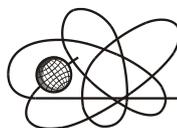




Российская Академия Наук

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ
БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ
АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**



ИБРАЭ

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

**NUCLEAR SAFETY
INSTITUTE**

Препринт ИБРАЭ № ИБРАЭ-2002-11

Preprint IBRAE-2002-11

В. Б. Высочанский, Р. Т. Исламов

**СВОЙСТВА КОЭФФИЦИЕНТА
СТОХАСТИЧЕСКОЙ АППРОКСИМАЦИИ ДЛЯ
КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Москва
2002

Moscow
2002

УДК (621.311.25:681.321)-192

Высочанский В.Б., Исламов Р.Т. СВОЙСТВА КОЭФФИЦИЕНТА СТОХАСТИЧЕСКОЙ АППРОКСИМАЦИИ ДЛЯ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ. Препринт № ИБРАЭ-2002-11. Москва: Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, 2002. 21 с. — Библиогр.: 3 назв.

Аннотация

В данной работе представлены результаты исследования свойств коэффициента стохастической аппроксимации для колебательных процессов. Целью этого исследования является определение свойств коэффициента стохастической аппроксимации при изменении параметров функции, описывающей колебательный процесс. На стандартных функциях показана зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от таких параметров, как среднее значение, амплитуда и фаза функции. Было проведено дополнительное исследование зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от области определения функции.

©ИБРАЭ РАН, 2002

Visochanskiy V.B., Islamov R.T. STOCHASTIC APPROXIMATION RATIO'S PROPERTY FOR OSCILLATING PROCESSES. (In Russian). Preprint IBRAE-2002-11. Moscow: Nuclear Safety Institute RAS, 2002. 21 p. — Refs.: 3 items.

Abstract

Results of stochastic approximation ratio's property analysis for oscillating processes are presented in this paper. Determination of stochastic approximation ratio's property in the variation of oscillating function parameters is a purpose of the research. Dependence of stochastic approximation ratio's on such parameters as, function's mean value, magnitude and phase is carried out for standard function. Additional investigation of dependence of stochastic approximation ratio's on range of definition of is developed.

©Nuclear Safety Institute, 2002

Свойства коэффициента стохастической аппроксимации для колебательных процессов

Высочанский В.Б., Исламов Р.Т.

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
113191, Москва, ул. Б. Тульская, 52
тел.: +7(095) 955-22-89, эл. почта: vsch@ibrae.ac.ru

Содержание

Содержание	3
Введение	3
1. Исследование зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от области определения функции	4
2. Исследование зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от разницы амплитуд	5
3. Исследование зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от разницы средних значений	9
4. Исследование зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от разницы фаз	13
5. Исследование зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от аддитивной постоянной	18
6. Выводы	20
Список литературы	21

Введение

В данной работе представлены результаты исследования свойств коэффициента стохастической аппроксимации для колебательных процессов. Целью этого исследования является определение свойств коэффициента стохастической аппроксимации при изменении параметров функции, описывающей колебательный процесс. Зачастую экспериментальные и расчетные кривые отличаются друг от друга в одном или нескольких параметрах на какую-то величину. Коэффициент стохастической аппроксимации предоставляет информацию о близости данных кривых. В данной ситуации возникает вопрос: насколько коэффициент стохастической аппроксимации чувствителен к изменениям параметров исследуемой функции? В этой работе на стандартных функциях показана зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от таких параметров, как среднее значение и амплитуда функции. Для колебательных процессов важную роль играет соответствие фаз расчетных и экспериментальных кривых. В работе проведены исследования зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от разницы фазы исследуемых функций. В качестве исследуемой функции выбрана функция $y = \sin(x)$, как наиболее распространенная среди функций, описывающих колебательные процессы. В разделе 2 предоставлены результаты исследования зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от разницы амплитуд двух функций. В разделе 3 предоставлены результаты исследования зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от разницы средних значений. В разделе 4 предоставлены результаты исследования зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от разницы фаз. Исследования зависимости от разницы амплитуд и средних значений проводились для синфазных функций. Исследования зависимости от разницы фаз и средних значений проводились для функций с равными амплитудами. Все три исследования проводились для нескольких значений аддитивной постоянной, добавляемой к двум сравниваемым функциям. Зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от данной константы представлена в разделе 5. Все исследования проводились для $x \in [0, 2\pi]$. Так как неочевидно, что коэффициент стохастической аппроксимации не зависит от области определения функции, иными словами от количества рассматриваемых периодов, то было проведено дополнительное исследование, посвященное этой теме. Результаты исследования зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от области определения функции представлены в разделе 1.

1. Исследование зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от области определения функции

Разница между коэффициентами стохастической аппроксимации для периодических функций, определенных на одном и нескольких периодах будет наибольшей при варьировании фазы, нежели при варьировании среднего значения и амплитуды функции. Проварьируем фазу $y = \sin(x)$ для $x \in [0, 2\pi]$ и для $x \in [0, 20\pi]$, иными словами для функции, определенной на одном и на десяти периодах. Вычислим коэффициент стохастической аппроксимации для функций

$$y = \sin(x) \text{ и}$$

$$y = \sin(x - \pi r), \pi r - \text{разница фаз.}$$

График функций представлен на рисунке 1.1.

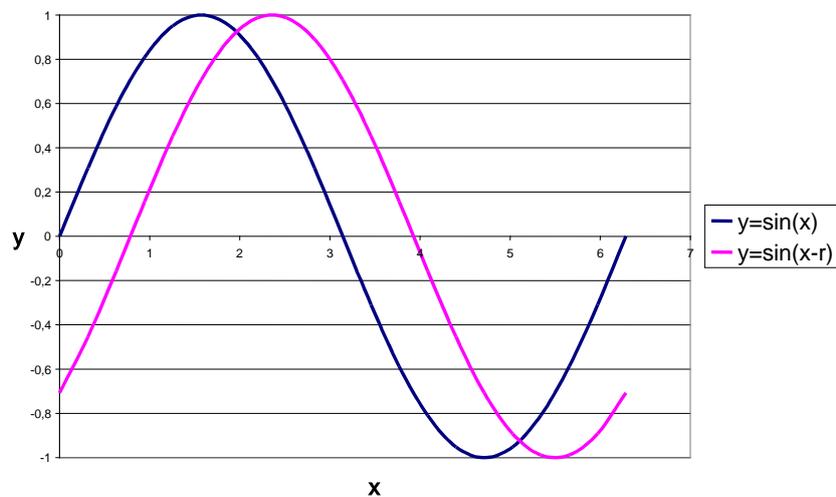


Рисунок 1.1

В силу симметричности и периодичности функции $y = \sin(x)$ рассмотрение разницы фаз большего π не имеет смысла. В таблице 1.1 и на рисунке 1.2 представлена зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от разницы фаз для областей определения функции $[0, 2\pi]$ и $[0, 20\pi]$.

Таблица 1.1. Зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от разницы фаз для областей определения функции $[0, 2\pi]$ и $[0, 20\pi]$

r	2π	20π
0	0,988927	0,988927
0,1	0,75496	0,756867
0,2	0,54988	0,552605
0,3	0,385745	0,388257
0,4	0,260573	0,2623
0,5	0,169874	0,170765
0,6	0,10777	0,108085
0,7	0,067963	0,068011
0,8	0,044534	0,044516
0,9	0,032625	0,032615
1	0,013131	0,02903

Зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от разницы фаз для областей определения функции $[0, 2\pi]$ и $[0, 20\pi]$

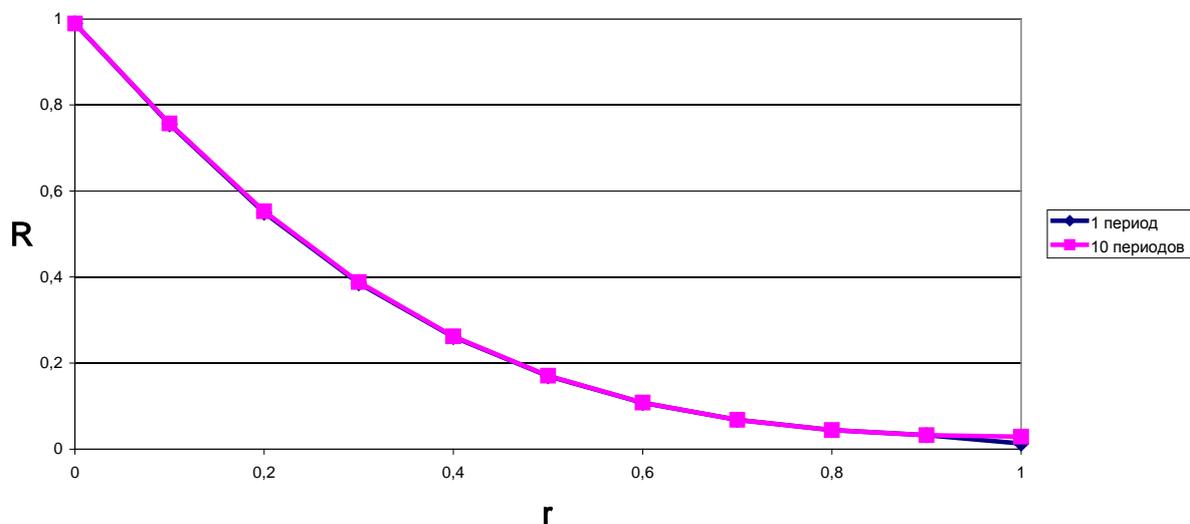


Рисунок 1.2

Как видно из таблицы 1.1 и рисунка 1.2 значения коэффициента стохастической аппроксимации для функций, определённых на $[0, 2\pi]$ практически для всех значений r , отличаются от значений коэффициента стохастической аппроксимации для функций, определённых на $[0, 20\pi]$ не более чем на 0,7 %.

Вывод: Для исследования зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от разницы амплитуд, средних значений и фаз, достаточно рассматривать функции, определённые на одном периоде.

2. Исследование зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от разницы амплитуд

В этом разделе проведено исследование зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от разницы амплитуд. Для этого рассчитывался коэффициент стохастической аппроксимации для функций

$$y = \sin(x) + C \text{ и}$$

$$y = (1+a)\sin(x) + C$$

$a \in [0; 1]$ – разность амплитуд;

$C = 0; 1; \dots; 10$ - аддитивная постоянная.

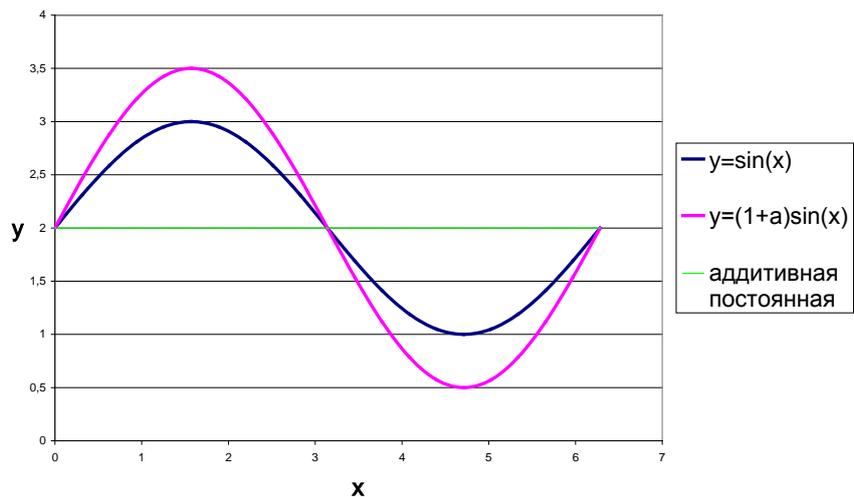


Рисунок 2.1

Результаты расчетов для значений аддитивной константы 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10 представлены в таблице 2.1 и на рисунке 2.2.

Зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от разницы амплитуд

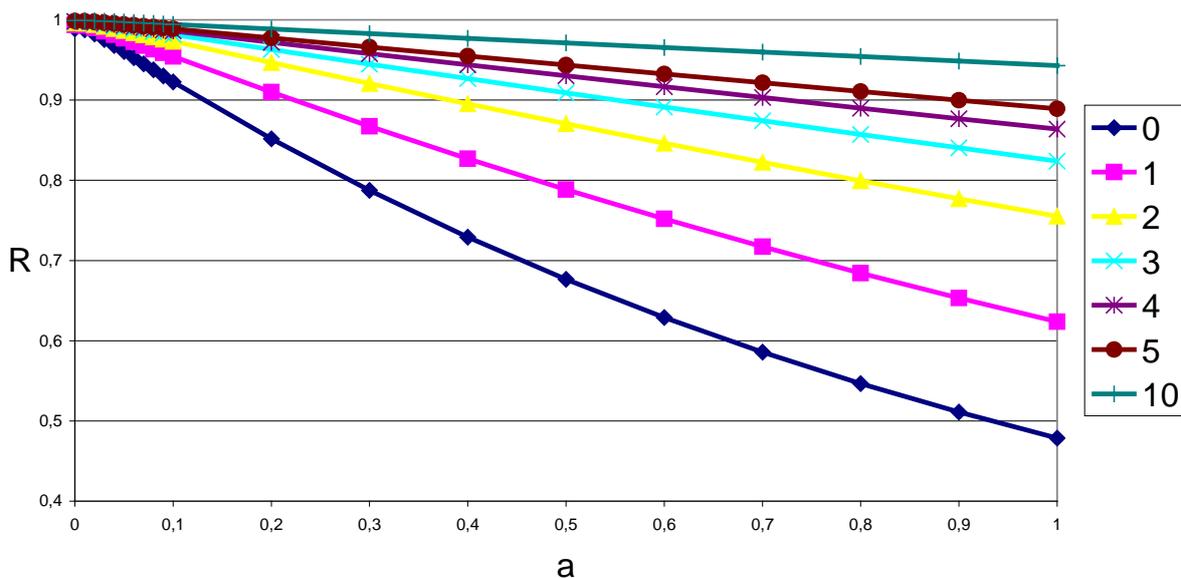


Рисунок 2.2

Таблица 2.1. Зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от разницы амплитуд

Разница амплитуд, a	Аддитивная постоянная, C						
	0	1	2	3	4	5	10
0	0,988927	0,993621	0,996319	0,997466	0,998077	0,998453	0,999221
0,01	0,987705	0,992902	0,995901	0,997178	0,997858	0,998277	0,999132
0,02	0,982296	0,989753	0,994076	0,995921	0,996904	0,997509	0,998745
0,03	0,975388	0,985717	0,991734	0,994306	0,995678	0,996522	0,998247
0,04	0,967997	0,981376	0,98921	0,992564	0,994355	0,995457	0,99771
0,05	0,96044	0,976915	0,98661	0,990769	0,99299	0,994359	0,997156

0,06	0,952836	0,972402	0,983973	0,988948	0,991605	0,993244	0,996593
0,07	0,945239	0,967867	0,981319	0,987112	0,990209	0,992119	0,996026
0,08	0,937675	0,963328	0,978655	0,985268	0,988807	0,990989	0,995455
0,09	0,930158	0,958792	0,975986	0,98342	0,9874	0,989856	0,994882
0,1	0,922697	0,954264	0,973317	0,981569	0,985991	0,988721	0,994308
0,2	0,851697	0,909865	0,946783	0,963094	0,971896	0,977348	0,988547
0,3	0,787361	0,867387	0,92075	0,94481	0,957892	0,966023	0,982788
0,4	0,729195	0,826913	0,89529	0,926767	0,944014	0,954775	0,977044
0,5	0,676597	0,788423	0,870422	0,908977	0,930272	0,943609	0,971317
0,6	0,628991	0,751873	0,846156	0,891447	0,916669	0,932529	0,96561
0,7	0,585845	0,717204	0,822498	0,874183	0,903209	0,921537	0,959922
0,8	0,546681	0,684351	0,79945	0,857187	0,889895	0,910635	0,954253
0,9	0,511071	0,65324	0,777012	0,840464	0,876728	0,899823	0,948605
1	0,478632	0,623796	0,755182	0,824016	0,86371	0,889103	0,942978

При малых изменениях амплитуды зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от разницы амплитуд имеет линейный характер, рис. 2.3.

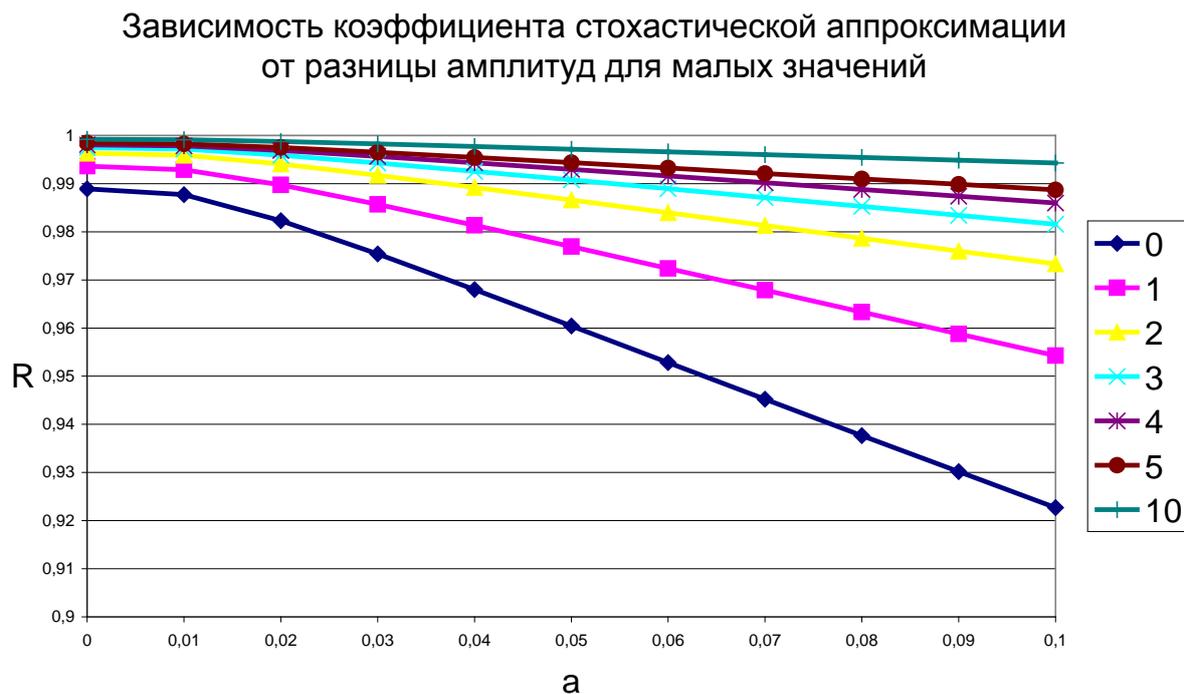


Рисунок 2.3

В таблице 2.2 и на рисунке 2.4 представлена разница между коэффициентами стохастической аппроксимации, соответствующими двум соседним значениям разницы амплитуд $dR = R_{i+1} - R_i$; ($i = 0; 1; \dots; 10$).

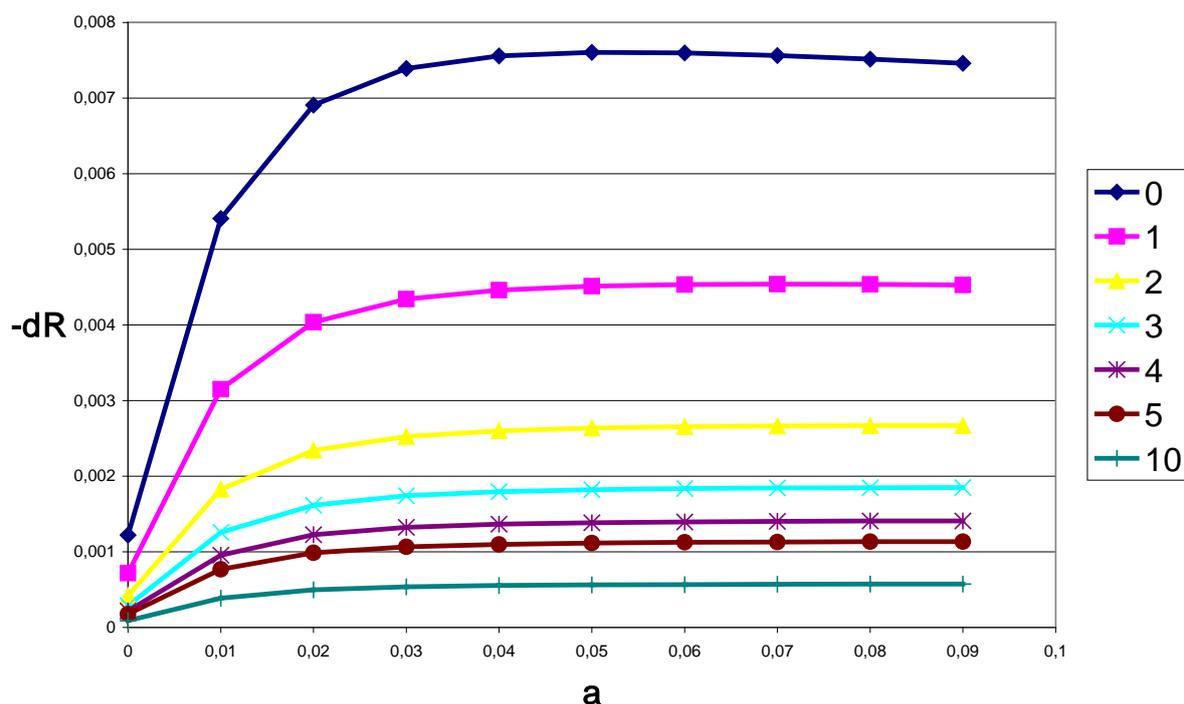


Рисунок 2.4

Таблица 2.2. Зависимость разницы между коэффициентами стохастической аппроксимации, соответствующими двум соседним значениям разницы амплитуд от разницы амплитуд

Разница амплитуд, а	Аддитивная постоянная, С						
	0	1	2	3	4	5	10
0	0,001222	0,000719	0,000418	0,000288	0,000219	0,000176	8,9E-05
0,01	0,005409	0,003149	0,001825	0,001257	0,000954	0,000768	0,000387
0,02	0,006908	0,004036	0,002342	0,001615	0,001226	0,000987	0,000498
0,03	0,007391	0,004341	0,002524	0,001742	0,001323	0,001065	0,000537
0,04	0,007557	0,004461	0,0026	0,001795	0,001365	0,001098	0,000554
0,05	0,007604	0,004513	0,002637	0,001821	0,001385	0,001115	0,000563
0,06	0,007597	0,004535	0,002654	0,001836	0,001396	0,001125	0,000567
0,07	0,007564	0,004539	0,002664	0,001844	0,001402	0,00113	0,000571
0,08	0,007517	0,004536	0,002669	0,001848	0,001407	0,001133	0,000573
0,09	0,007461	0,004528	0,002669	0,001851	0,001409	0,001135	0,000574

Если стационарные участки аппроксимировать константами, то при малых значениях разницы амплитуд зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от разницы амплитуд имеет следующий вид:

$$dR = -\alpha_c da,$$

где a – разница амплитуд;

α_c - коэффициент пропорциональности, зависящий от аддитивной постоянной, равный отношению аппроксимированной разницы между коэффициентами стохастической аппроксимации, соответствующими

щими двум соседним значениям разницы амплитуд к разнице между данными двумя значениями разницы амплитуд:

$$\alpha_c = \frac{\overline{dR}}{da};$$

$\overline{dR} = \overline{R_{i+1} - R_i}$; ($i = 0;1;\dots;10$) - аппроксимированная разница между коэффициентами стохастической аппроксимации, соответствующими двум соседним значениям разницы амплитуд;

$da = a_{i+1} - a_i$; ($i = 0;1;\dots;10$) - разнице между двумя соседними значениями разницы амплитуд.

Так как при разнице амплитуд равной нулю коэффициент стохастической аппроксимации в предельном случае должен быть равен 1.

При $a=0, R=1$. Тогда

$$R = 1 - \alpha_c a \quad (*)$$

Коэффициенты пропорциональности α_c представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3. Коэффициенты пропорциональности между коэффициентом стохастической аппроксимации и разницей амплитуд, для различных значений аддитивной постоянной

c	α_c
0	0,7604
1	0,4513
2	0,2637
3	0,1821
4	0,1385
5	0,1115
10	0,0563

Вывод: коэффициент стохастической аппроксимации для периодических функций при малых значениях разницы амплитуд $\delta A \ll A$ линейно зависит от разницы амплитуд (*), при разнице амплитуд порядка амплитуды $\delta A \sim A$ функция $R = f(\delta A)$, при увеличении δA монотонно убывает см. рис. 2.2.

3. Исследование зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от разницы средних значений

В этом разделе проведено исследование зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от разницы средних значений. Для этого рассчитывался коэффициент стохастической аппроксимации для функций

$$y = \sin(x) + C \text{ и}$$

$$y = \sin(x) + c + C$$

$c \in [0;1]$ – разница средних значений;

$C = 0; 1; \dots; 10$ - аддитивная постоянная.

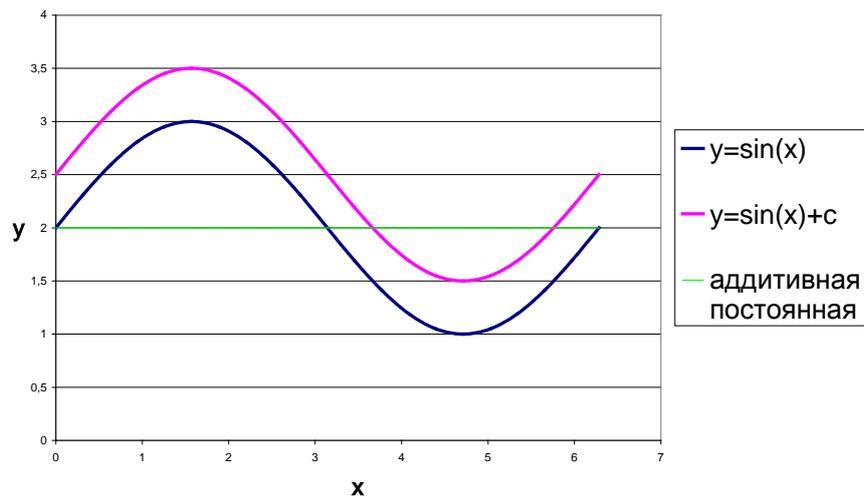


Рисунок 3.1

Результаты расчетов для значений аддитивной константы 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10 представлены в таблице 3.1 и на рисунке 3.2.

Зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от разницы средних значений

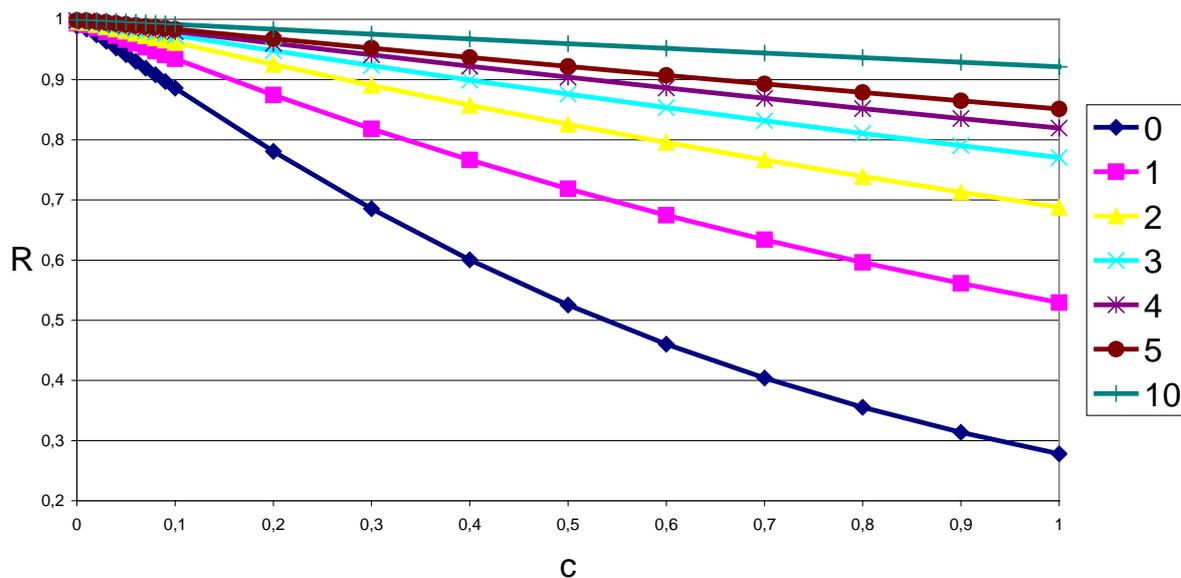


Рисунок 3.2

Таблица 3.1. Зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от разницы средних значений

Разница средних значений, c	Аддитивная постоянная, C						
	0	1	2	3	4	5	10
0	0,988927	0,993621	0,996319	0,997466	0,998077	0,998453	0,99921
0,01	0,984147	0,99088	0,994732	0,996372	0,997246	0,997785	0,998884
0,02	0,974465	0,985322	0,99151	0,99415	0,995558	0,996426	0,998198
0,03	0,963669	0,979129	0,987913	0,991666	0,99367	0,994904	0,99743

0,04	0,952567	0,972766	0,984206	0,989103	0,99172	0,993333	0,996636
0,05	0,94138	0,966359	0,980463	0,986511	0,989747	0,991743	0,995831
0,06	0,930187	0,959951	0,976709	0,983909	0,987764	0,990144	0,995021
0,07	0,919027	0,953564	0,972957	0,981304	0,985778	0,988541	0,994209
0,08	0,907919	0,947207	0,969212	0,9787	0,983791	0,986938	0,993395
0,09	0,896874	0,940887	0,965478	0,9761	0,981806	0,985334	0,992581
0,1	0,885901	0,934606	0,961756	0,973506	0,979823	0,983732	0,991766
0,2	0,780877	0,874193	0,925369	0,947943	0,960205	0,96784	0,983643
0,3	0,685523	0,818198	0,890583	0,923156	0,941035	0,952236	0,975589
0,4	0,600454	0,766429	0,857379	0,899152	0,922327	0,936933	0,967612
0,5	0,525584	0,718621	0,825698	0,875916	0,904074	0,921931	0,959714
0,6	0,460366	0,674495	0,795477	0,853426	0,886267	0,907225	0,951893
0,7	0,403963	0,633772	0,766653	0,831661	0,868898	0,89281	0,944151
0,8	0,355406	0,596185	0,739161	0,810597	0,851957	0,87868	0,936486
0,9	0,313699	0,561478	0,712938	0,790214	0,835433	0,864832	0,928898
1	0,277894	0,529419	0,687923	0,770489	0,819316	0,851259	0,921386

При малых изменениях среднего значения зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от разницы средних значений имеет линейный характер, рис. 3.3.

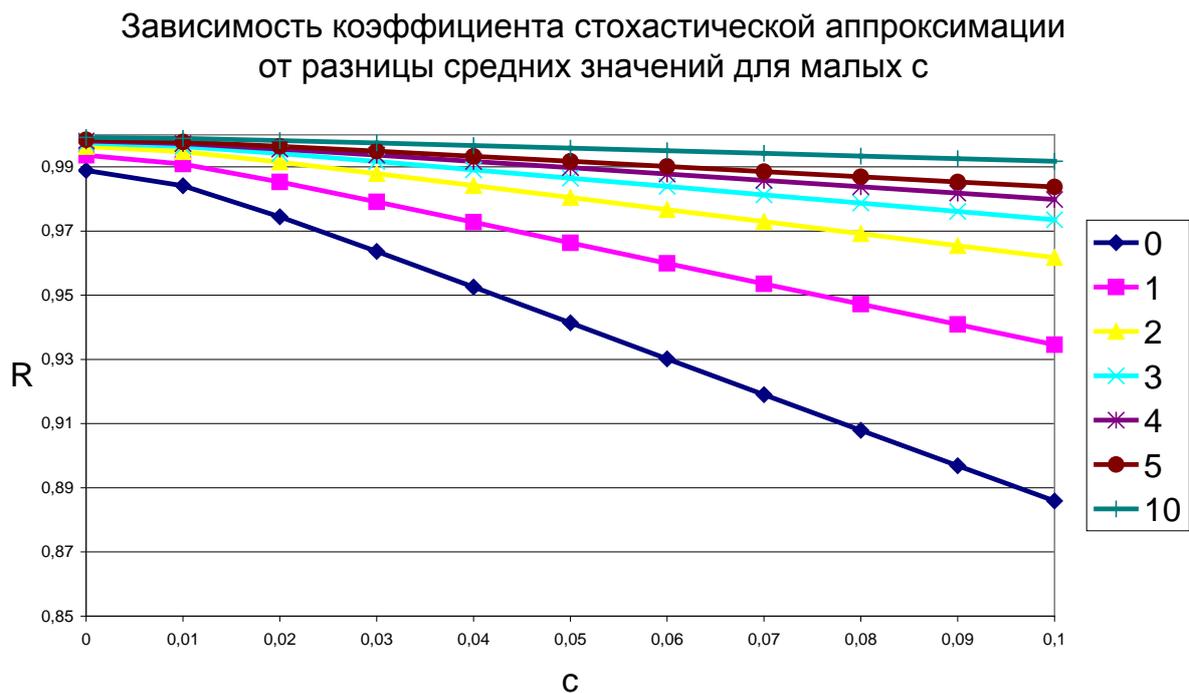


Рисунок 3.3

В таблице 3.2 и на рисунке 3.4 представлена разница между коэффициентами стохастической аппроксимации, соответствующими двум соседним значениям разницы средних значений $dR = R_{i+1} - R_i$; ($i = 0;1;\dots;10$).

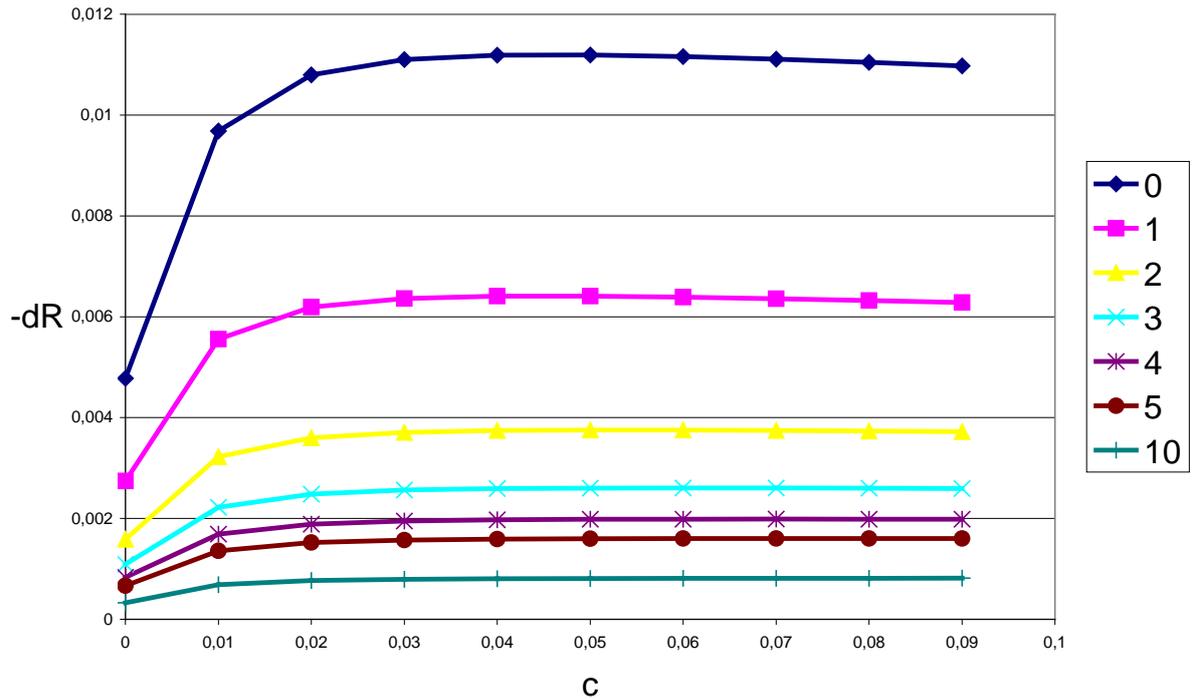


Рисунок 3.4

Таблица 3.2. Зависимость разницы между коэффициентами стохастической аппроксимации, соответствующими двум соседним значениям разницы средних значений от разницы средних значений

Разница средних значений, с	Аддитивная постоянная, С						
	0	1	2	3	4	5	10
0	0,00478	0,002741	0,001587	0,001094	0,000831	0,000668	0,000326
0,01	0,009682	0,005558	0,003222	0,002222	0,001688	0,001359	0,000686
0,02	0,010796	0,006193	0,003597	0,002484	0,001888	0,001522	0,000768
0,03	0,011102	0,006363	0,003707	0,002563	0,00195	0,001571	0,000794
0,04	0,011187	0,006407	0,003743	0,002592	0,001973	0,00159	0,000805
0,05	0,011193	0,006408	0,003754	0,002602	0,001983	0,001599	0,00081
0,06	0,01116	0,006387	0,003752	0,002605	0,001986	0,001603	0,000812
0,07	0,011108	0,006357	0,003745	0,002604	0,001987	0,001603	0,000814
0,08	0,011045	0,00632	0,003734	0,0026	0,001985	0,001604	0,000814
0,09	0,010973	0,006281	0,003722	0,002594	0,001983	0,001602	0,000815

Если стационарные участки аппроксимировать константами, то при малых значениях разницы средних значений зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от разницы средних значений имеет следующий вид:

$$dR = -\beta_c dc$$

где с – разница средних значений;

β_c - коэффициент пропорциональности, зависящий от аддитивной постоянной, равный отношению аппроксимированной разницы между коэффициентами стохастической аппроксимации, соответствующими двум соседним значениям разницы средних значений к разнице между данными двумя значениями разницы средних значений:

$$\beta_c = \frac{\overline{dR}}{dc};$$

$\overline{dR} = \overline{R_{i+1} - R_i}$; ($i = 0;1;\dots;10$) - аппроксимированная разница между коэффициентами стохастической аппроксимации, соответствующими двум соседним значениям разницы средних значений;

$dc = c_{i+1} - c_i$; ($i = 0;1;\dots;10$) - разница между двумя соседними значениями разницы средних значений.

Так как при разнице средних значений равной нулю коэффициент стохастической аппроксимации в предельном случае должен быть равен 1.

При $c=0$, $R=1$. Тогда

$$R = 1 - \beta_c c \quad (**)$$

Коэффициенты пропорциональности β_c представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3. Коэффициенты пропорциональности между коэффициентом стохастической аппроксимации и разницей средних значений, для различных значений аддитивной постоянной

c	β_c
0	1,1193
1	0,6408
2	0,3754
3	0,2602
4	0,1983
5	0,1599
10	0,081

Вывод: коэффициент стохастической аппроксимации для периодических функций при малых значениях разницы средних значений $\delta C \ll C$ линейно зависит от разницы средних значений (**), при разнице средних значений порядка среднего значения $\delta C \sim C$ функция $R = f(\delta C)$, при увеличении δC монотонно убывает см. рис. 3.2.

4. Исследование зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от разницы фаз

В этом разделе проведено исследование зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от разницы фаз. Для этого рассчитывался коэффициент стохастической аппроксимации для функций

$$y = \sin(x) + C \text{ и}$$

$$y = \sin(x - \pi r) + C$$

$$r \in [0;1];$$

$C = 0; 1; \dots; 10$ - аддитивная постоянная.

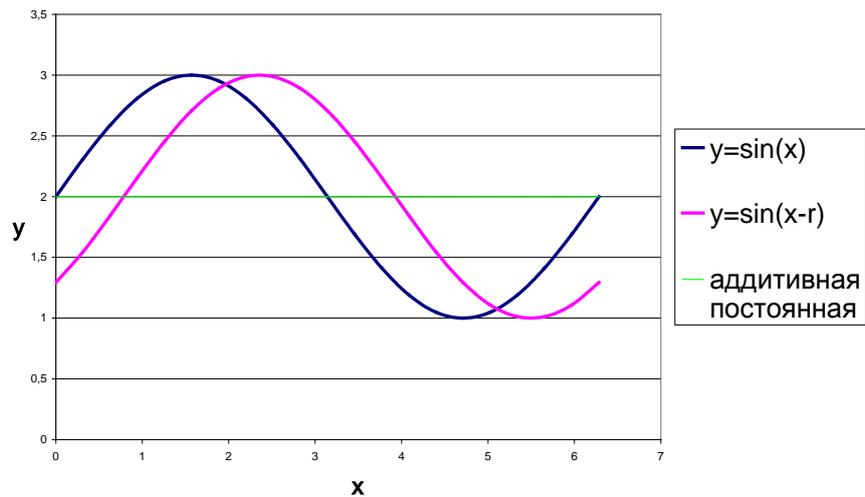


Рисунок 4.1

Результаты расчетов для значений аддитивной константы 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10 представлены в таблице 4.1 и на рисунке 4.2.

Зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от разницы фаз

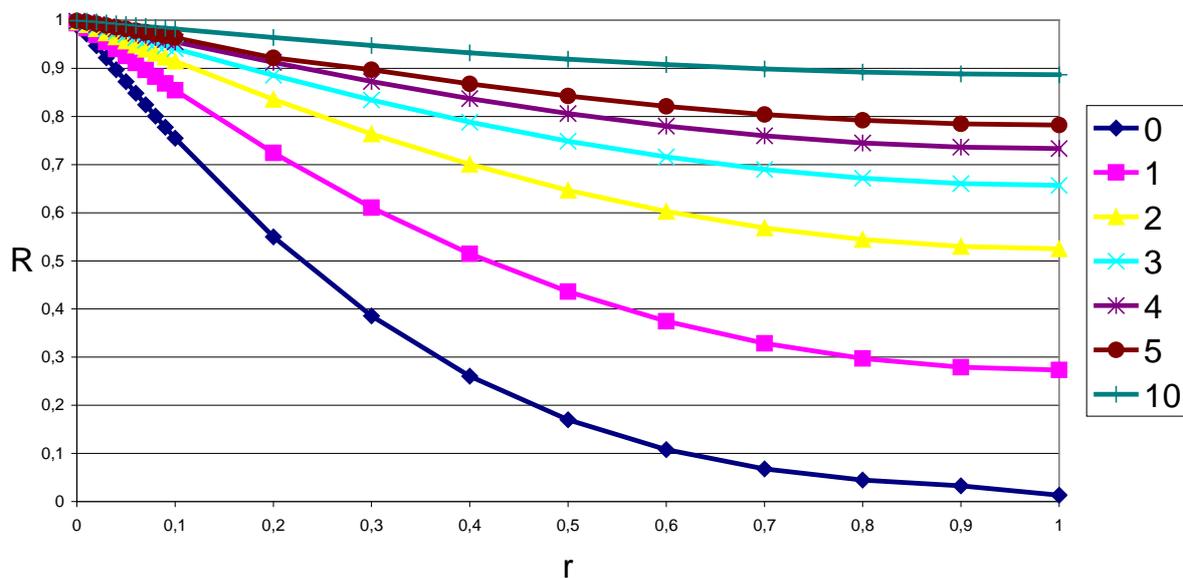


Рисунок 4.2

Таблица 4.1. Зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от разницы фаз

r	Аддитивная постоянная, C						
	0	1	2	3	4	5	10
0	0,988927	0,993621	0,996319	0,997466	0,998077	0,998453	0,999221
0,01	0,971638	0,983628	0,990542	0,993488	0,995057	0,996023	0,997996
0,02	0,946932	0,969282	0,982227	0,987754	0,990702	0,992518	0,996228
0,03	0,92188	0,95465	0,973719	0,981881	0,986238	0,988923	0,994413

0,04	0,897007	0,940034	0,965193	0,975986	0,981754	0,985311	0,992588
0,05	0,872429	0,925503	0,956688	0,970098	0,977272	0,981699	0,990761
0,06	0,848191	0,91108	0,948219	0,964226	0,9728	0,978092	0,988936
0,07	0,824314	0,89678	0,939792	0,958377	0,96831	0,974495	0,987113
0,08	0,800811	0,882611	0,931414	0,952552	0,963897	0,970909	0,985295
0,09	0,777691	0,868578	0,923087	0,946755	0,959472	0,967366	0,983481
0,1	0,75496	0,854686	0,914815	0,940988	0,955065	0,963777	0,981673
0,2	0,54988	0,724205	0,83555	0,885284	0,912334	0,92174	0,964006
0,3	0,385745	0,610487	0,763713	0,834041	0,872725	0,896953	0,947407
0,4	0,260573	0,514498	0,700501	0,788265	0,837076	0,867824	0,93227
0,5	0,169874	0,43615	0,64667	0,748708	0,806048	0,842366	0,918932
0,6	0,10777	0,374634	0,602617	0,715892	0,78014	0,821027	0,907671
0,7	0,067963	0,328748	0,568484	0,69015	0,759708	0,804142	0,898704
0,8	0,044534	0,297214	0,544255	0,67171	0,744991	0,791947	0,892194
0,9	0,032625	0,278922	0,529845	0,66065	0,736133	0,784591	0,88825
1	0,013131	0,273119	0,525163	0,65702	0,73321	0,782155	0,886935

При малых изменениях фазы зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от разницы фаз имеет линейный характер, рис. 4.3.

Зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от разницы фаз для малых значений

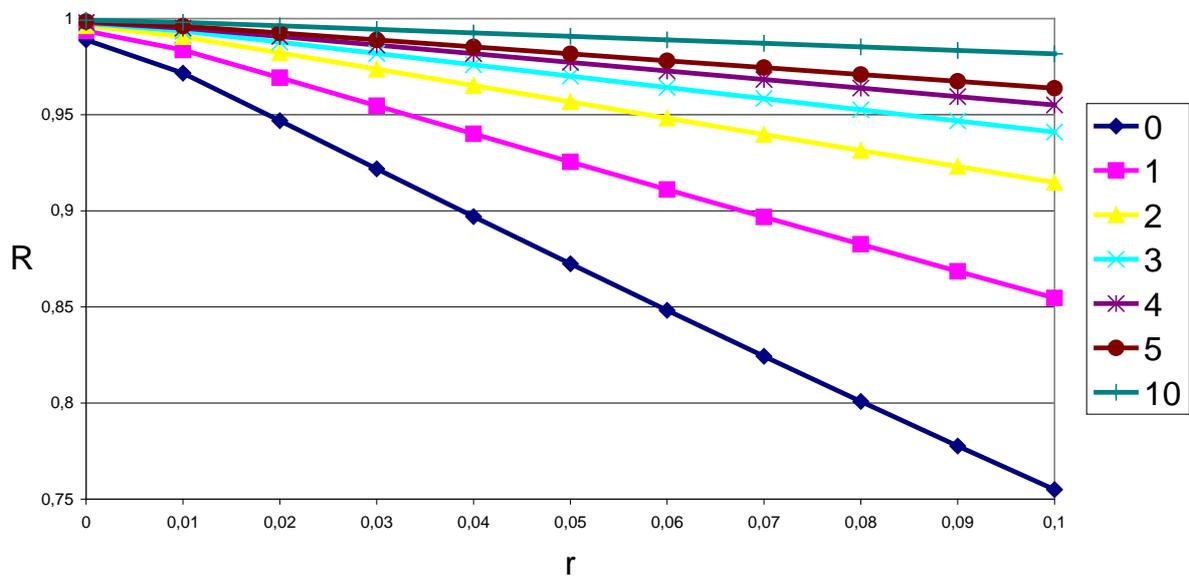


Рисунок 4.3

В таблице 4.2 и на рисунке 4.4 представлена разница между коэффициентами стохастической аппроксимации, соответствующими двум соседним значениям разницы фаз $dR = R_{i+1} - R_i$; ($i = 0; 1; \dots; 10$).

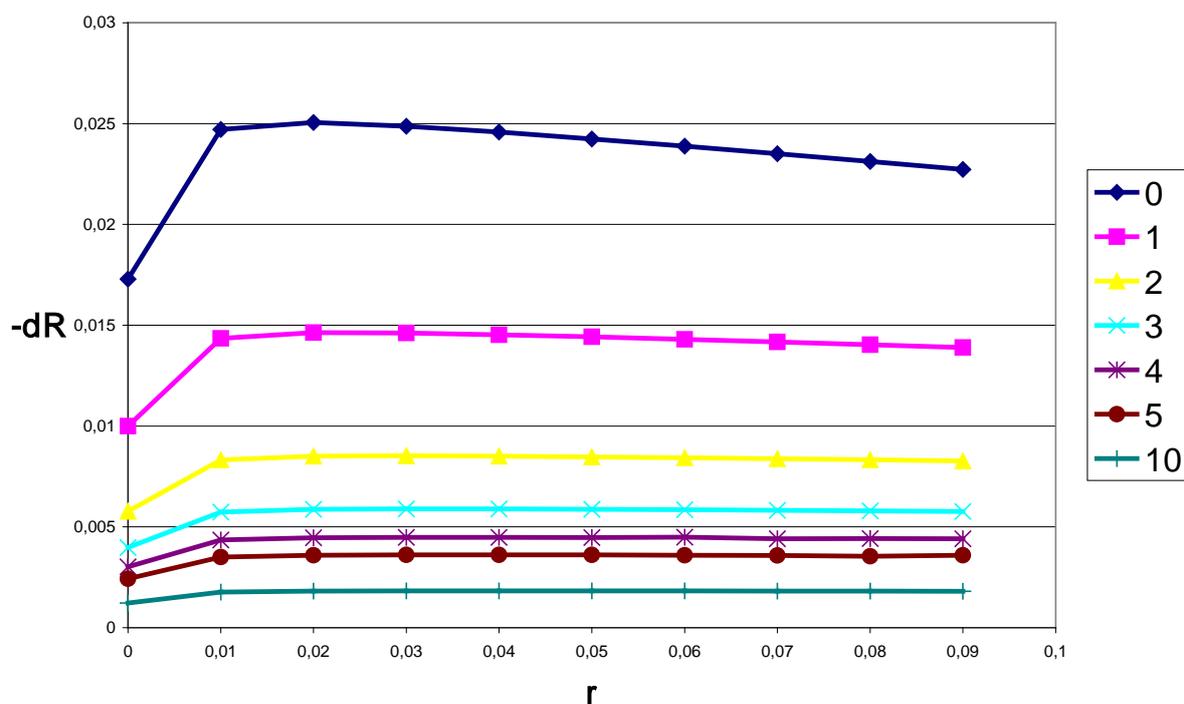


Рисунок 4.4

Таблица 4.2. Зависимость разницы между коэффициентами стохастической аппроксимации, соответствующими двум соседним значениям разницы фаз от разницы фаз

Разница фаз, r	Аддитивная постоянная, C						
	0	1	2	3	4	5	10
0	0,017289	0,009993	0,005777	0,003978	0,00302	0,00243	0,001225
0,01	0,024706	0,014346	0,008315	0,005734	0,004355	0,003505	0,001768
0,02	0,025052	0,014632	0,008508	0,005873	0,004464	0,003595	0,001815
0,03	0,024873	0,014616	0,008526	0,005895	0,004484	0,003612	0,001825
0,04	0,024578	0,014531	0,008505	0,005888	0,004482	0,003612	0,001827
0,05	0,024238	0,014423	0,008469	0,005872	0,004472	0,003607	0,001825
0,06	0,023877	0,0143	0,008427	0,005849	0,00449	0,003597	0,001823
0,07	0,023503	0,014169	0,008378	0,005825	0,004413	0,003586	0,001818
0,08	0,02312	0,014033	0,008327	0,005797	0,004425	0,003543	0,001814
0,09	0,022731	0,013892	0,008272	0,005767	0,004407	0,003589	0,001808

Если стационарные участки аппроксимировать константами, то при малых значениях разницы фаз зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от разницы фаз имеет следующий вид:

$$dR = -\gamma_C dr$$

где r – разница фаз;

γ_C – коэффициент пропорциональности, зависящий от аддитивной постоянной, равный отношению аппроксимированной разницы между коэффициентами стохастической аппроксимации, соответствующими двум соседним значениям разницы фаз к разнице между данными двумя значениями разницы фаз:

$$\gamma_C = \frac{\overline{dR}}{dr};$$

$\overline{dR} = \overline{R_{i+1} - R_i}$; ($i = 0;1;\dots;10$) - аппроксимированная разница между коэффициентами стохастической аппроксимации, соответствующими двум соседним значениям разницы фаз;

$dr = r_{i+1} - r_i$; ($i = 0;1;\dots;10$) - разница между двумя соседними значениями разницы фаз.

Так как при разнице фаз равной нулю коэффициент стохастической аппроксимации в предельном случае должен быть равен 1.

При $r=0$, $R=1$. Тогда

$$R = 1 - \gamma_C r \quad (***)$$

Коэффициенты пропорциональности γ_C представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3. Коэффициенты пропорциональности между коэффициентом стохастической аппроксимации и r , π – разница фаз, для различных значений аддитивной постоянной

C	γ_C
0	2,4238
1	1,4423
2	0,8469
3	0,5872
4	0,4472
5	0,3607
10	0,1825

При разнице фаз равной π сравниваемые функции находятся в противофазе. Значение коэффициента стохастической аппроксимации в этом случае минимально.

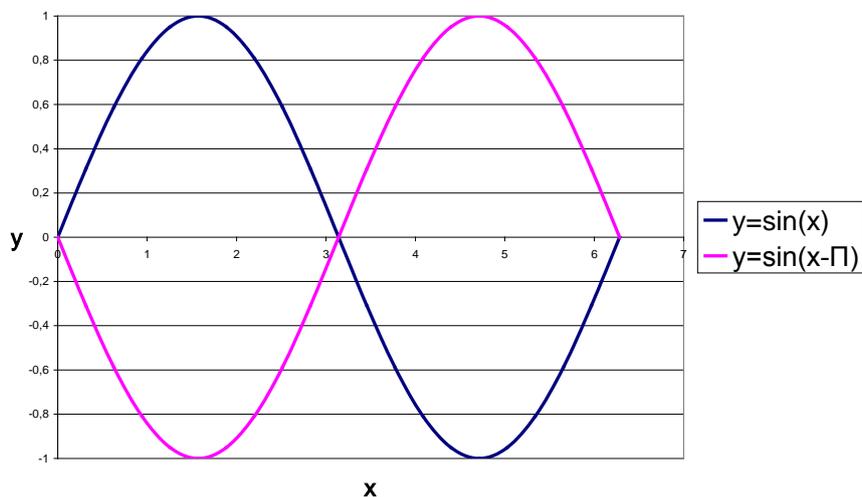


Рисунок 4.5

Таким образом, значения коэффициента стохастической аппроксимации при разнице фаз равной π можно принять минимальными для любой функции с соответствующим отношением среднего значения к разнице максимального и минимального значения. Это утверждение является предположением и требует дополнительного исследования. Данная зависимость представлена на рисунке 4.6.

Зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от аддитивной постоянной при разнице фаз равной π

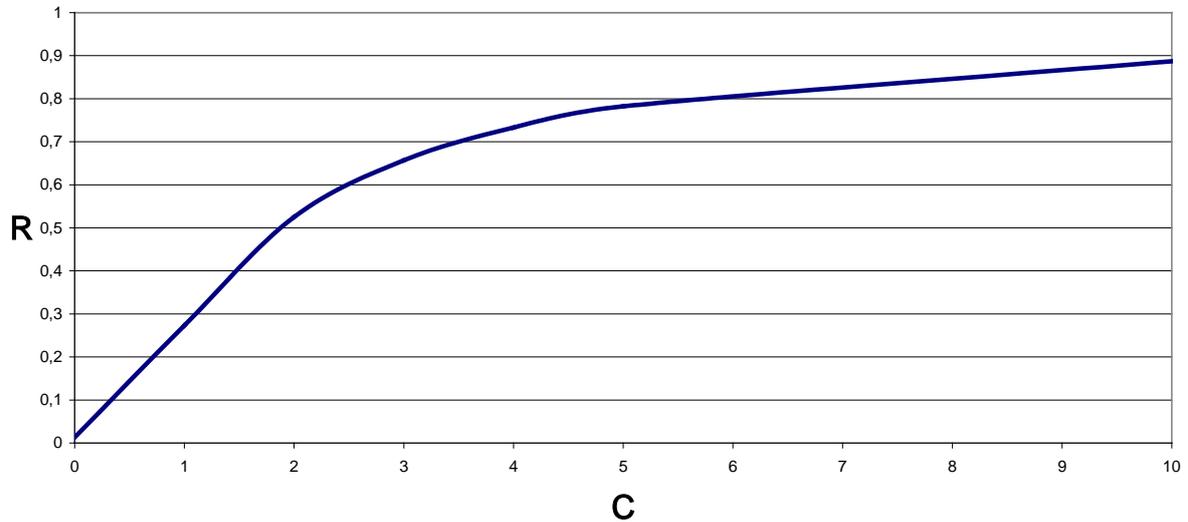


Рисунок 4.6

Вывод: коэффициент стохастической аппроксимации для периодических функций при малых значениях разницы фаз $\delta\varphi \ll \varphi$ линейно зависит от разницы фаз (***) , при разнице фаз порядка фазы $\delta\varphi \sim \varphi$ функция $R = f(\delta\varphi)$, при увеличении $\delta\varphi$ монотонно убывает см. рис. 4.2. Значения коэффициента стохастической аппроксимации при разнице фаз равной π можно принять минимальными для любой функции с соответствующим отношением среднего значения к разнице максимального и минимального значения см. рис. 4.6.

5. Исследование зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от аддитивной постоянной

В разделах 2, 3, 4 получены зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от разницы амплитуд a , средних значений c и фаз r двух функций при различных значениях аддитивной постоянной C . Коэффициенты пропорциональности α_C , β_C , γ_C (см. таблицы 2.3, 3.3, 4.3) зависят от C . Представляет интерес зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от аддитивной постоянной. Построим на графиках зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от аддитивной постоянной C при фиксированных значениях разницы амплитуд a (рис. 5.1), средних значений c (рис. 5.2) и фаз r (рис. 5.3) двух функций. Так как коэффициенты пропорциональности α_C , β_C , γ_C были получены с помощью аппроксимации dR константами, во избежание увеличения ошибки построим графики зависимостей α_C , β_C , γ_C от C исключив данную аппроксимацию.

Зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от аддитивной постоянной C при фиксированных значениях разницы амплитуд

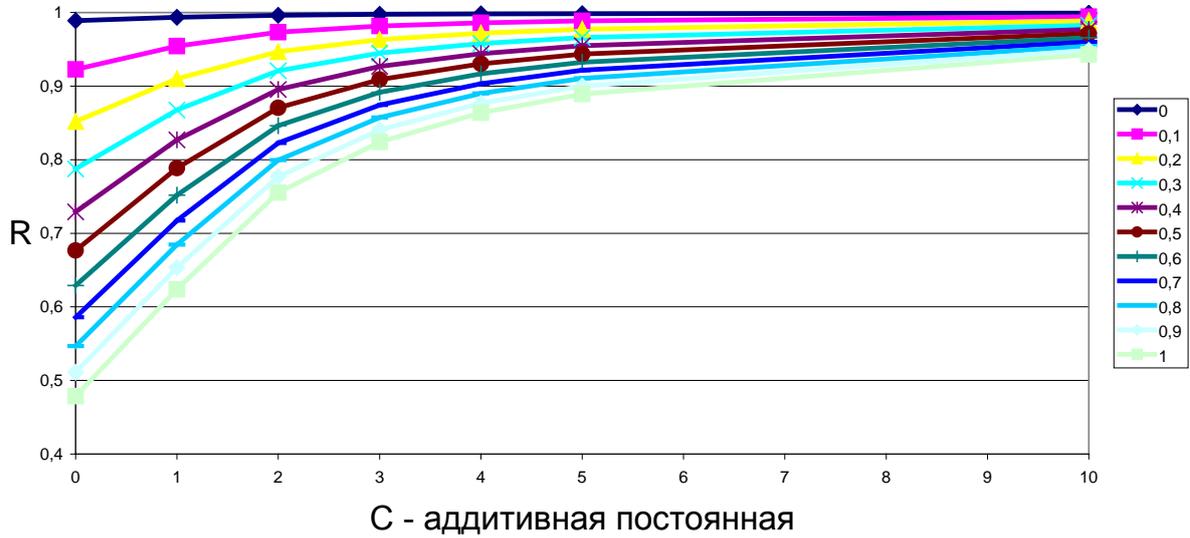


Рисунок 5.1

Зависимость коэффициента стохастической аппроксимации от аддитивной постоянной C при фиксированной разнице средних значений

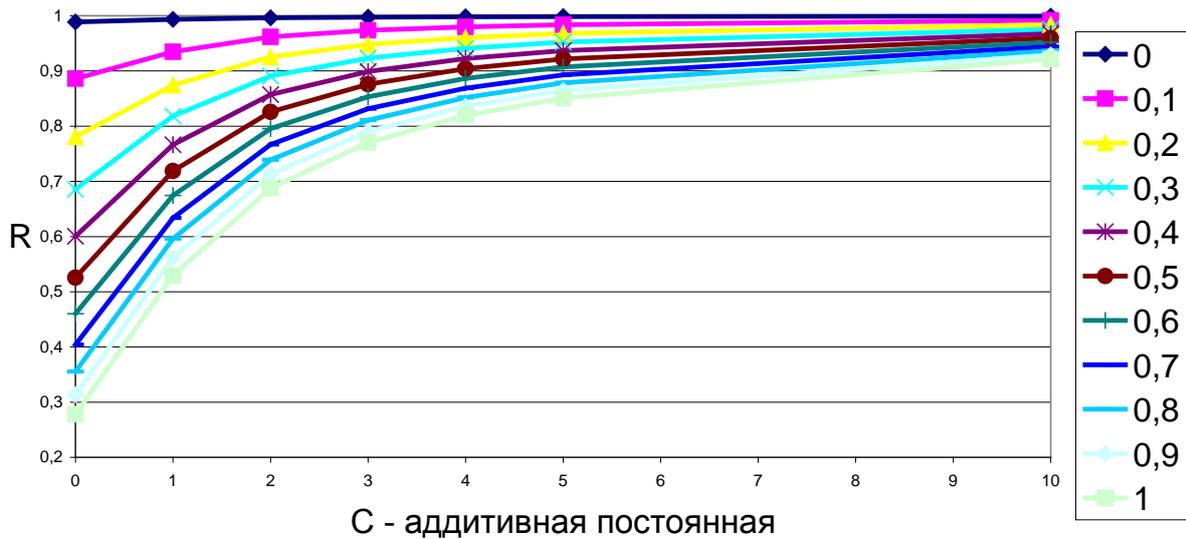


Рисунок 5.2

Зависимость коэффициента стохастической аппроксимации
от аддитивной постоянной C при фиксированных значениях
разницы фаз

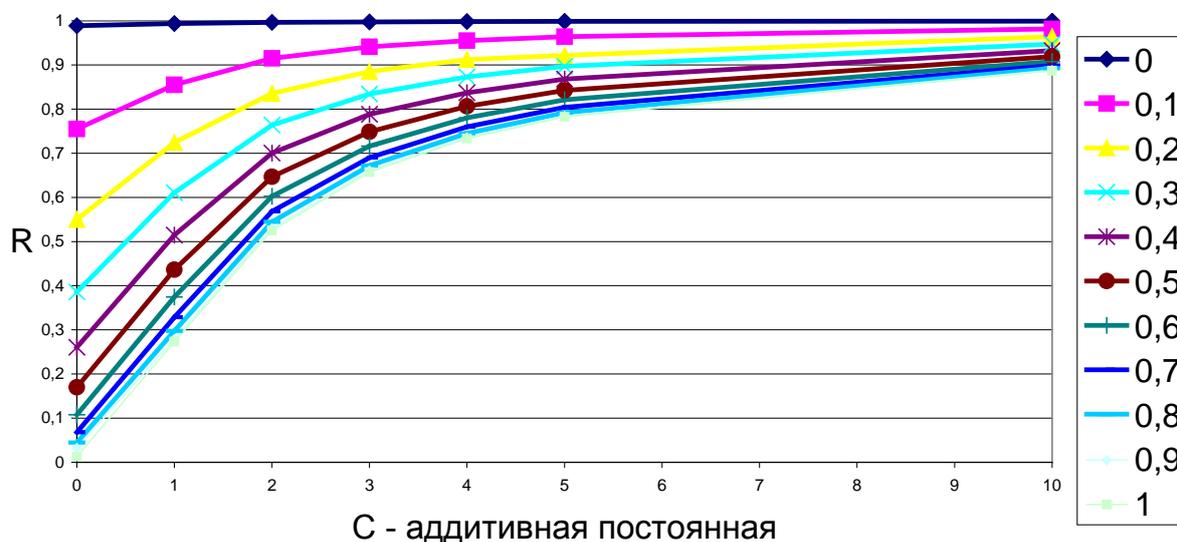


Рисунок 5.3

Вывод: функция $R = f(C)$ при увеличении C асимптотически приближается к константе $y=1$, иными словами при неизменной функции и увеличении аддитивной константы коэффициент стохастической аппроксимации стремится к единице.

6. Выводы

В этой работе показано, что для исследования зависимости коэффициента стохастической аппроксимации от разницы амплитуд, средних значений и фаз, достаточно рассматривать функции, определенные на одном периоде (см. Раздел 1 данного документа).

Коэффициент стохастической аппроксимации для периодических функций при малых значениях разницы амплитуд $\delta A \ll A$ линейно зависит от разницы амплитуд (*), при разнице амплитуд порядка амплитуды $\delta A \sim A$ функция $R = f(\delta A)$, при увеличении δA монотонно убывает см. рис. 2.2. Иными словами, при увеличении разницы амплитуд сравниваемых функций коэффициент стохастической аппроксимации уменьшается от единицы до минимального значения, соответствующего данному отношению среднего значения к разнице максимального и минимального значений.

Коэффициент стохастической аппроксимации для периодических функций при малых значениях разницы средних значений $\delta C \ll C$ линейно зависит от разницы средних значений (**), при разнице средних значений порядка среднего значения $\delta C \sim C$ функция $R = f(\delta C)$, при увеличении δC монотонно убывает см. рис. 3.2. Иными словами, при увеличении разницы средних значений сравниваемых функций коэффициент стохастической аппроксимации уменьшается от единицы до минимального значения, соответствующего данному отношению среднего значения к разнице максимального и минимального значений.

Коэффициент стохастической аппроксимации для периодических функций при малых значениях разницы фаз $\delta \varphi \ll \varphi$ линейно зависит от разницы фаз (***), при разнице фаз порядка фазы $\delta \varphi \sim \varphi$ функция $R = f(\delta \varphi)$, при увеличении $\delta \varphi$ монотонно убывает см. рис. 4.2. Иными словами, при увеличении разницы фаз сравниваемых функций коэффициент стохастической аппроксимации уменьшается от единицы до минимального значения, соответствующего данному отношению среднего значения к разнице максимального и минимального значений.

Значения коэффициента стохастической аппроксимации для функции $y=\sin(x)+C$ и $y=\sin(x-\varphi)+C$ при φ можно принять минимальными для любой функции с соответствующим отношением среднего значения к разнице максимального и минимального значения см. рис. 4.6.

Функция $R= f(C)$ при увеличении C асимптотически приближается к константе $y=1$, т.е. при неизменной функции и увеличении аддитивной константы коэффициент стохастической аппроксимации стремится к единице (см. рис. 5.1, 5.2, 5.3). Иными словами, чем “выше” относительно оси ОХ построим сравниваемые функции, тем “ближе” коэффициент стохастической аппроксимации к единице.

Список литературы

1. Islamov R.T. Development of Standard Probabilistic Risk Assessment Procedure Guides: Quantification Uncertainty and Sensitivity Analysis, Report for US Department of Energy, IBRAE, November 1998
2. Исламов Р.Т., Дмитриев А.В., Высочанский В.Б., Анализ неопределенности теплогидравлических моделей кода RELAP для ВВЭР-440/213 на примере Кольской АЭС (РНИИ Курчатовский Институт) и Богунце (Национальная лаборатория в Айдахо, США), Отчет, ОЦРК Минатом, Москва, 1999
3. Исламов Р.Т., Дмитриев А.В., Высочанский В.Б., Анализ неопределенности теплогидравлических моделей кода RELAP для ВВЭР-440/213 на примере Кольской АЭС (РНИИ Курчатовский Институт) и Богунце (Национальная лаборатория в Айдахо, США). Известия РАН. Энергетика. 2001/2.