| МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования | | | | | |
| «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ | | | | | |
| АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ» | | | | | |
| КАФЕДРА 2 | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |
| ОТЧЁТ |  |  |  |  |  |
| ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ |  |  |  |  |  |
| ПРЕПОДАВАТЕЛЬ |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| ассистент |  |  |  |  | О. М. Косогоров |
| должность, уч. степень, звание |  |  | подпись, дата |  | инициалы, фамилия |
|  |  |  |  |  |  |
| ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ | | | | | |
|  | | | | | |
| МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН | | | | | |
|  | | | | | |
| по курсу: МОДЕЛИРОВАНИЕ | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |
| РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| СТУДЕНТ ГР. № | М021 |  |  |  | В. Я. Ломоносов |
|  |  |  | подпись, дата |  | инициалы, фамилия |
|  | | | | | |
| Санкт-Петербург 2023 | | | | | |

# **Цель**

Научиться моделировать случайные величины с заданными законами распределения в MS Excel.

# **Индивидуальное задание**

1. По заданным значениям А, В и М смоделировать последовательность из 100 случайных чисел. Пусть даны следующие значения А=4,5, В=23 и М=87. Первый элемент псевдослучайной последовательности равен 3. Необходимо построить таблицу последовательности 100 чисел (Рис.1).
2. На основе этой последовательности необходимо сформировать 100 чисел z, равномерно распределенных на (0,1).
3. Из полученных последовательностей сформировать случайные величины (100 штук), распределенные по равномерному закону на интервале [3,7].
4. Из полученных последовательностей сформировать случайные величины (100 штук), распределенные по показательному закону с λ=8.
5. Из полученных последовательностей сформировать случайные величины (100 штук), распределенные по закону Релея с ϭ=3.
6. Смоделировать одну случайную величину по нормальному закону с мат. ожиданием 1 и дисперсией 9. При этом сумму брать по 12 первым членам последовательности (самостоятельно).

# **Ход работы**

1. Генерируем последовательность из 100 случайных чисел(y):

Таблица 1 - Начальные значения

| A= | 4,5 | В= | 23 | М= | 87 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |

Таблица 2 - Полученные случайные значения

| № | yi-1 | y |
| --- | --- | --- |
| 1 | 3 | 36,5 |
| 2 | 36,5 | 13,25 |
| 3 | 13,25 | 82,625 |
| 4 | 82,625 | 46,8125 |
| 5 | 46,8125 | 59,65625 |
| 6 | 59,65625 | 30,45313 |
| 7 | 30,45313 | 73,03906 |
| 8 | 73,03906 | 3,675781 |
| 9 | 3,675781 | 39,54102 |
| 10 | 39,54102 | 26,93457 |
| 11 | 26,93457 | 57,20557 |
| 12 | 57,20557 | 19,42505 |
| 13 | 19,42505 | 23,41272 |
| 14 | 23,41272 | 41,35724 |
| 15 | 41,35724 | 35,10757 |
| 16 | 35,10757 | 6,984085 |
| 17 | 6,984085 | 54,42838 |
| 18 | 54,42838 | 6,927723 |
| 19 | 6,927723 | 54,17475 |
| 20 | 54,17475 | 5,786389 |
| 21 | 5,786389 | 49,03875 |
| 22 | 49,03875 | 69,67438 |
| 23 | 69,67438 | 75,53473 |
| 24 | 75,53473 | 14,90628 |
| 25 | 14,90628 | 3,078274 |
| 26 | 3,078274 | 36,85223 |
| 27 | 36,85223 | 14,83506 |
| 28 | 14,83506 | 2,757755 |
| 29 | 2,757755 | 35,4099 |
| 30 | 35,4099 | 8,344531 |
| 31 | 8,344531 | 60,55039 |
| 32 | 60,55039 | 34,47675 |
| 33 | 34,47675 | 4,145379 |
| 34 | 4,145379 | 41,65421 |
| 35 | 41,65421 | 36,44392 |
| 36 | 36,44392 | 12,99766 |
| 37 | 12,99766 | 81,48945 |
| 38 | 81,48945 | 41,70254 |
| 39 | 41,70254 | 36,66141 |
| 40 | 36,66141 | 13,97636 |
| 41 | 13,97636 | 85,89362 |
| 42 | 85,89362 | 61,52128 |
| 43 | 61,52128 | 38,84578 |
| 44 | 38,84578 | 23,80601 |
| 45 | 23,80601 | 43,12704 |
| 46 | 43,12704 | 43,07169 |
| 47 | 43,07169 | 42,82263 |
| 48 | 42,82263 | 41,70181 |
| 49 | 41,70181 | 36,65816 |
| 50 | 36,65816 | 13,96173 |
| 51 | 13,96173 | 85,8278 |
| 52 | 85,8278 | 61,22509 |
| 53 | 61,22509 | 37,51289 |
| 54 | 37,51289 | 17,80802 |
| 55 | 17,80802 | 16,13608 |
| 56 | 16,13608 | 8,612339 |
| 57 | 8,612339 | 61,75553 |
| 58 | 61,75553 | 39,89987 |
| 59 | 39,89987 | 28,54943 |
| 60 | 28,54943 | 64,47242 |
| 61 | 64,47242 | 52,12589 |
| 62 | 52,12589 | 83,56651 |
| 63 | 83,56651 | 51,0493 |
| 64 | 51,0493 | 78,72187 |
| 65 | 78,72187 | 29,24841 |
| 66 | 29,24841 | 67,61786 |
| 67 | 67,61786 | 66,28038 |
| 68 | 66,28038 | 60,26171 |
| 69 | 60,26171 | 33,17771 |
| 70 | 33,17771 | 85,29967 |
| 71 | 85,29967 | 58,84853 |
| 72 | 58,84853 | 26,81837 |
| 73 | 26,81837 | 56,68267 |
| 74 | 56,68267 | 17,07204 |
| 75 | 17,07204 | 12,82417 |
| 76 | 12,82417 | 80,70876 |
| 77 | 80,70876 | 38,18941 |
| 78 | 38,18941 | 20,85236 |
| 79 | 20,85236 | 29,83561 |
| 80 | 29,83561 | 70,26025 |
| 81 | 70,26025 | 78,17114 |
| 82 | 78,17114 | 26,77015 |
| 83 | 26,77015 | 56,46566 |
| 84 | 56,46566 | 16,09546 |
| 85 | 16,09546 | 8,429555 |
| 86 | 8,429555 | 60,933 |
| 87 | 60,933 | 36,19849 |
| 88 | 36,19849 | 11,8932 |
| 89 | 11,8932 | 76,51941 |
| 90 | 76,51941 | 19,33736 |
| 91 | 19,33736 | 23,01811 |
| 92 | 23,01811 | 39,58148 |
| 93 | 39,58148 | 27,11667 |
| 94 | 27,11667 | 58,025 |
| 95 | 58,025 | 23,11249 |
| 96 | 23,11249 | 40,00621 |
| 97 | 40,00621 | 29,02794 |
| 98 | 29,02794 | 66,62572 |
| 99 | 66,62572 | 61,81576 |
| 100 | 61,81576 | 40,17093 |
|  | 40,17093 |  |

1. Формируем числа(zi) равномерно распределённые на интервале (0,1):

Таблица 3 - числа, равномерно распределённые на интервале (0,1)

| zi |
| --- |
| 0,424419 |
| 0,15407 |
| 0,960756 |
| 0,544331 |
| 0,693677 |
| 0,354106 |
| 0,849291 |
| 0,042742 |
| 0,459779 |
| 0,313193 |
| 0,665181 |
| 0,225873 |
| 0,272241 |
| 0,480898 |
| 0,408228 |
| 0,08121 |
| 0,632888 |
| 0,080555 |
| 0,629939 |
| 0,067284 |
| 0,570218 |
| 0,810167 |
| 0,878311 |
| 0,173329 |
| 0,035794 |
| 0,428514 |
| 0,172501 |
| 0,032067 |
| 0,411743 |
| 0,097029 |
| 0,704074 |
| 0,400892 |
| 0,048202 |
| 0,484351 |
| 0,423767 |
| 0,151136 |
| 0,947552 |
| 0,484913 |
| 0,426296 |
| 0,162516 |
| 0,998763 |
| 0,715364 |
| 0,451695 |
| 0,276814 |
| 0,501477 |
| 0,500834 |
| 0,497938 |
| 0,484905 |
| 0,426258 |
| 0,162346 |
| 0,997998 |
| 0,71192 |
| 0,436196 |
| 0,20707 |
| 0,187629 |
| 0,100143 |
| 0,718088 |
| 0,463952 |
| 0,33197 |
| 0,749679 |
| 0,606115 |
| 0,971704 |
| 0,593597 |
| 0,915371 |
| 0,340098 |
| 0,786254 |
| 0,770702 |
| 0,700718 |
| 0,385787 |
| 0,991857 |
| 0,684285 |
| 0,311842 |
| 0,659101 |
| 0,198512 |
| 0,149118 |
| 0,938474 |
| 0,444063 |
| 0,242469 |
| 0,346926 |
| 0,81698 |
| 0,908967 |
| 0,311281 |
| 0,656577 |
| 0,187156 |
| 0,098018 |
| 0,708523 |
| 0,420913 |
| 0,138293 |
| 0,889761 |
| 0,224853 |
| 0,267652 |
| 0,46025 |
| 0,31531 |
| 0,674709 |
| 0,26875 |
| 0,465188 |
| 0,337534 |
| 0,774718 |
| 0,718788 |
| 0,467104 |

1. Сформируем 100 случайных величин, распределённых по равномерному закону на интервале [3,7]:

Таблица 4 - Сформированные случайные величины по Равномерному закону

| Распределение по равномерному закону на интервале [a;b]=[3,7] |
| --- |
| 4,697674419 |
| 3,61627907 |
| 6,843023256 |
| 5,177325581 |
| 5,774709302 |
| 4,416424419 |
| 6,397165698 |
| 3,17096657 |
| 4,839117006 |
| 4,252770712 |
| 5,660724019 |
| 3,903490643 |
| 4,088963708 |
| 4,923592501 |
| 4,63291044 |
| 3,324841167 |
| 5,531552692 |
| 3,322219671 |
| 5,519755962 |
| 3,269134388 |
| 5,28087219 |
| 6,24066904 |
| 6,513243237 |
| 3,693315498 |
| 3,143175553 |
| 4,714057432 |
| 3,690002632 |
| 3,128267656 |
| 4,646971896 |
| 3,388117717 |
| 5,816297167 |
| 4,603569808 |
| 3,192808323 |
| 4,937404895 |
| 4,695066213 |
| 3,604542145 |
| 6,790207093 |
| 4,93965285 |
| 4,705182013 |
| 3,650063243 |
| 6,995052035 |
| 5,86145509 |
| 4,806780461 |
| 4,107256261 |
| 5,005908987 |
| 5,003334629 |
| 4,991750015 |
| 4,939619254 |
| 4,705030829 |
| 3,649382916 |
| 6,991990566 |
| 5,847678477 |
| 4,744785703 |
| 3,828279849 |
| 3,750515136 |
| 3,400573925 |
| 5,872350104 |
| 4,855808028 |
| 4,327880314 |
| 5,998717226 |
| 5,424460073 |
| 6,886814516 |
| 5,374386251 |
| 6,661482314 |
| 4,360391342 |
| 6,145016853 |
| 6,082808395 |
| 5,802870336 |
| 4,543149072 |
| 6,967426637 |
| 5,737140798 |
| 4,24736615 |
| 5,636403488 |
| 3,794048254 |
| 3,596472955 |
| 6,753895741 |
| 4,776251765 |
| 3,969877127 |
| 4,387702885 |
| 6,267918796 |
| 6,635867142 |
| 4,24512307 |
| 5,62630963 |
| 3,748625892 |
| 3,392072327 |
| 5,834092915 |
| 4,683650675 |
| 3,553172224 |
| 6,559042451 |
| 3,899411958 |
| 4,070609627 |
| 4,840999134 |
| 4,261240289 |
| 5,698837114 |
| 4,074999573 |
| 4,86075389 |
| 4,350136692 |
| 6,098870929 |
| 5,875151738 |
| 4,868415378 |

1. Сформируем 100 случайных величин, распределённых по показательному закону при λ = 8

Таблица 5 - Сформированные случайные величины по Показательному закону

| Распределение по показательному закону при λ=8 |
| --- |
| 0,107129379 |
| 0,233793718 |
| 0,005004375 |
| 0,076024629 |
| 0,045718547 |
| 0,129769835 |
| 0,020419112 |
| 0,3940727 |
| 0,097126099 |
| 0,145117087 |
| 0,050962011 |
| 0,185972986 |
| 0,16263348 |
| 0,091512479 |
| 0,111991299 |
| 0,313839162 |
| 0,057182692 |
| 0,314852015 |
| 0,057766538 |
| 0,33735485 |
| 0,070217056 |
| 0,02631432 |
| 0,016219344 |
| 0,21907056 |
| 0,416247265 |
| 0,105928879 |
| 0,219669279 |
| 0,429991312 |
| 0,110919497 |
| 0,291592619 |
| 0,043858925 |
| 0,114257761 |
| 0,379044136 |
| 0,090618121 |
| 0,10732157 |
| 0,236197282 |
| 0,006734213 |
| 0,090473168 |
| 0,106577813 |
| 0,227122498 |
| 0,00015472 |
| 0,041870512 |
| 0,099343481 |
| 0,160551155 |
| 0,08627463 |
| 0,086435157 |
| 0,087160088 |
| 0,090475334 |
| 0,106588896 |
| 0,227253386 |
| 0,000250546 |
| 0,042473784 |
| 0,103707827 |
| 0,19683732 |
| 0,209161228 |
| 0,287643914 |
| 0,041395477 |
| 0,095996771 |
| 0,137838805 |
| 0,036013719 |
| 0,062585689 |
| 0,003588054 |
| 0,065194422 |
| 0,011053286 |
| 0,134815244 |
| 0,030059389 |
| 0,03255667 |
| 0,044456294 |
| 0,119058648 |
| 0,001022085 |
| 0,047422561 |
| 0,145657514 |
| 0,052109836 |
| 0,202113176 |
| 0,237876967 |
| 0,007937525 |
| 0,101473621 |
| 0,177110031 |
| 0,132330573 |
| 0,025267629 |
| 0,011930841 |
| 0,145882498 |
| 0,052589335 |
| 0,209476282 |
| 0,290325414 |
| 0,043071554 |
| 0,108166238 |
| 0,247297531 |
| 0,014600353 |
| 0,186538559 |
| 0,164758266 |
| 0,096998241 |
| 0,144274846 |
| 0,049184172 |
| 0,164246762 |
| 0,09566408 |
| 0,135761065 |
| 0,031907067 |
| 0,041273614 |
| 0,09515046 |

1. Сформируем 100 случайных величин, распределённых по закону Релея с σ=3

Таблица 6 - Сформированные случайные величины по закону Релея

| Распределённые по закону Релея с σ=3 |
| --- |
| 5,142210214 |
| 11,22209846 |
| 0,240209988 |
| 3,64918221 |
| 2,194490252 |
| 6,228952081 |
| 0,980117373 |
| 18,91548961 |
| 4,662052757 |
| 6,965620158 |
| 2,446176527 |
| 8,926703318 |
| 7,806407061 |
| 4,392598975 |
| 5,375582354 |
| 15,06427977 |
| 2,744769207 |
| 15,11289671 |
| 2,772793828 |
| 16,1930328 |
| 3,370418712 |
| 1,263087353 |
| 0,778528506 |
| 10,51538689 |
| 19,9798687 |
| 5,084586202 |
| 10,54412537 |
| 20,63958296 |
| 5,324135844 |
| 13,99644572 |
| 2,105228403 |
| 5,484372522 |
| 18,19411854 |
| 4,3496698 |
| 5,151435344 |
| 11,33746952 |
| 0,323242209 |
| 4,342712083 |
| 5,115735023 |
| 10,90187991 |
| 0,007426541 |
| 2,009784559 |
| 4,768487103 |
| 7,706455458 |
| 4,141182257 |
| 4,148887528 |
| 4,183684226 |
| 4,342816009 |
| 5,116267014 |
| 10,90816252 |
| 0,012026196 |
| 2,03874161 |
| 4,977975716 |
| 9,448191363 |
| 10,03973893 |
| 13,80690785 |
| 1,986982888 |
| 4,607844991 |
| 6,616262636 |
| 1,728658532 |
| 3,00411307 |
| 0,172226577 |
| 3,129332267 |
| 0,530557752 |
| 6,471131708 |
| 1,442850675 |
| 1,562720178 |
| 2,133902093 |
| 5,714815084 |
| 0,049060073 |
| 2,276282939 |
| 6,991560678 |
| 2,501272128 |
| 9,701432447 |
| 11,41809443 |
| 0,381001177 |
| 4,870733803 |
| 8,5012815 |
| 6,35186749 |
| 1,212846195 |
| 0,57268035 |
| 7,002359907 |
| 2,524288098 |
| 10,05486155 |
| 13,93561985 |
| 2,067434608 |
| 5,191979426 |
| 11,87028151 |
| 0,700816962 |
| 8,953850819 |
| 7,908396782 |
| 4,655915576 |
| 6,925192608 |
| 2,360840276 |
| 7,883844583 |
| 4,591875829 |
| 6,516531122 |
| 1,531539195 |
| 1,981133459 |
| 4,567222084 |

1. Смоделируем случайную величину по нормальному закону с мат. ожиданием 1 и дисперсией 9.

Таблица 7 - Исходные данные для случайной величины

| n | 12 | σ2 | 9 | μ | 1 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |

Таблица 8 - Последовательность n-1 независимых величин

| zi - 0,5 |
| --- |
| -0,07558 |
| -0,34593 |
| 0,460756 |
| 0,044331 |
| 0,193677 |
| -0,14589 |
| 0,349291 |
| -0,45726 |
| -0,04022 |
| -0,18681 |
| 0,165181 |



Рисунок 1 - Вычисление несмещённой случайной величины

Несмещённая случайная величина равна -0,038454987.

Рисунок 2 - Вычисление смещённой случайной величины

Смещённая случайная величина равна **0,884635**.

# 

# **Вывод**

В ходе выполнения лабораторной работы были получены навыки моделирования случайных величин с заданными законами в Excel.