

Качество генерации псевдослучайных чисел в системах имитационного моделирования OpenGPSS, GPSS World и AnyLogic

Диденко Дмитрий Георгиевич

Старший преподаватель кафедры

ММСА ННК «ІІСА»

**Национальный технический университет
Украины**

«Киевский политехнический институт»

Киев, Украина

1. Большое количество вероятностных распределений

От Бернулли до Вейбула:

- OpenGPSS (29 распределений);
- GPSS World (24 распределения);
- AnyLogic (29 распределений).

2. Тесты псевдослучайных последовательностей

Наборы (батареи) тестов:

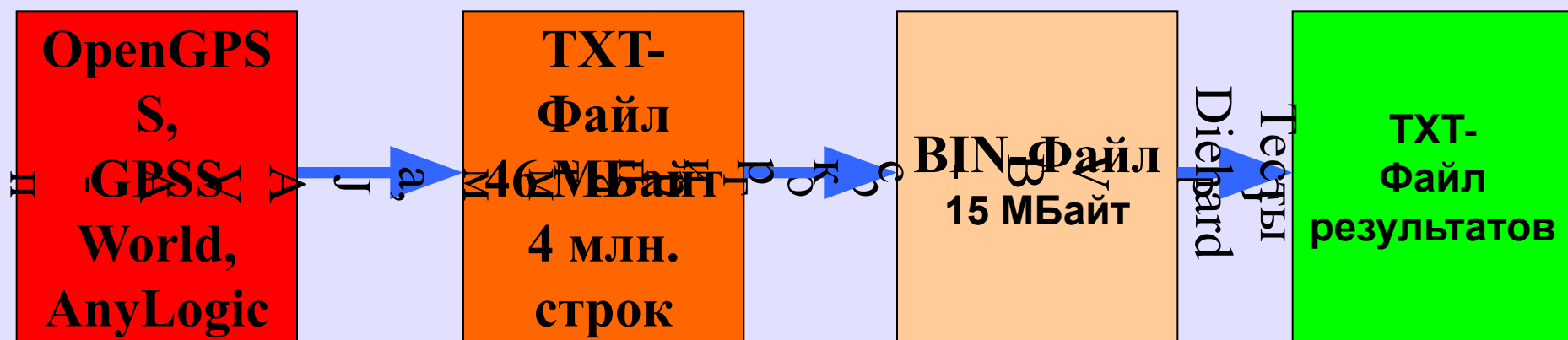
- NIST;
- TEST-U01;
- CRYPT-X;
- The pLab Project;
- DIEHARD;
- ENT.

2. Тесты псевдослучайных последовательностей

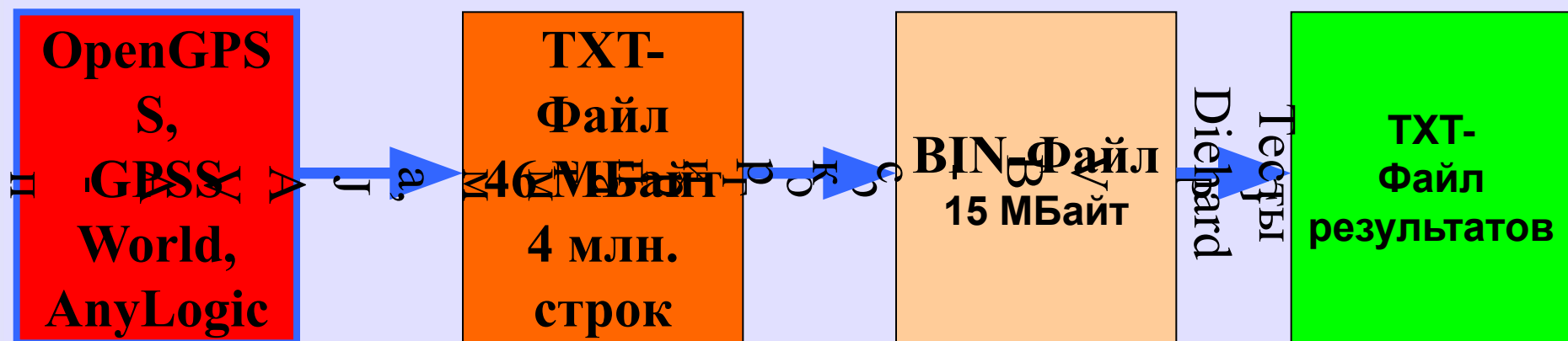
Наборы (батареи) тестов:

- NIST;
- TEST-U01;
- CRYPT-X;
- The pLab Project;
- **DIEHARD;**
- ENT.

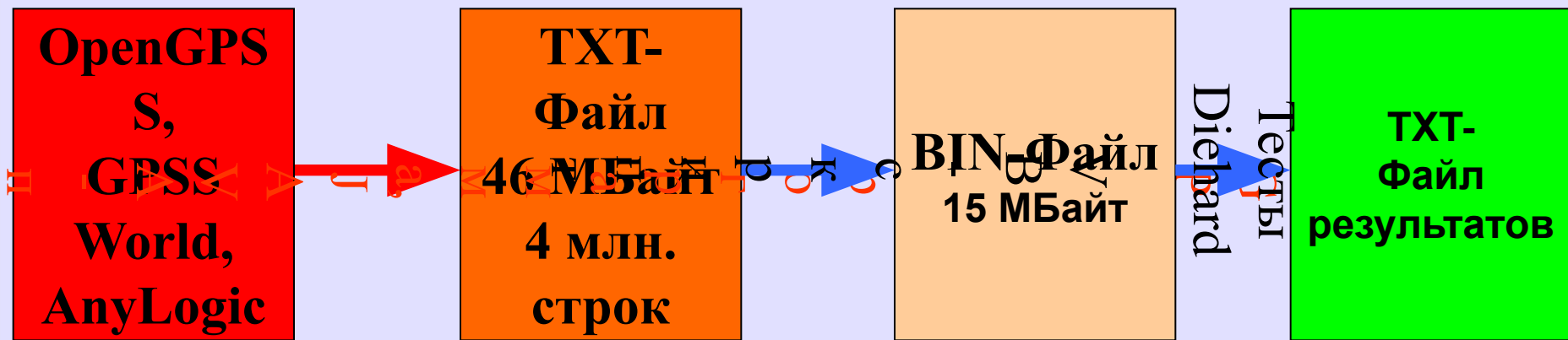
3.1. Схема проведения эксперимента



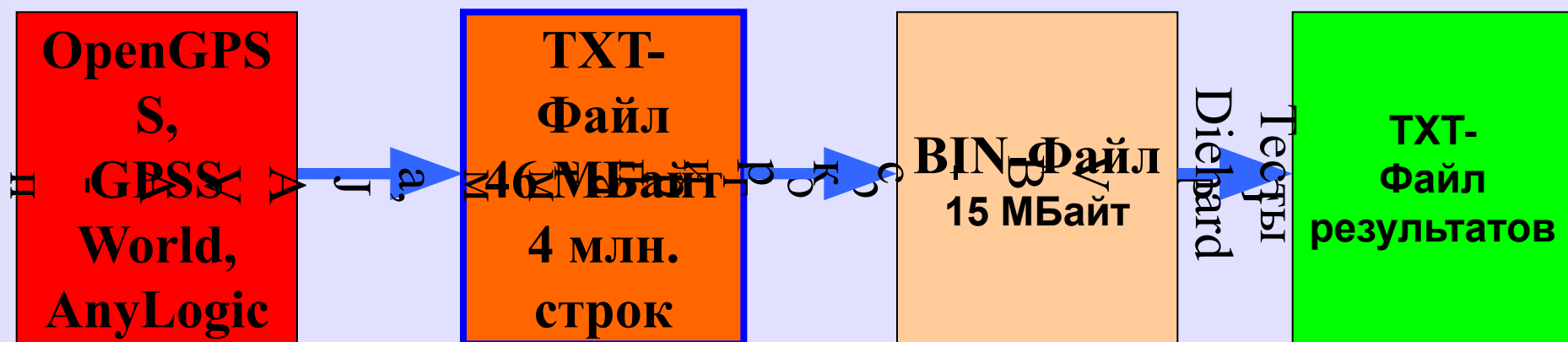
3.1. Схема проведения эксперимента



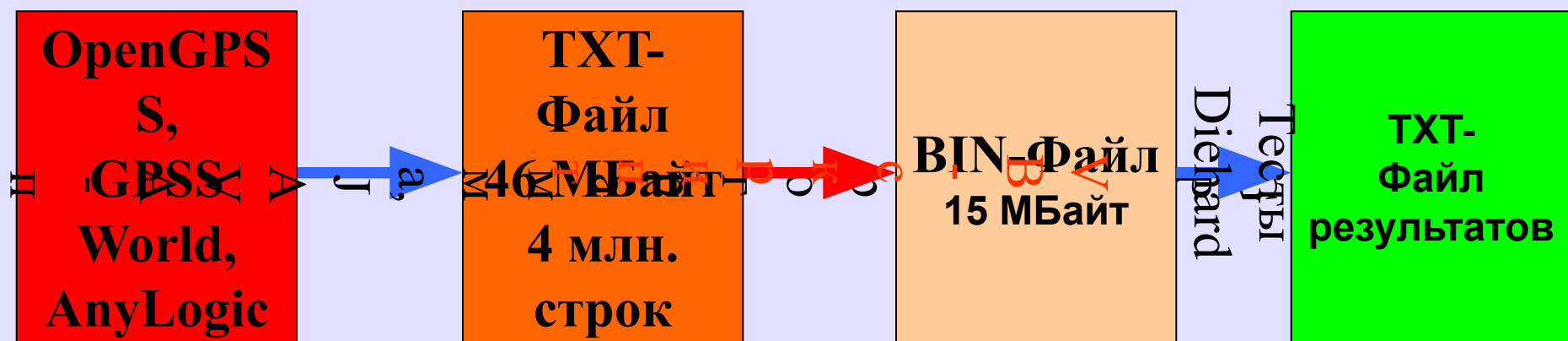
3.1. Схема проведения эксперимента



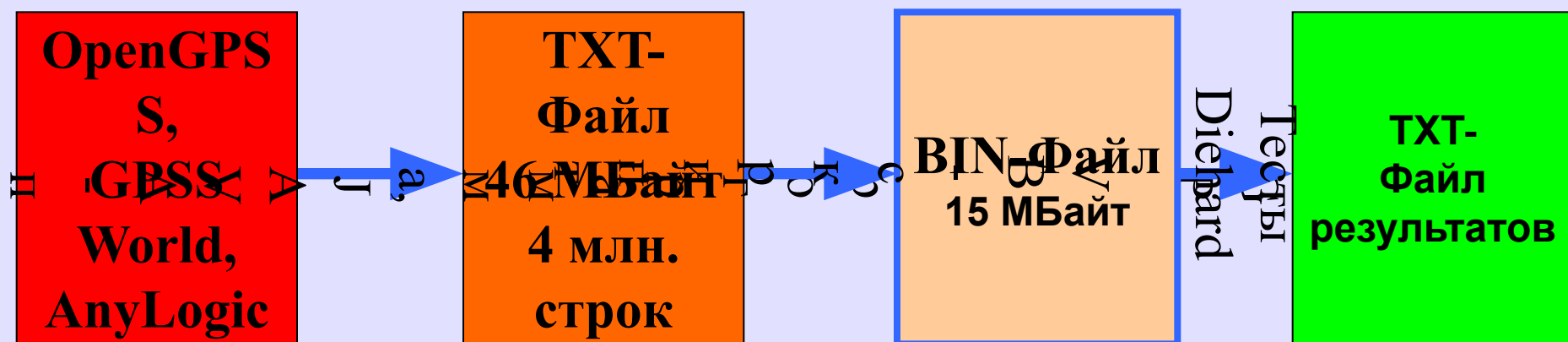
3.1. Схема проведения эксперимента



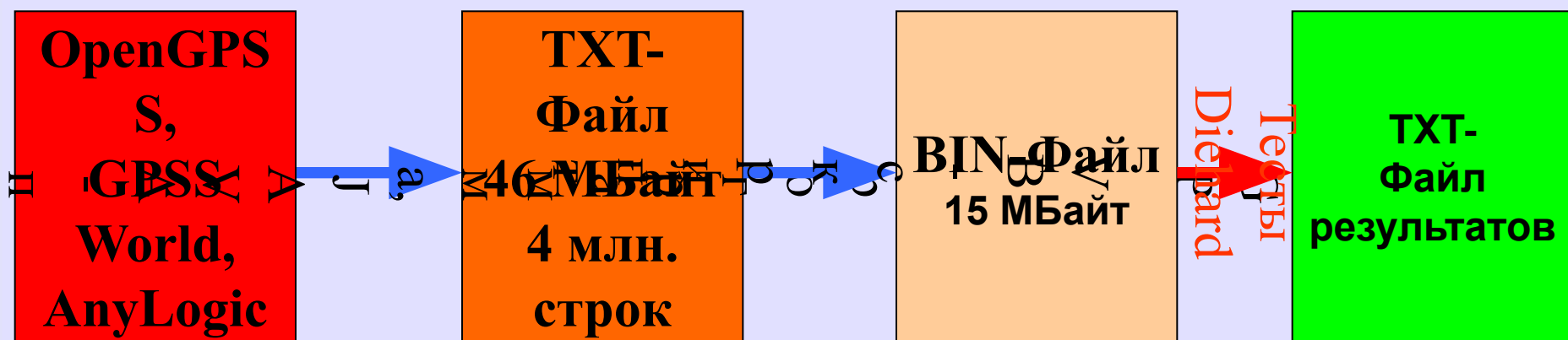
3.1. Схема проведения эксперимента



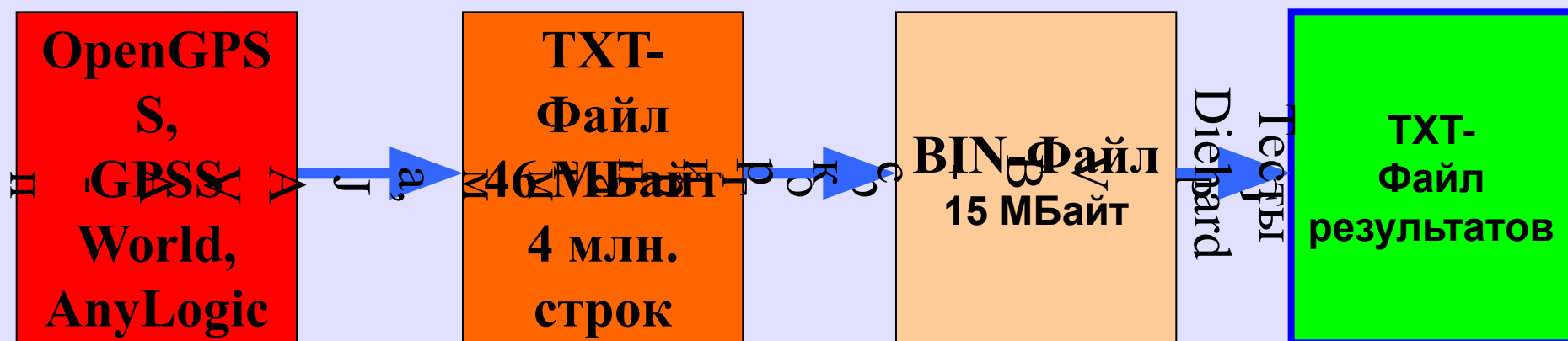
3.1. Схема проведения эксперимента



3.1. Схема проведения эксперимента



3.1. Схема проведения эксперимента



4.1. Тестовая программа для OpenGPSS

```
RMULT 300;начальное смещение  
GENERATE 1
```

```
;переносим псевдослучайное число в сохраняемую  
;величину  
SAVEVALUE XN1,RN1  
TERMINATE
```

```
;временной сегмент  
GENERATE 1024  
TERMINATE 1  
START 1
```

4.2. Тестовая программа для GPSS World

```
FACTORY FUNCTION RN1,C2  
0,-0.5/1,0.5  
;Scale1 = 2 ^ 32 - 1=4294967295  
PLATE VARIABLE FN$FACTORY#4294967295\1  
GENERATE 1  
WRITE V$PLATE,1  
TERMINATE
```

```
;генерируем один из транзактов, который будет открывать/закрывать файл  
GENERATE 1,,,1  
OPEN "d:\test.txt",1,ERROR_BLOCK_1  
ADVANCE 4000000;устанавливаем количество сгенерированных чисел  
CLOSE 100,1  
TERMINATE 1  
ERROR_BLOCK_1 TERMINATE 1
```

```
RMULT 200  
START 1
```

4.3. Тестовая программа для AnyLogic

```
double x;  
int z;  
for( int i=0; i<4000000; i++ ) { //генерируем 4 млн чисел  
    x = uniform(-1,1)*2147483647;  
    z = (int)x;  
    my_file.println(z);  
}
```

5. Результаты прохождения тестов из пакета DIEHARD

| № | Тест | OpenGPSS | GPSS World | AnyLogic |
|---|-----------------------------|----------|------------|----------|
| 1 | Дни рождения | + | - | + |
| 2 | Пересекающиеся перестановки | - | + | - |
| 3 | Ранги матриц | +/-/- | +/+/+ | +/+/+ |
| 4 | Поток битов | + | - | + |
| 5 | Обезьяньи тесты | - | + | + |
| 6 | Подсчёт единичек | -/- | -/+ | +/+ |
| 7 | Тест на парковку | - | + | + |
| | | | | |

6. Результаты прохождения тестов из пакета DIEHARD (продолжение)

| № | Тест | OpenGPSS | GPSS World | AnyLogic |
|----|--------------------------------|----------|------------|----------|
| 8 | Тест на минимальное расстояние | - | + | + |
| 9 | Тест случайных сфер | + | + | + |
| 10 | Тест сжатия | - | + | - |
| 11 | Тест пересекающихся сумм | + | + | + |
| 12 | Тест последовательностей | + | + | + |
| 13 | Тест игры в кости | -/- | +/+ | +/+ |
| | | | | |

7. Проверка статистической гипотезы о случайности потока данных

| Система моделирования | Количество пройденных тестов | Критерий Хи-квадрат | Анализ результата |
|-----------------------|------------------------------|---------------------|-------------------|
| OpenGPSS | 5 | 90,00 | - |
| GPSS World | 10 | 29,45 | + |
| AnyLogic | 11 | 28,17 | + |
| | | | |

**Табличное значение критерия Хи-квадрат
36,2**

8. Использование встроенного ГПЧ из СУБД Oracle

Работа с системным пакетом
`dbms_random`:

- 1) начальное смещение для ГПЧ
`dbms_random.seed(300);`
- 2) получение следующего числа
`a := dbms_random.random;`

8. Использование встроенного ГПЧ из СУБД Oracle (продолжение)

Преимущества и недостатки

`dbms_random`:

- + встроенный в Oracle;
- + широкое использование;
- нельзя получить текущее смещение.

9. Способы улучшения ГПЧ

- линейный конгруэнтный метод $X_{n+1} = (aX_n + c) \bmod m$;
- квадратичный конгруэнтный метод $X_{n+1} = (dX_n^2 + aX_n + c) \bmod m$;
- генератор на основе объединения путём сложения по $\bmod 2^{32}$ двух генераторов: запаздывающего генератора Фибоначчи $X_n = X_{n-99} X_{n-33} \bmod 2^{32}$ и генератора на основе произведения с переносом $Y_n = 30903 Y_{n-1} \text{ carry} \bmod 2^{16}$;
- генератор M-последовательностей;
- вихрь Мерсена.

10. Модификации Линейного Конгруэнтного Метода

- расширенный конгруэнтный генератор -
$$X_n = 2^{13} (X_{n-1} + X_{n-2} + X_{n-3}) \bmod (2^{32} - 5);$$
- алгоритм “Marsaglia-Multicarry” (Джордж Марсаглия);
- алгоритм “xor-shift” (Джордж Марсаглия);
- алгоритм Блюма-Блюма-Шуба;
- генератор на базе произведения с переносом -
$$X_n = (2111111111 X_{n-4} + 1492 X_{n-3} + 1778 X_{n-2} + 5115 X_{n-1}) \text{ carry } \bmod 2^{32};$$
- генератор на базе произведения с переносом -
$$X_n = a X_{n-1} \text{ carry } \bmod 2^{32}.$$

11. Примеры Линейного Конгруэнтного Метода

| № | Источник | m | a | c | Биты |
|---|--|------------|------------|------------|--------|
| 1 | Numerical Recipes | 2^{32} | 1664525 | 1013904223 | 0..31 |
| 2 | Borland C/C++ | 2^{32} | 22695477 | 1 | 0..30 |
| 3 | GNU Compiler Collection | 2^{32} | 69069 | 5 | 16..30 |
| 4 | glibc (используется в GCC) | 2^{32} | 1103515245 | 12345 | 0..30 |
| 5 | ANSI C: Open Watcom, Digital Mars, Metrowerks, IBM VisualAge C/C++ | 2^{32} | 1103515245 | 12345 | 16..30 |
| 6 | Borland Delphi, Virtual Pascal | 2^{32} | 134775813 | 1 | 0..31 |
| 7 | Microsoft Visual/Quick C/C++ | 2^{32} | 214013 | 2531011 | 16..30 |
| 8 | Apple CarbonLib | $2^{31}-1$ | 16807 | 0 | 0..31 |
| | | | | | |

11. Примеры Линейного Конгруэнтного Метода (продолжение)

| № | Источник | m | a | c | Биты |
|----|--|------------|-----------------------------|-------------------------|--------|
| 9 | Microsoft Visual Basic (версия 6 и ниже) | 2^{24} | 1140671485 | 12820163 | 0..23 |
| 10 | RtlUniform from Native API | $2^{31}-1$ | 2147483629 | 2147483587 | 0..31 |
| 11 | MMIX Дональда Кнута | 2^{64} | 63641362238 46793005 | 14426950408 88963407 | 0..63 |
| 12 | VAX's MTH\$RANDOM (старая версия библиотеки glibc) | 2^{32} | 69069 | 1 | 0..31 |
| 13 | LC53 в языке программирования Forth | $2^{32}-5$ | $2^{32} -$ 33333333 3 | 0 | 0..31 |
| 14 | Random class in Java API | 2^{48} | 25214903917 | 11 | 16..47 |
| 15 | MS Fortran | $2^{31}-1$ | 48271 | 0 | 0..31 |

12. Результаты прохождения тестов из пакета DIEHARD

| № | Тест | OpenGPSS | | GPSS World | AnyLogic |
|---|-----------------------------|----------|---------|------------|----------|
| | | 1.2.1.0 | 1.2.2.0 | | |
| 1 | Дни рождения | + | - | - | + |
| 2 | Пересекающиеся перестановки | - | + | + | - |
| 3 | Ранги матриц | +/-/- | +/+/- | +/+/+ | +/+/+ |
| 4 | Поток битов | + | - | - | + |
| 5 | Обезьяньи тесты | - | + | + | + |
| 6 | Подсчёт единичек | -/- | -/+ | -/+ | +/+ |
| 7 | Тест на парковку | - | + | + | + |
| | | | | | |

Диденко Д.Г. © 2011

12. Результаты прохождения тестов из пакета DIEHARD (продолжение)

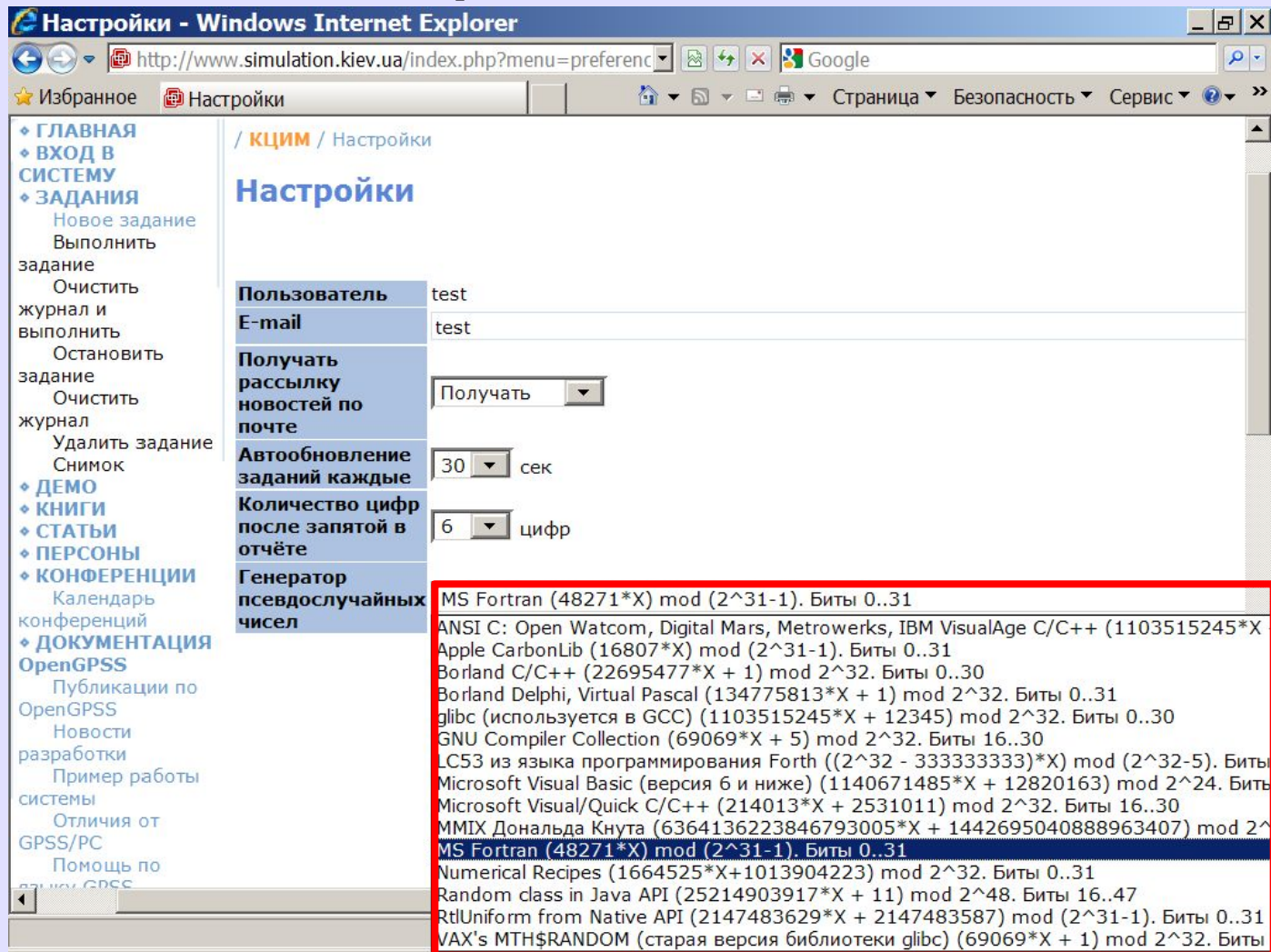
| № | Тест | OpenGPSS | | GPSS World | AnyLogic |
|----|--------------------------|----------|---------|------------|----------|
| | | 1.2.1.0 | 1.2.2.0 | | |
| 9 | Тест случайных сфер | + | + | + | + |
| 10 | Тест сжатия | - | + | + | - |
| 11 | Тест пересекающихся сумм | + | + | + | + |
| 12 | Тест последовательностей | + | + | + | + |
| 13 | Тест игры в кости | -/- | +/+ | +/+ | +/+ |
| | | | | | |

13. Проверка статистической гипотезы о случайности потока данных

| Система моделирования | Количество пройденных тестов | Критерий Хи-квадрат | Анализ результата |
|--------------------------------|------------------------------|---------------------|-------------------|
| OpenGPSS 1.2.1.0 | 5 | 90,00 | - |
| OpenGPSS 1.2.2.0 MS Fortran | 12 | 24,46 | + |
| GPSS World | 10 | 29,45 | + |
| AnyLogic | 11 | 28,17 | + |
| | | | |

**Табличное значение критерия Хи-квадрат
36,2**

14. Настройка ГПЧ в системе OpenGPSS



Настройки - Windows Internet Explorer

http://www.simulation.kiev.ua/index.php?menu=preferenc

Избранное Настройки

Главная
Вход в систему
Задания
Новое задание
Выполнить задание
Очистить журнал и выполнить
Остановить задание
Очистить журнал
Удалить задание
Снимок

Демо
Книги
Статьи
Персоны
Конференции
Календарь конференций
Документация
OpenGPSS
Публикации по OpenGPSS
Новости разработки
Пример работы системы
Отличия от GPSS/PC
Помощь по OpenGPSS

Настройки

Пользователь: test

E-mail: test

Получать рассылку новостей по почте:

Автообновление заданий каждые: 30 сек

Количество цифр после запятой в отчёте: 6 цифр

Генератор псевдослучайных чисел

MS Fortran (48271*X) mod (2^31-1). Биты 0..31

ANSI C: Open Watcom, Digital Mars, Metrowerks, IBM VisualAge C/C++ (1103515245*X

Apple CarbonLib (16807*X) mod (2^31-1). Биты 0..31

Borland C/C++ (22695477*X + 1) mod 2^32. Биты 0..30

Borland Delphi, Virtual Pascal (134775813*X + 1) mod 2^32. Биты 0..31

glibc (используется в GCC) (1103515245*X + 12345) mod 2^32. Биты 0..30

GNU Compiler Collection (69069*X + 5) mod 2^32. Биты 16..30

LC53 из языка программирования Forth ((2^32 - 333333333)*X) mod (2^32-5). Биты

Microsoft Visual Basic (версия 6 и ниже) (1140671485*X + 12820163) mod 2^24. Биты

Microsoft Visual/Quick C/C++ (214013*X + 2531011) mod 2^32. Биты 16..30

MMIX Дональда Кнута (6364136223846793005*X + 1442695040888963407) mod 2^

MS Fortran (48271*X) mod (2^31-1). Биты 0..31

Numerical Recipes (1664525*X+1013904223) mod 2^32. Биты 0..31

Random class in Java API (25214903917*X + 11) mod 2^48. Биты 16..47

RtlUniform from Native API (2147483629*X + 2147483587) mod (2^31-1). Биты 0..31

VAX's MTH\$RANDOM (старая версия библиотеки glibc) (69069*X + 1) mod 2^32. Биты

Диденко Д.Г. © 2011

Спасибо за внимание

www.simulation.kiev.ua