

Университет ИТМО
Кафедра вычислительной техники
Моделирование

Лабораторная работа №1

Вариант 666

генераторы 144, 169

выполнили

студенты гр. Р3315

Авраменко И.

Бонковски П.

Бриль М.

Преподаватель

Муравьева-Витковская Л.А.

Санкт-Петербург

2015

Цель работы:

Исследование генераторов псевдослучайных величин, используемых в системе имитационного моделирования GPSS World при построении имитационных моделей. Исследования проводятся для генераторов псевдо случайных величин со следующими законами распределений:

- равномерный;
- экспоненциальный;
- нормированный
- Эрланга 2-го порядка;
- гиперэкспоненциальный с заданным коэффициентом вариации.

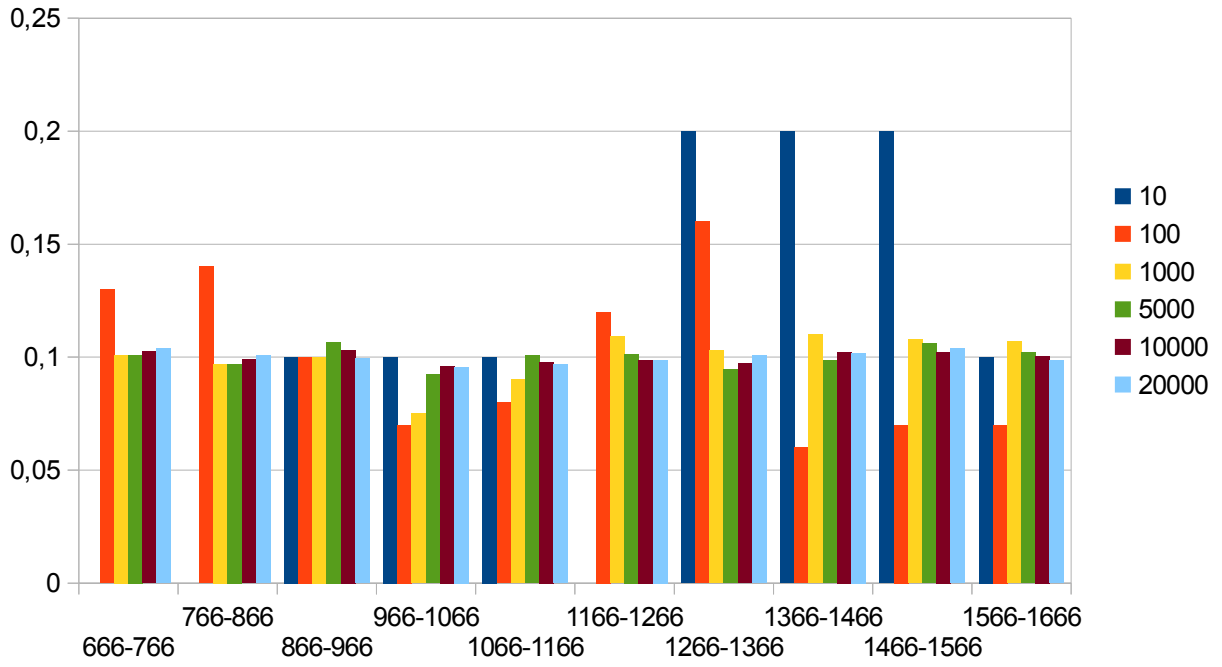
При этом используется смещение относительно начала координат $n = 666$.

Равномерное распределение

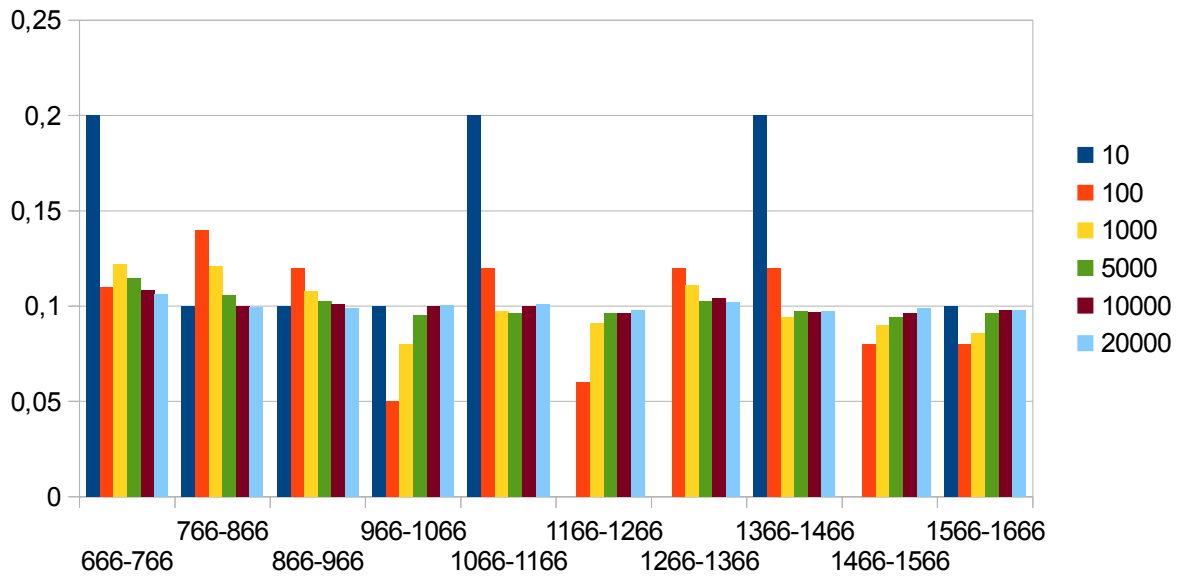
Хар-ки интервалы	RN 144					
	10	100	1000	5000	10000	20000
Мат.ож.=	1098,700	1139,280	1140,233	1153,905	1159,811	1162,356
1166	0,058	0,023	0,022	0,010	0,005	0,003
С.к.о.=	310,21	293,823	293,780	292,277	290,036	289,564
383,480	0,191	0,234	0,234	0,238	0,244	0,245
К-т вар.=	0,28234277	0,258	0,258	0,253	0,250	0,249
0,329	0,069	0,149	0,150	0,165	0,175	0,178
666-766	2	11	122	572	1082	2126
766-866	1	14	121	527	998	1984
866-966	1	12	108	513	1007	1977
966-1066	1	5	80	477	999	2004
1066-1166	2	12	97	480	1000	2021
1166-1266	0	6	91	480	964	1955
1266-1366	0	12	111	512	1039	2045
1366-1466	2	12	94	487	968	1948
1466-1566	0	8	90	470	964	1981
1566-1666	1	8	86	482	979	1959

Хар-ки интервалы	RN 169					
	10	100	1000	5000	10000	20000
Мат.ож.=	1314,600	1118,300	1179,486	1168,239	1166,346	1166,191
1166	0,127	0,041	0,012	0,002	0,000	0,000
С.к.о.=	240,658	282,815	291,073	290,023	290,204	290,339
383,48	0,372	0,263	0,241	0,244	0,243	0,243
К-т вар.=	0,183	0,253	0,247	0,248	0,249	0,249
0,329	0,396	0,166	0,186	0,181	0,179	0,179
666-766		13	101	505	1025	2074
766-866		14	97	485	991	2018
866-966	1	10	100	533	1031	1988
966- 1066	1	7	75	461	962	1914
1066- 1166	1	8	90	503	979	1933
1166- 1266	0	12	109	507	988	1975
1266- 1366	2	16	103	473	973	2016
1366- 1466	2	6	110	492	1023	2037
1466- 1566	2	7	108	531	1023	2073
1566- 1666	1	7	107	510	1005	1972

RN 169



RN 144

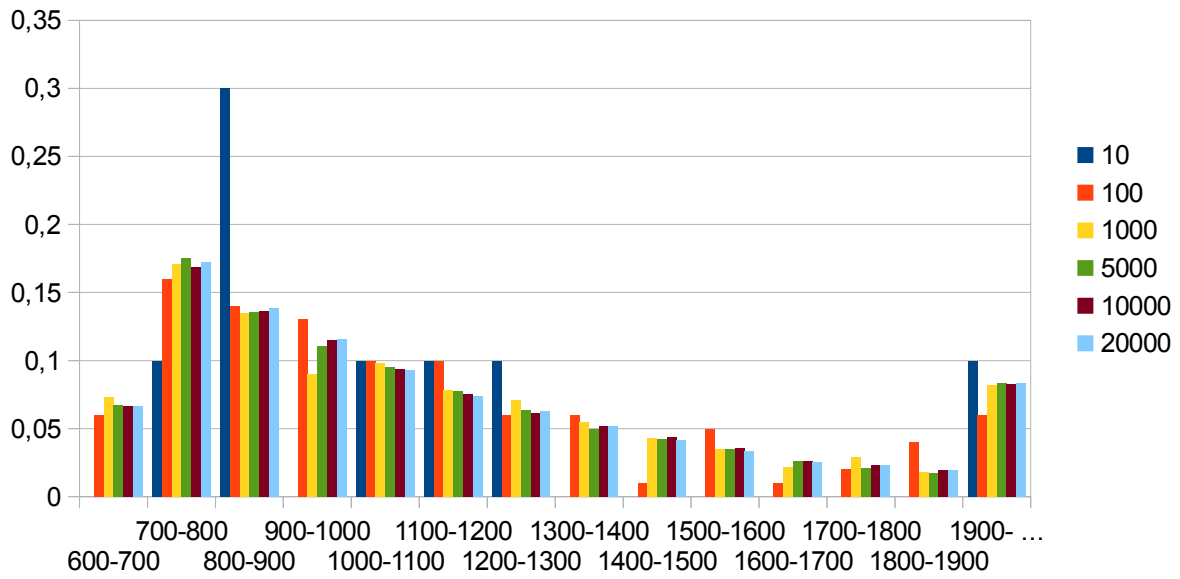


Экспоненциальное распределение

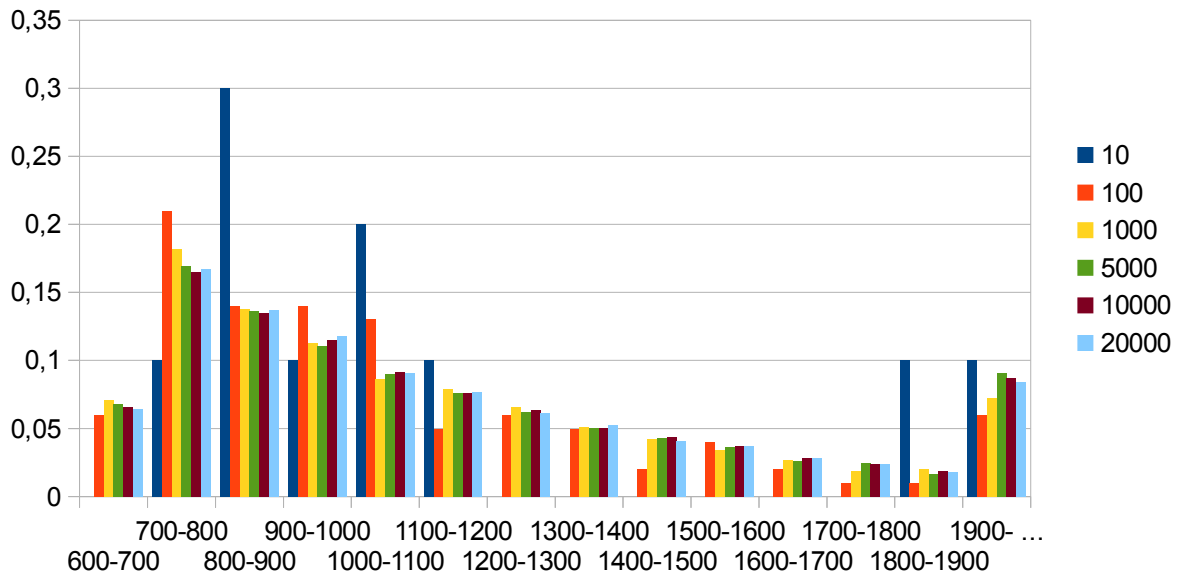
Хар-ки интервалы	RN 144					
	10	100	1000	5000	10000	20000
Мат.ож.=	1067,830	1123,201	1163,085	1158,670	1162,967	1161,196
1166	0,084	0,037	0,002	0,006	0,003	0,004
С.к.о.=	529,467	392,737	482,936	493,937	492,304	495,991
500,000	0,059	0,215	0,034	0,012	0,015	0,008
К-т вар.=	0,49583454	0,350	0,415	0,426	0,423	0,427
0,429	0,635	0,153	0,369	0,406	0,396	0,409
600-700		6	73	337	667	1325
700-800	1	16	171	875	1688	3445
800-900	3	14	135	678	1362	2772
900-1000	0	13	90	554	1152	2312
1000-1100	1	10	98	477	936	1860
1100-1200	1	10	78	389	753	1478
1200-1300	1	6	71	316	618	1251
1300-1400	0	6	55	250	521	1041
1400-1500	0	1	43	211	435	836
1500-1600	0	5	35	176	355	664
1600-1700	0	1	22	131	259	507
1700-1800	0	2	29	106	231	459
1800-1900	0	4	18	85	198	383
1900- ...	1	6	82	415	825	1667

Хар-ки интервалы	RN 169					
	10	100	1000	5000	10000	20000
Мат.ож.=	1113,284	1079,498	1150,465	1173,059	1173,960	1168,878
1166	0,045	0,074	0,013	0,006	0,007	0,002
С.к.о.=	442,531	392,145	1150,465	507,334	504,549	500,669
500	0,115	0,216	1,301	0,015	0,009	0,001
К-т вар.=	0,398	0,363	1,000	0,432	0,430	0,428
0,429	0,311	0,198	2,298	0,426	0,417	0,413
600-700		6	71	340	656	1286
700-800	1	21	182	846	1647	3344
800-900	3	14	138	681	1345	2738
900- 1000	1	14	113	552	1150	2356
1000- 1100	2	13	86	450	915	1818
1100- 1200	1	5	79	382	764	1538
1200- 1300	0	6	66	311	639	1230
1300- 1400	0	5	51	251	504	1058
1400- 1500	0	2	42	216	434	811
1500- 1600	0	4	34	182	370	734
1600- 1700	0	2	27	131	283	561
1700- 1800	0	1	19	122	240	473
1800- 1900	1	1	20	84	185	363
1900- 2000	1	6	72	452	868	1690

RN 144



RN 169

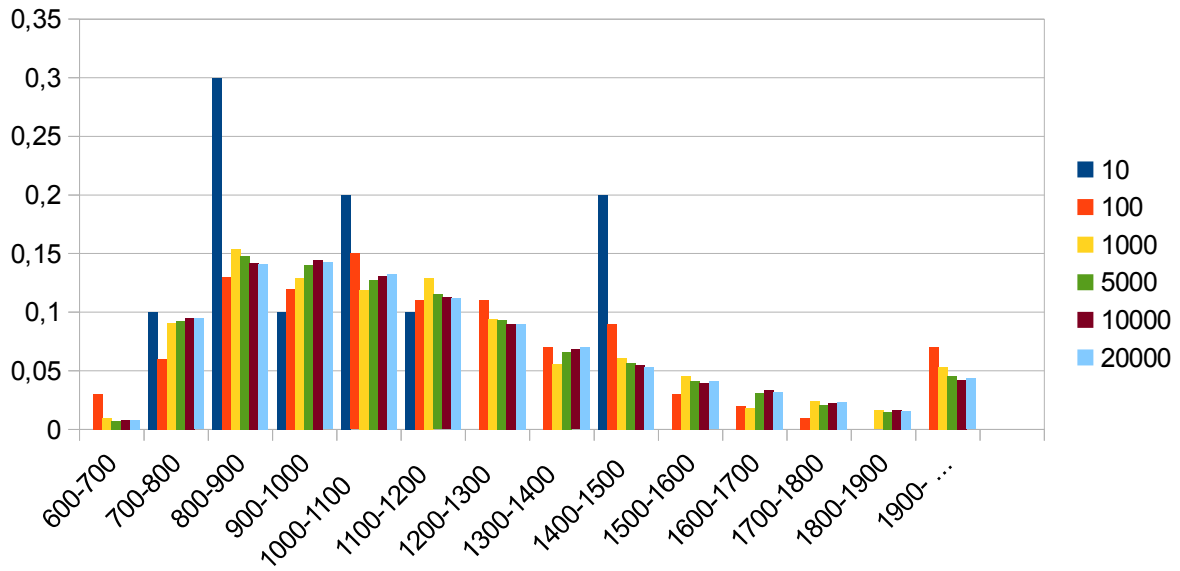


Нормированное распределени Эрланга 2-го порядка

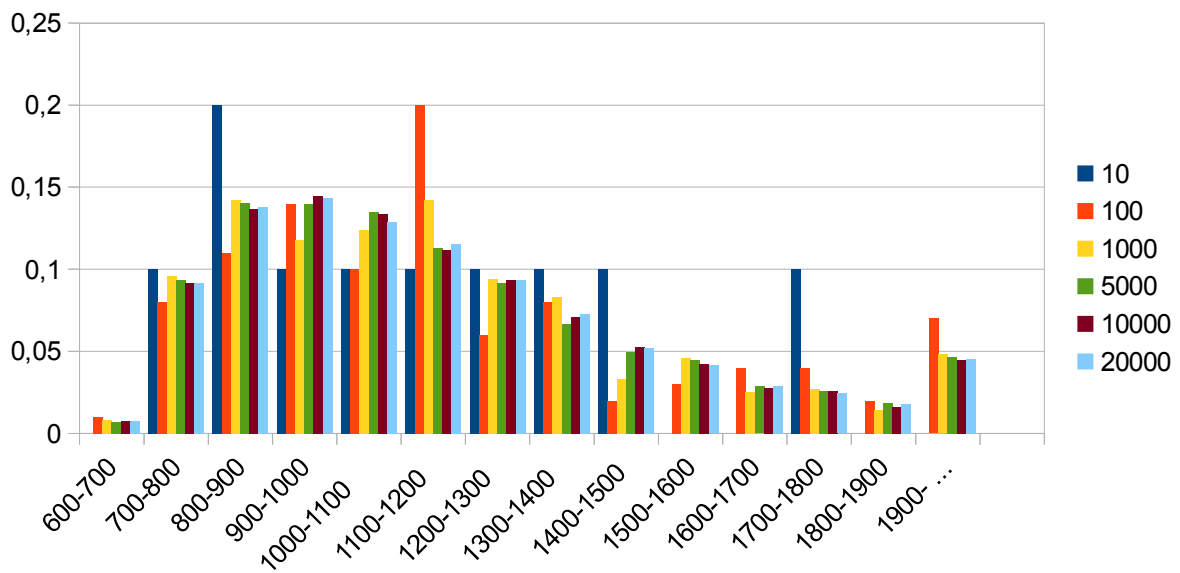
Хар-ки и интервалы	RN 144					
	10	100	1000	5000	10000	20000
Мат.ож.=	1050,179	1189,666	1171,203	1166,468	1163,723	1165,893
1166	0,099	0,020	0,004	0,000	0,002	0,000
С.к.о.=	250,194	378,459	361,875	353,390	351,901	354,502
353,533	0,292	0,071	0,024	0,000	0,005	0,003
К-т вар.=	0,23823939	0,318	0,309	0,303	0,302	0,304
0,303	0,214	0,049	0,019	0,001	0,003	0,003
600-700	0	3	10	35	76	156
700-800	1	6	91	461	950	1892
800-900	3	13	154	738	1420	2820
900-1000	1	12	129	702	1443	2844
1000-1100	2	15	119	635	1312	2655
1100-1200	1	11	129	575	1125	2248
1200-1300	0	11	94	468	901	1802
1300-1400	0	7	56	330	681	1408
1400-1500	2	9	61	283	549	1069
1500-1600	0	3	46	208	397	815
1600-1700	0	2	18	157	335	633
1700-1800	0	1	24	106	223	471
1800-1900	0	0	16	73	164	318
1900- ...	0	7	53	229	424	869

Хар-ки и интервалы	RN 169					
	10	100	1000	5000	10000	20000
Мат.ож.=	1152,506	1210,365	1172,770	1172,766	1169,909	1171,368
1166	0,012	0,038	0,006	0,006	0,003	0,005
С.к.о.=	313,893	370,375	353,111	361,000	355,822	356,878
353,533	0,112	0,048	0,001	0,021	0,006	0,009
К-т вар.=	0,272	0,306	0,301	0,308	0,304	0,305
0,303	0,102	0,009	0,007	0,015	0,003	0,005
600-700	0	1	8	35	76	153
700-800	1	8	96	467	916	1830
800-900	2	11	142	702	1368	2757
900-1000	1	14	118	699	1447	2863
1000-1100	1	10	124	676	1337	2577
1100-1200	1	20	142	565	1119	2305
1200-1300	1	6	94	457	933	1865
1300-1400	1	8	83	332	712	1456
1400-1500	1	2	33	249	526	1042
1500-1600	0	3	46	222	425	826
1600-1700	0	4	25	143	278	577
1700-1800	1	4	27	129	258	488
1800-1900	0	2	14	92	159	352
1900-2000	0	7	48	232	446	909

RN 144 k=2



RN 169 k=2

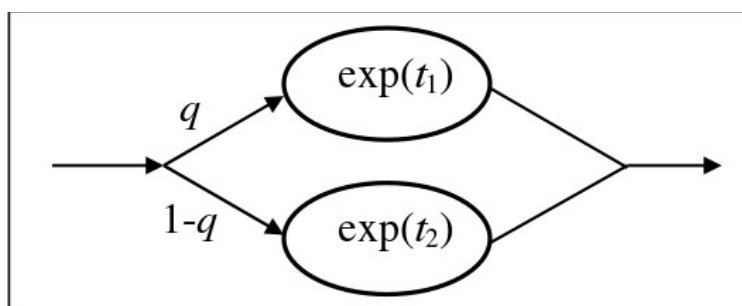


Гиперэкспоненциальное распределение

Функция и плотность распределения

$$\left. \begin{aligned} F(x) &= \sum_{i=1}^n q_i (1 - e^{-\alpha_i x}) = 1 - \sum_{i=1}^n q_i e^{-\alpha_i x}; \\ f(x) &= \sum_{i=1}^n q_i \alpha_i e^{-\alpha_i x} \end{aligned} \right\}$$

Будем считать, что гиперэкспоненциальное распределение, представлено в виде двухфазного распределения.



Математическое ожидание первой фазы = 88

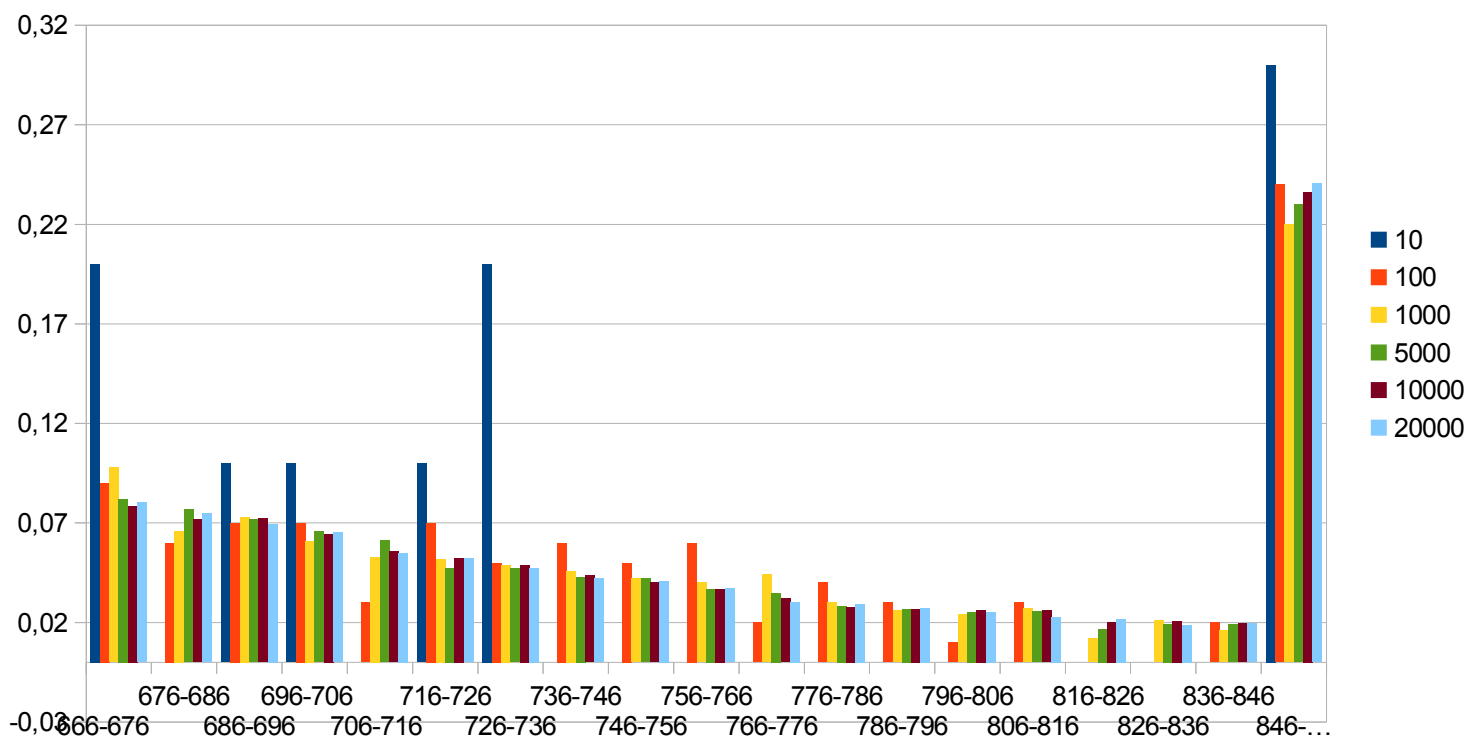
Математическое ожидание второй фазы = 178

Вероятность формирования случайной величины в первой фазе = 0.5

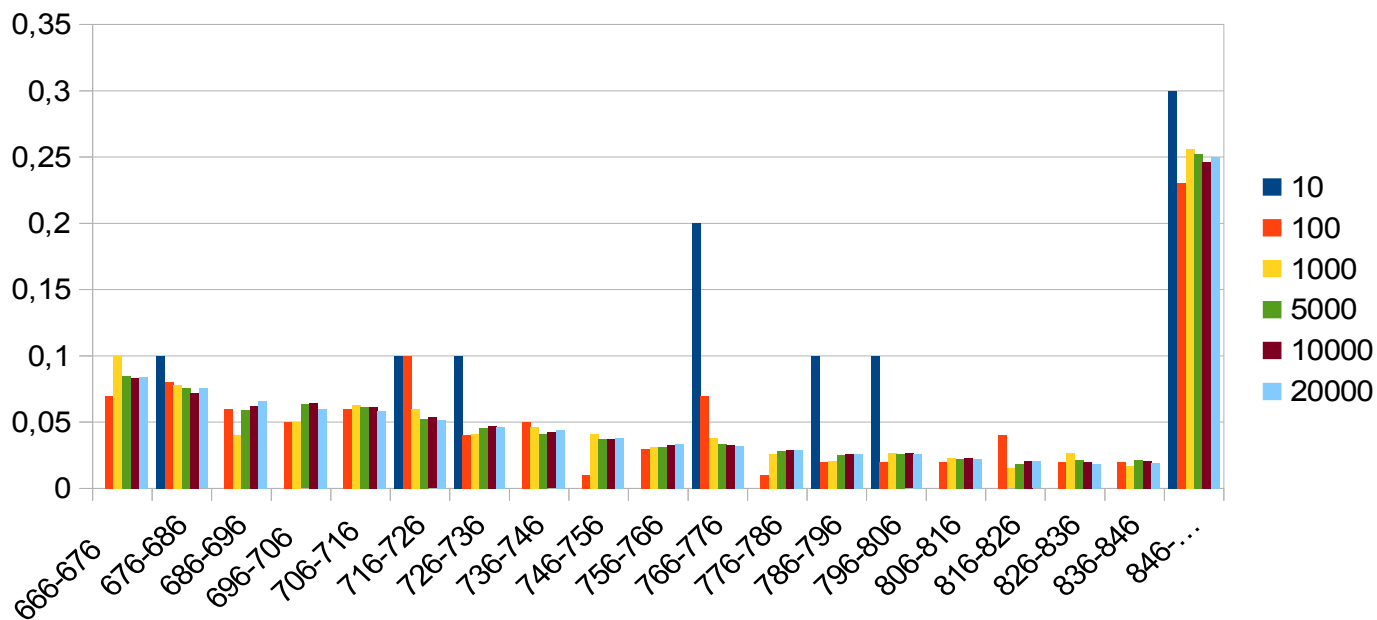
Хар-ки и интервалы	RN 144					
	10,00	100	1000	5000	10000	20000
Мат.ож.=	789,627	801,293	792,532	793,812	796,634	797,586
799,000	0,012	0,003	0,008	0,006	0,003	0,819
С.к.о.=	150,627	144,317	142,799	142,454	144,812	146,708
147,440	0,022	0,021	0,031	0,034	0,018	0,005
К-т вар.=	0,191	0,180	0,180	0,179	0,182	1,013
0,185	0,034	0,024	0,024	0,028	0,015	4,490
666-676	2	9	98	410	785	1605
676-686	0	6	66	384	717	1495
686-696	1	7	73	359	722	1391
696-706	1	7	61	329	646	1304
706-716	0	3	53	306	556	1101
716-726	1	7	52	237	524	1046
726-736	2	5	49	236	488	949
736-746	0	6	46	214	435	842
746-756	0	5	42	210	401	815
756-766	0	6	40	185	369	743
766-776	0	2	44	175	321	605
776-786	0	4	30	142	277	584
786-796	0	3	26	134	267	545
796-806	0	1	24	126	264	507
806-816	0	3	27	128	261	457
816-826	0	0	12	84	202	435
826-836	0	0	21	96	208	373
836-846	0	2	16	95	194	392
846-...	3	24	220	1150	2363	4811

Хар-ки и интервалы	RN 169					
	10	100	1000	5000	10000	20000
Мат.ож.=	879,917	806,155	802,337	801,431	799,546	800,462
799,000	0,101	0,009	0,004	0,003	0,001	0,002
С.к.о.=	251,833	162,221	147,855	151,081	147,864	149,860
147,440	0,708	0,100	0,003	0,025	0,003	0,016
К-т вар.=	0,286	0,201	0,184	0,189	0,185	0,187
0,185	0,551	0,090	0,001	0,022	0,002	0,015
666-676	0	7	100	424	834	1679
676-686	1	8	78	379	721	1506
686-696	0	6	40	296	619	1322
696-706	0	5	50	317	641	1194
706-716	0	6	63	307	616	1163
716-726	1	10	60	261	535	1035
726-736	1	4	41	229	468	930
736-746	0	5	46	204	422	882
746-756	0	1	41	185	372	761
756-766	0	3	31	157	328	672
766-776	2	7	38	167	329	635
776-786	0	1	26	142	288	577
786-796	1	2	21	126	261	515
796-806	1	2	27	130	263	516
806-816	0	2	23	111	227	451
816-826	0	4	15	92	208	405
826-836	0	2	27	106	196	369
836-846	0	2	17	107	210	389
846-...	3	23	256	1260	2462	4999

RN =144 t1=88 t2=178 q=0.5



RN = 169 t1=88 t2 =178 q=0.5



Математическое ожидание первой фазы = 25

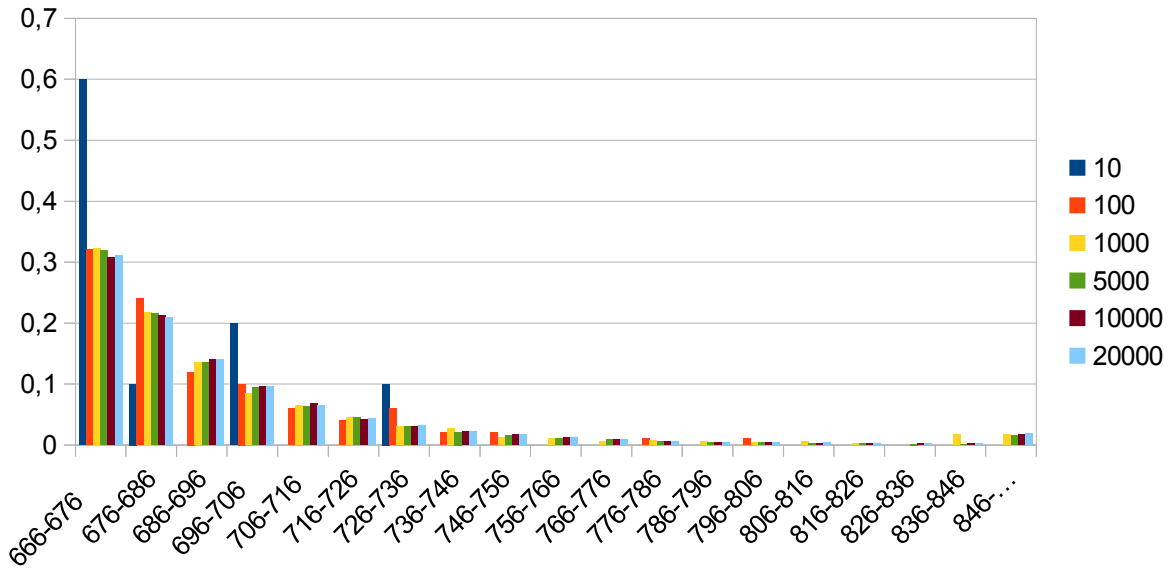
Математическое ожидание второй фазы = 100

Вероятность формирования случайной величины в первой фазе= 0.9

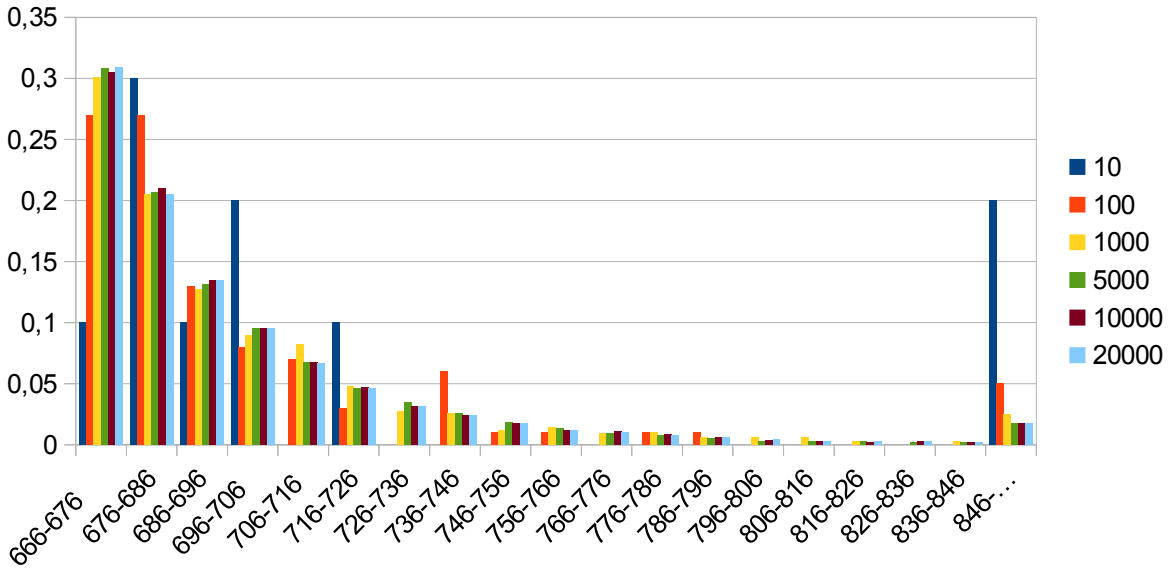
Хар-ки и интервалы	RN 144					
	10,00	100	1000	5000	10000	20000
Мат.ож.=	684,451	691,836	696,877	696,662	697,868	698,379
698,500	0,020	0,010	0,002	0,003	0,001	0,000
С.к.о.=	20,684	25,387	43,408	41,709	44,416	46,315
45,486	0,545	0,442	0,046	0,083	0,024	0,018
К-т вар.=	0,030	0,037	0,062	0,060	0,064	1,043
0,065	0,536	0,436	0,043	0,081	0,023	15,013
666-676	6	32	323	1595	3085	6230
676-686	1	24	218	1083	2129	4183
686-696	0	12	136	673	1406	2808
696-706	2	10	84	475	961	1927
706-716	0	6	65	319	686	1291
716-726	0	4	46	223	424	865
726-736	1	6	30	156	303	631
736-746	0	2	27	107	220	448
746-756	0	2	12	77	166	334
756-766	0	0	11	53	117	237
766-776	0	0	6	45	90	175
776-786	0	1	7	30	57	124
786-796	0	0	5	24	47	93
796-806	0	1	4	22	36	73
806-816	0	0	5	13	32	70
816-826	0	0	2	12	26	50
826-836	0	0	0	8	25	45
836-846	0	0	2	7	23	44
846-...	0	0	17	78	167	372

Хар-ки и интервалы	RN 169					
	10	100	1000	5000	10000	20000
Мат.ож.=	762,791	704,498	701,139	699,126	968,946	698,975
698,500	0,092	0,009	0,004	0,001	0,387	0,001
С.к.о.=	152,044	64,072	49,709	47,710	46,398	46,269
45,486	2,343	0,409	0,093	0,049	0,020	0,017
К-т вар.=	0,199	0,091	0,071	0,068	0,048	0,066
0,065	2,061	0,397	0,089	0,048	0,265	0,017
666-676	1	27	301	1543	3053	6187
676-686	3	27	205	1032	2100	4109
686-696	1	13	127	656	1343	2694
696-706	2	8	90	476	951	1904
706-716	0	7	82	339	674	1334
716-726	1	3	48	231	467	922
726-736	0	0	27	172	319	636
736-746	0	6	26	130	240	490
746-756	0	1	12	90	175	347
756-766	0	1	14	66	121	241
766-776	0	0	9	47	106	209
776-786	0	1	10	39	82	151
786-796	0	1	6	27	57	120
796-806	0	0	6	16	35	86
806-816	0	0	6	15	27	62
816-826	0	0	3	13	24	51
826-836	0	0	0	8	25	52
836-846	0	0	3	11	23	48
846-...	2	5	25	89	178	357

RN =144 t1 = 25 t2 = 100 q=0.9



RN 169 t1 =25 t2 = 100 q = 0.9



Математическое ожидание первой фазы = 5

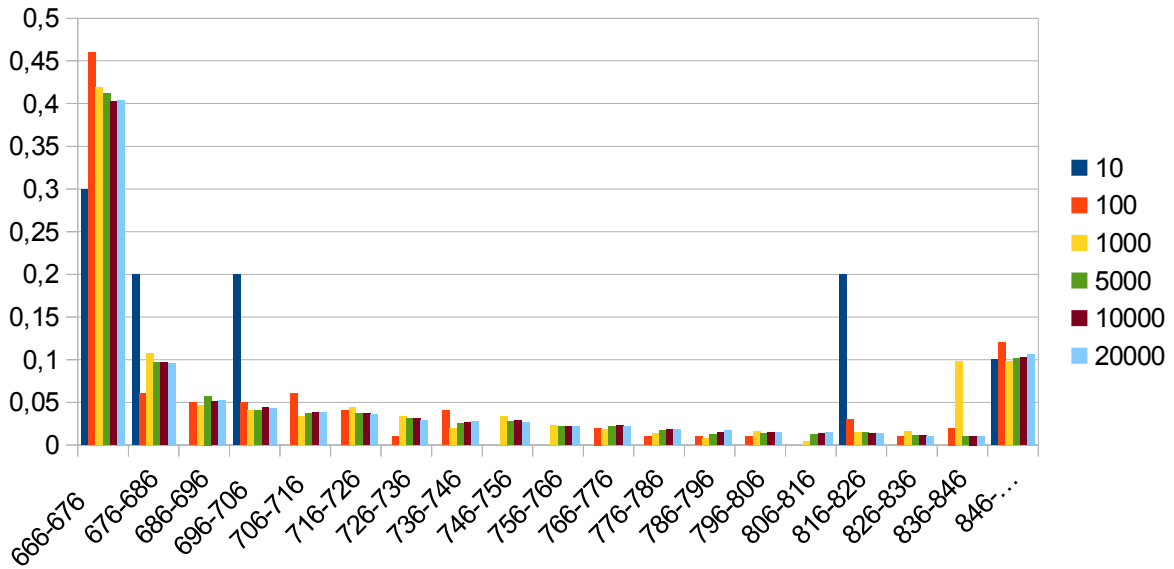
Математическое ожидание второй фазы = 105

Вероятность формирования случайной величины в первой фазе = 0.4

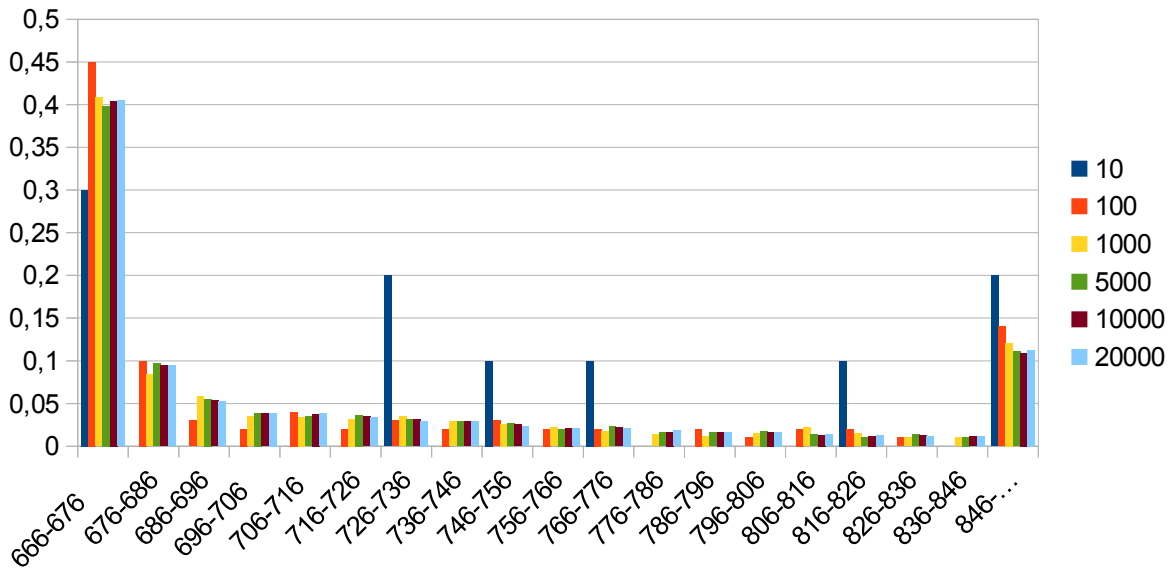
Хар-ки и интервалы	RN 144					
	10,00	100	1000	5000	10000	20000
Мат.ож.=	734,889	727,186	726,099	727,405	729,319	730,034
731,000	0,005	0,005	0,007	0,005	0,002	0,001
С.к.о.=	91,517	87,440	91,702	92,169	93,104	94,267
95,000	0,037	0,080	0,035	0,030	0,020	0,008
К-т вар.=	0,125	0,120	0,126	0,127	0,128	1,012
0,130	0,042	0,075	0,028	0,025	0,018	6,791
666-676	3	46	419	2062	4024	8064
676-686	2	6	107	486	965	1912
686-696	0	5	46	288	515	1050
696-706	2	5	41	200	443	859
706-716	0	6	34	188	381	766
716-726	0	4	44	186	366	716
726-736	0	1	34	154	308	584
736-746	0	4	19	128	259	545
746-756	0	0	33	136	292	528
756-766	0	0	23	107	219	441
766-776	0	2	18	108	231	435
776-786	0	1	14	84	184	377
786-796	0	1	8	62	146	338
796-806	0	1	16	69	144	302
806-816	0	0	4	63	140	287
816-826	2	3	15	71	135	270
826-836	0	1	16	56	115	212
836-846	0	2	11	48	107	191
846-...	1	12	98	504	1026	2123

Хар-ки и интервалы	RN 169					
	10	100	1000	5000	10000	20000
Мат.ож.=	794,413	738,045	732,565	731,757	731,096	731,904
731,000	0,087	0,010	0,002	0,001	0,000	0,001
С.к.о.=	152,809	112,463	95,489	96,301	95,987	97,177
95,000	0,609	0,184	0,005	0,014	0,010	0,023
К-т вар.=	0,192	0,152	0,130	0,132	0,131	0,133
0,130	0,480	0,173	0,003	0,013	0,010	0,022
666-676	3	45	408	1992	4041	8096
676-686	0	10	84	484	945	1888
686-696	0	3	58	277	534	1047
696-706	0	2	35	194	382	782
706-716	0	4	34	173	376	765
716-726	0	2	32	183	349	670
726-736	2	3	35	156	312	591
736-746	0	2	29	145	289	577
746-756	1	3	26	134	254	462
756-766	0	2	22	101	215	417
766-776	1	2	18	117	219	431
776-786	0	0	14	79	167	365
786-796	0	2	12	80	169	334
796-806	0	1	15	89	169	333
806-816	0	2	22	70	132	280
816-826	1	2	15	51	117	249
826-836	0	1	10	69	125	225
836-846	0	0	10	52	114	234
846-...	2	14	121	554	1091	2254

RN 144 $t_1 = 5$ $t_2 = 105$ $q = 0.4$



RN 169 $t_1 = 5$ $t_2 = 105$ $q = 0.4$



Вывод

В ходе выполнения данной лабораторной работы были исследованы генераторы случайных величин (144 и 169), распределяющие числа по равномерному, экспоненциальному, гиперэкспоненциальной законам распределения и нормированному распределению Эрланга.

С помощью полученных таблиц и построенных по их значениям гистораммами было определено, что приведенные законы распределения становятся приемлемо стабильными (примерно схожи с теоретическими) начиная с 1000 генерируемых величин.

Так же исходя из гистограмм распределений было выяснено, что распределение генератора RN 144 показывает более стабильное распределение по равномерному и экспоненциальному, гиперэкспоненциальному законам распределения, то есть относительные частоты попадания случайных величин в заданный интервалы ближе к теоретическим, чем в случае генератора RN169.

Такие характеристики генераторов как математическое ожидание, с. к. о. и коэффициент вариации имеют незначительно меньшее относительное отклонение у генератора RN 144 для равномерного распределения, что позволяет. В это время RN 169 обладает в среднем незначительно меньшей погрешностью рассчитанных характеристик для нормированного распределения Эрланга.

В целом, различия между двумя генераторами не оказались настолько существенно большими, чтобы можно было однозначно сказать, что один генератор лучше другого, но в рамках исследуемых законов распределения RN 144 был лучше для равномерного и экспоненциального и гиперэкспоненциального, а RN 169 для распределения Эрланга