#), [FUNC](#), [SPEC](#)

Команда	Описание	Ед. изм.	По умолчанию
<i>LCS</i>	Номер, под которым сохранена кривая зависимости	-	1
<i>TYPE</i>	Степень свободы (см. в описании)		
<i>NO0</i>	Первый узел или номер элемента	-	-
<i>C0</i>	Цвет и тип линии первой кривой	-	1001
<i>NO1</i>	Второй узел или номер элемента	-	-
<i>C1</i>	Цвет и тип линии второй кривой	-	<i>C0</i>
...	...		
<i>NO9</i>	Десятый узел или номер элемента	-	-
<i>C9</i>	Цвет и тип линии десятой кривой	-	<i>C8</i>
<i>YMIN</i>	Мин. значение диапазона на оси ординат	*	*
<i>YMAX</i>	Макс. значение диапазона на оси ординат	*	*
<i>TMIN</i>	Мин. значение диапазона на оси абсцисс	*	0.
<i>TMAX</i>	Макс. значение диапазона на оси абсцисс	*	*
<i>TDIM</i>	Размерность параметров <i>TMIN</i> , <i>TMAX</i> и их обозначение в расчетной системе: <i>SEC</i> Секунды <i>MIN</i> Минуты <i>H</i> Часы <i>D</i> Дни <i>LOGS</i> Логарифм <i>LOGM</i> Логарифм <i>LOGH</i> Логарифм <i>LOGD</i> Логарифм	<i>LIT</i>	<i>SEC</i>

Команда	Описание	Ед. изм.	По умолчанию
<i>YTOL</i>	Допуск для предельных значений <i>LIM1/LIM2</i>	-	0,3
<i>LIM1</i>	Первое предельное значение	*	-
<i>LIM2</i>	Второе предельное значение	*	-
<i>CLIM</i>	Цвет и тип линии кривой предельных значений	-	2010
<i>TEFF</i>	Продолжительность представления эффективных средних значений	(<i>TDIM</i>)	-
<i>XTYP</i>	Значение, которое будет использоваться для горизонтальной оси	<i>LIT</i>	*
<i>NX</i>	Номер для <i>XTYP</i> в составе загрузки <i>LCS</i>	-	-
<i>TITL</i>	Название графика	<i>Lit*</i>	*

При помощи команды *HIST* можно запросить до 10 графиков с поэтапными результатами расчета.

Отображаемый диапазон значений определяется автоматически на основе определенных в ходе анализа значений и данных о масштабе, введенных в составе команды [SIZE](#). Параметры *YMIN* и *YMAX* или *TMIN* и *TMAX* предназначены для изменения размера этого диапазона. Если для параметров *LIM1* и/или *LIM2* вы укажете необходимые вам значения, то эти предельные значения будут представлены на отчетном чертеже/графике при условии, если эти значения не выходят за пределы заданных предельных значений – параметр *YTOL*.

Для отображения расчетных параметров используются обе оси X и Y:

<i>U-X</i>	<i>U-Y</i>	<i>U-Z</i>	Перемещения
<i>U-RX</i>	<i>U-RY</i>	<i>U-RZ</i>	Вращения
<i>V-X</i>	<i>V-Y</i>	<i>V-Z</i>	Скорости
<i>V-RZ</i>	<i>V-RY</i>	<i>V-RZ</i>	Угловая скорость
<i>A-X</i>	<i>A-Y</i>	<i>A-Z</i>	Ускорения

<i>A-RZ</i>	<i>A-RY</i>	<i>A-RZ</i>	Угловые ускорения
<i>P</i>	<i>PT</i>		Упругие усилия/усилия в пружине
<i>TRUS</i>	<i>CABL</i>		Усилие в стержнях фермы / усилие в нити
<i>N</i>	<i>VY</i>	<i>VZ</i>	Осевое усилие в балке и сдвиговые усилия
<i>MT</i>	<i>MY</i>	<i>MZ</i>	Крутящий момент в стержне и момент изгиба
<i>SIG</i>	<i>TAU</i>	<i>SIGV</i>	Напряжения в стержне
<i>MXX</i>	<i>MYX</i>	<i>MXY</i>	Моменты в оболочке
<i>VXX</i>	<i>VYX</i>		Поперечные силы в оболочке
<i>NXX</i>	<i>NYX</i>	<i>NXY</i>	Нормальные силы в оболочке
<i>H</i>			Потенциал
<i>QH</i>	<i>QBH</i>	<i>QHPI</i>	Узлы, области, звенья потока
<i>VQUA</i>	<i>VBRI</i>		Скорость потока плоских <i>QUAD</i> и объемных <i>BRIC</i> элементов
<i>T</i>			Температура
<i>QT</i>	<i>QBT</i>	<i>QTPI</i>	Узлы, области, звенья теплового потока
<i>QQUA</i>	<i>QBRI</i>		Плотность теплового потока <i>QUAD</i> , <i>BRIC</i> элементов
<i>SPLO</i>	<i>SPLA</i>	<i>SPVE</i>	Спектр скорости ветра из модуля <i>SOFILOAD</i>

<i>DSX</i>	<i>DSY</i>	<i>DSZ</i>	Динамическая жесткость (1/перемещения <i>SX</i> или <i>SY</i> , или <i>SZ</i>)
<i>DSRX</i>	<i>DSRY</i>	<i>DSRZ</i>	Динамическая жесткость (1/перемещения <i>SRX</i> или <i>SRY</i> , или <i>SRZ</i>)

На одном изображении можно отобразить несколько значений одного и того же расчетного параметра/параметра реакции системы, возникающих при работе системы. Данная возможность контролируется при помощи дополнительного знака после запятой, который характеризует переключение между осями *X*, *Y* и *Z*. Например, запись *1001.0* для расчетного параметра *TYPE U-X* означает, что значение перемещения узла системы 1001 в направлении оси *X* равно ..., а запись *1001.2* позволит отобразить значение перемещения узла 1001 в направлении оси *Z* и т. д..

Помимо сохраненных в базе результатов кривых, характеризующие изменения расчетных параметров в процессе загрузки, вы можете вывести на печать свою кривую для сравнения результатов при помощи функции [FUNC](#). Для этой цели необходимо одному из узлов или элементу с определенным значением параметра *NO* придать отрицательное значение номера функции. Для построения графика подобной функции необходимо, чтобы значение параметра *LCS* равнялось 0 – *LCS0*.

Каждая запись команд [SPEC](#) или *HIST* отображает чертеж с текущими параметрами.

2.10 ECHO – Вывод результатов расчета/анализа

Команда	Описание	Ед. изм.	По умолчанию
<i>OPT</i>	Функции команды <i>ECHO</i> : <i>FULL</i> Отображается только в текстовом формате	<i>LIT</i>	<i>FULL</i>
<i>VAL</i>	Объем выходных данных: <i>FULL</i> Самый полный отчет	<i>LIT</i>	<i>FULL</i>

3 ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Примеры использования модуля *DYNR* находятся в установочной папке программы *SOFiSTiK – dyna.dat\english*. Также примеры решаемых задач можно открыть из модуля *TEDDY* путем: Файл (*File*) → Примеры (*Examples*).

За более подробной информацией, учебными пособиями, а также видеороликами вы можете обратиться в техническую поддержку компании *SOFiSTiK* (<http://www.sofistik.com/en/support/>) напрямую или в техническую поддержку компании ПСС ГРАЙТЕК (<http://www.pss.spb.ru/contacts/>).

3.1 Коэффициент динамической нагрузки

Первый пример относится к поиску динамических коэффициентов нагрузки для различных трапециевидных видов нагрузок. Такой анализ может выполняться в модуле *DYNR* без какой-либо дополнительной базы данных. Программный код подобной задачи выглядит следующим образом:

PROG DYNR

HEAD СПЕКТР ОТКЛИКА НА ДЕЙСТВИЕ ТРАПЕЦИЕДАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

HEAD РУКОВОДСТВО DYNR

RESP P 0 6 0.10 0.0 0.20 1.00

FUNC 0.00 0. **TITL** 'ТРАПЕЦИЕДАЛЬНАЯ НАГРУЗКА 1'

0.25 1. 0.025

0.75 1. 0.025

1.00 0. 0.025

SPEC

FUNC 0.00 0. **TITL** 'ТРАПЕЦИЕДАЛЬНАЯ НАГРУЗКА 2'

0.33 1. 0.025

0.67 1. 0.025

1.00 0. 0.025

SPEC

FUNC 0.00 0. **TITL** 'ТРЕУГОЛЬНАЯ НАГРУЗКА'

0.50 1. 0.025

1.00 0. 0.025

SPEC

END

Ниже приведены три графика зависимости, каждый из которых описывает реакцию системы на введенный в систему ранее тип загрузки:

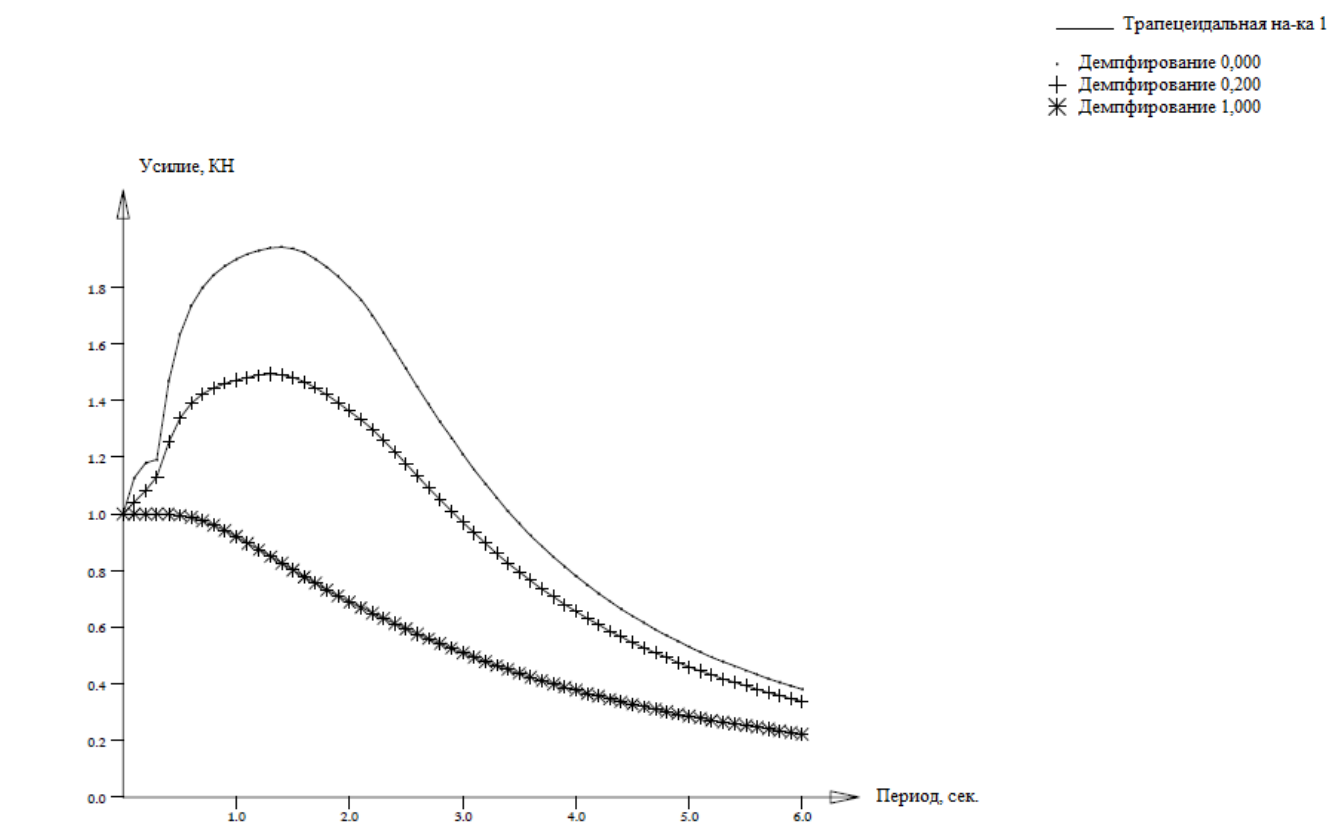


Рис. 3.1.1 – Реакция системы на трапецидальную нагрузку №1

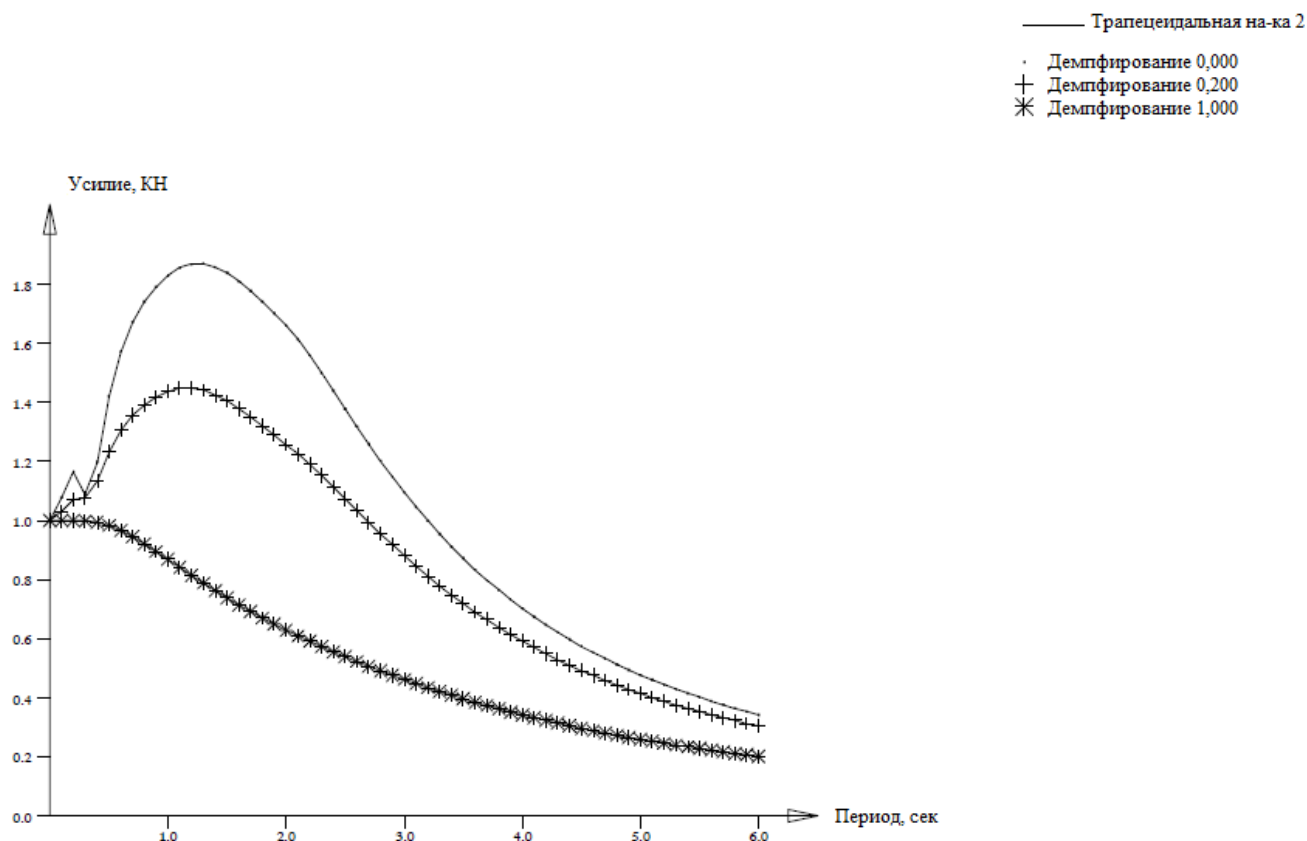


Рис. 3.1.2 – Реакция системы на трапецидальную нагрузку №2

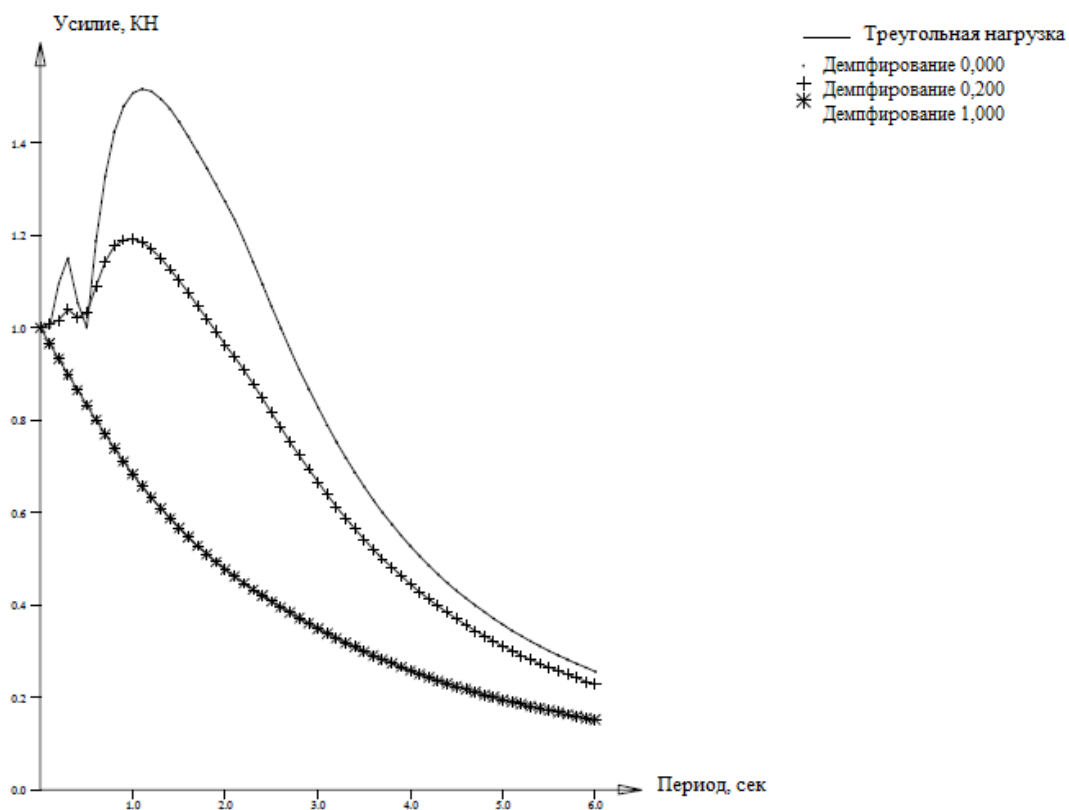


Рис. 3.1.3 - Реакция системы на треугольную нагрузку

3.2 Реакция многоярусных расчетных систем

В данном примере рассматривается трехъярусная рама, взятая из руководства к модулю *DYNA* (п.п. 5.5), чтобы рассчитать спектр реакции/отклика для самого верхнего яруса расчетной системы. Предпосылкой для выбора подобного примера является функция возбуждения колебаний, которая позволяет смоделировать такое землетрясение, которое бы максимально соответствовало реальному, в отличие от обычных синусоидальных колебаний. Синусоидальное возбуждение колебаний позволяет четко определить лишь всплеск расчетных значений в рассматриваемом ярусе системы, что делает анализ совершенно бессмысленным и бесполезным. По этой причине, не углубляясь в детали, была выбрана функция возбуждения колебаний с частотой около 10 Гц, которая была выведенная посредством статистической обработки данных.

Сначала, используя модуль *DYNA*, необходимо провести анализ колебательных процессов, которые возникают во всех элементах расчетной системы. Подобная задача решается следующим образом:

PROG DYNA

HEAD ОСНОВНАЯ/БАЗОВАЯ ТОЧКА ВОЗБУЖДЕНИЯ ТРЕХЯРУСНОЙ РАСЧ-Й СИСТЕМЫ

\$ МАКСИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ $U_3 = 10.2 \text{ CM}$; $V = 1360 \text{ KN}$; $M = 2040 \text{ KNM}$

\$ 0.5 CM ; $V = 92 \text{ KN}$; $M = 138 \text{ KNM}$

\$ 0.2 CM ; $V = 56 \text{ KN}$; $M = 84 \text{ KNM}$

\$ СОБСТВЕННАЯ ЧАСТОТА КОЛЕБАНИЙ 1.501 / 3.185 / 4.862 (HERTZ)

EIGE 3 REST

STEP 200 0.06

LC 51

FUNC 0.0000 0.0000; 0.1000 -0.5765; 0.2000 0.1357

FUNC 0.3000 -0.5040; 0.4000 0.5614; 0.5000 0.6055

...

ACSE 0 0.0 3.0

```
HIST U-Y 4 LCST 51
HIST A-Y 3 4 1 LCST 51
HIST MYA 1 3 1 LCST 51
END
```

Изменение во времени перемещений, а также ускорений верхнего узла (№ 4) теперь доступно в базе данных. Далее в работу включается модуль *DYNR*, который позволяет отобразить в графическом виде изменение обоих, рассмотренных выше, параметров и рассчитать спектр реакции/отклика яруса при помощи следующего ввода:

```
PROG DYNR
```

```
HEAD ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРА РЕАКЦИЙ ВЕРХНЕГО ЯРУСА РАС-ОЙ
СИСТЕМЫ
```

```
HIST 51 U-Y 4 1001
HIST 51 A-Y 4 2001
HIST 51 MYA 1 1001 2 2001 3 3001
RESP A 0 1.5 0.02 0.001 0.02
EXCI 51 4 Y 1001
EXCI 51 3 Y 2001
SPEC
END
```

Все результирующие графики представлены ниже:

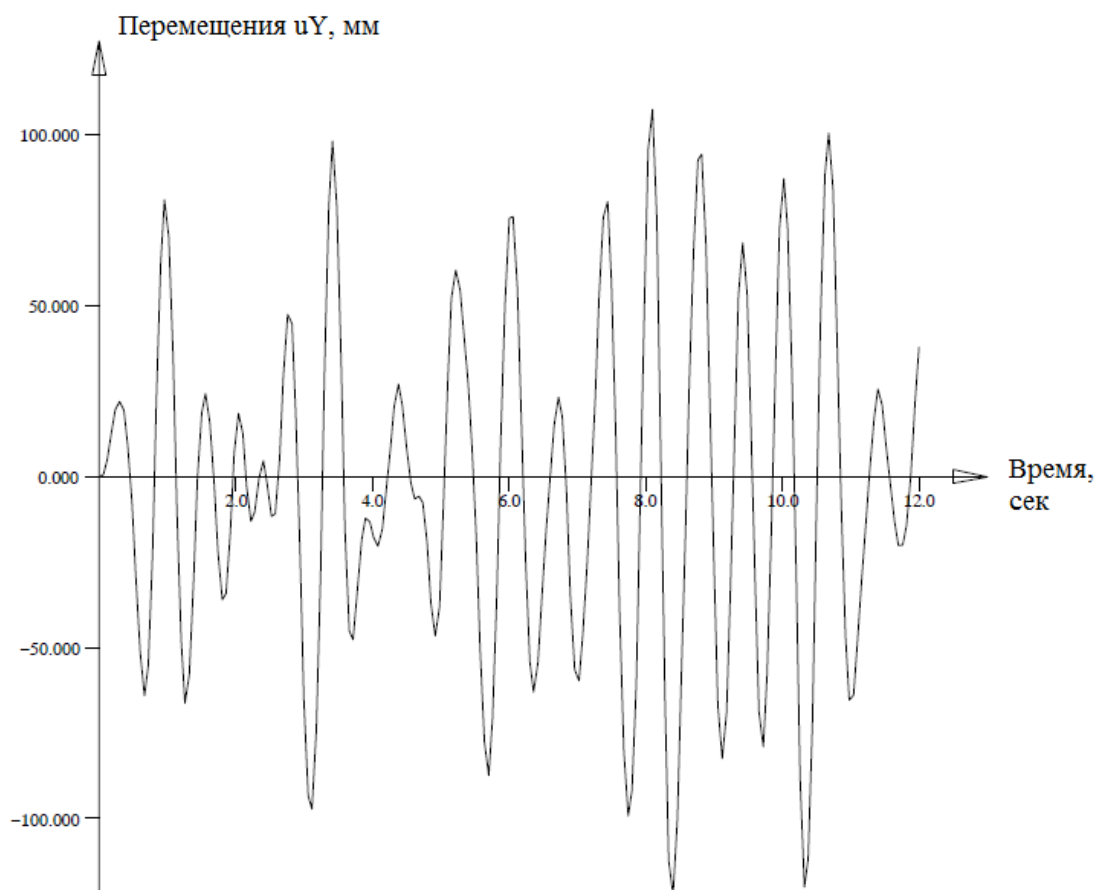


Рис. 3.2.1 – Значения перемещений u_Y , мм

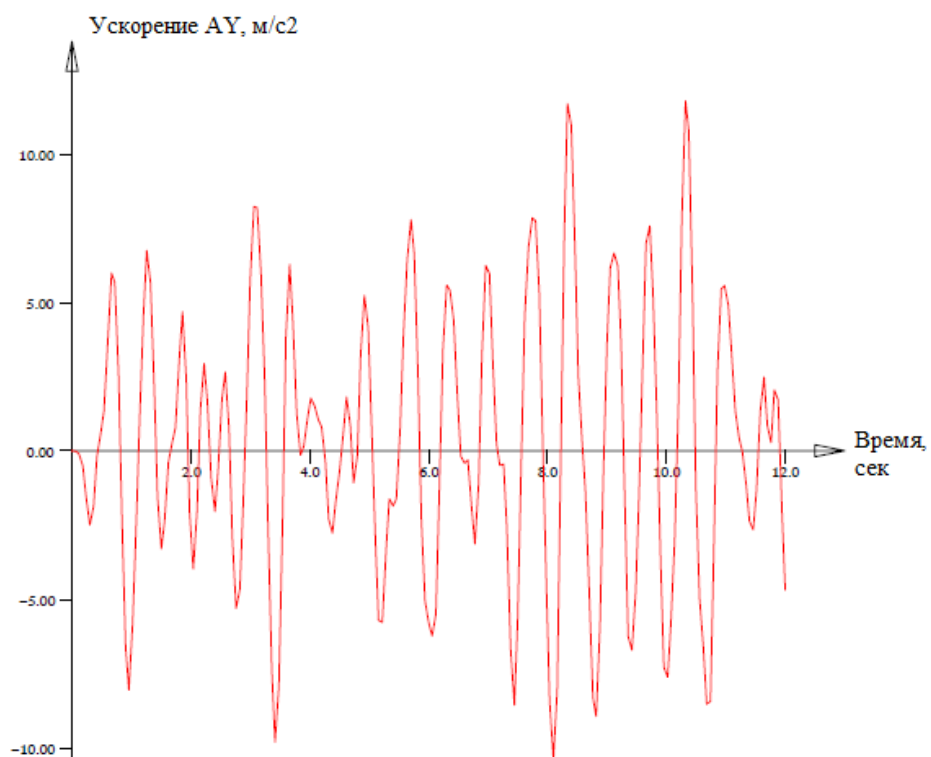


Рис. 3.2.2 – Значение ускорений A_Y , м/с²

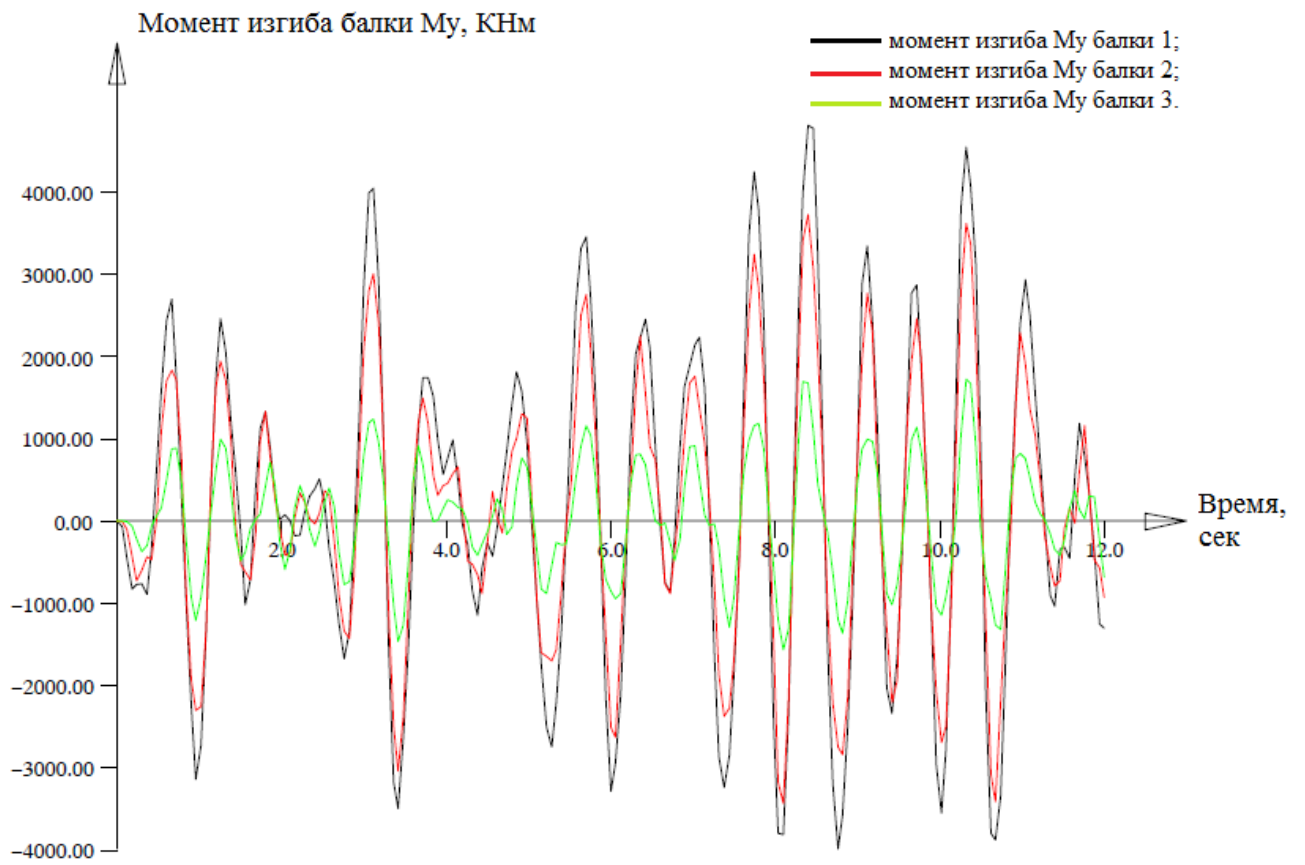


Рис. 3.2.3 – Момент изгиба балки M_y

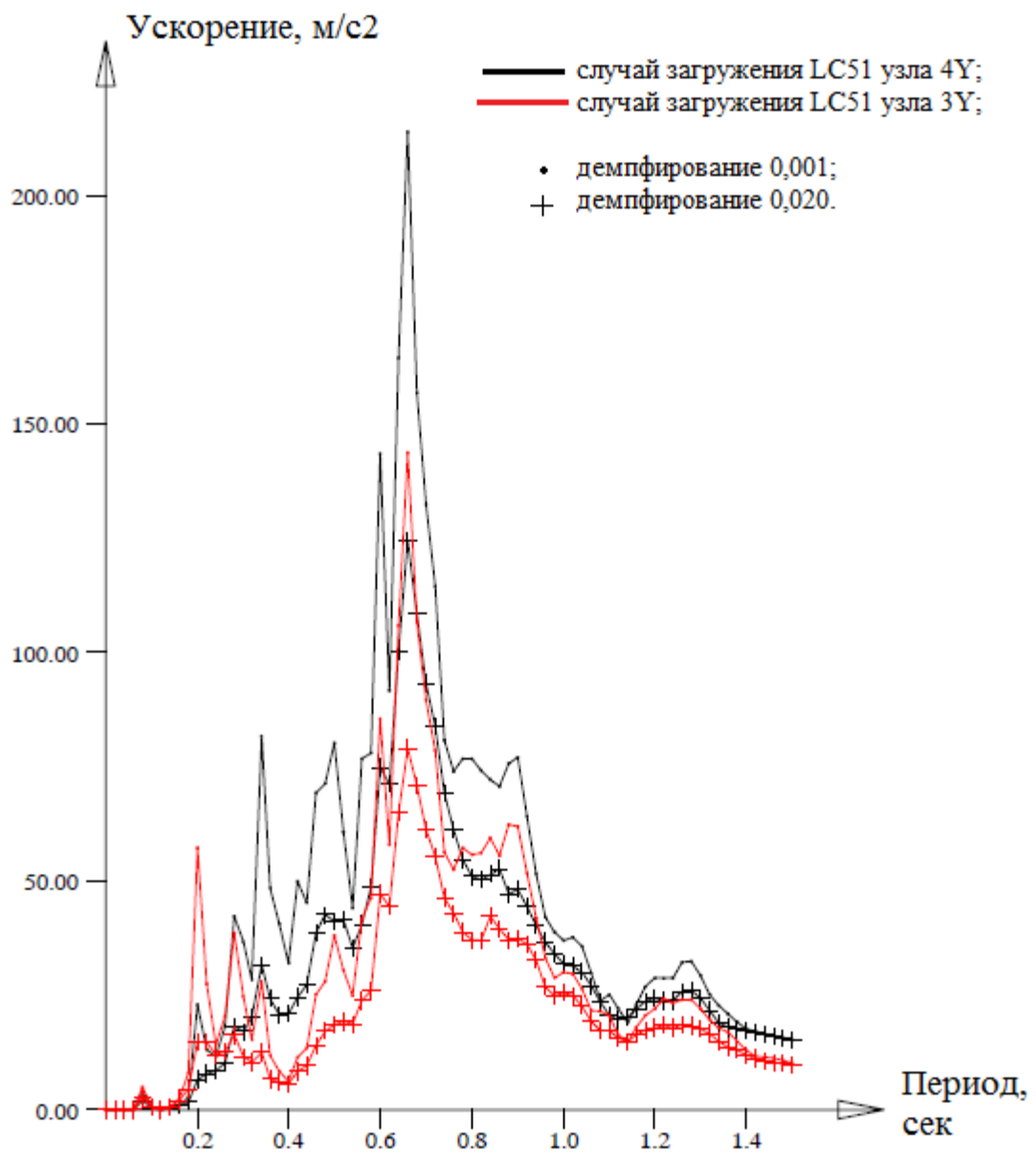


Рис. 3.2.4 – Демпфирование колебаний