

УДК 517. (075)

К.Л. Куцаков (4 курс, каф. САиУ), Р.И. Ивановский, д.т.н., проф

## СОПОСТАВЛЕНИЕ МЕТОДОВ ГЕНЕРАЦИИ СЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

При моделировании систем различного назначения возникает необходимость учета тех воздействий и возмущений, которые определяют особенности поведения систем в рамках решаемой задачи. Современные технологии позволяют реализовать комплекс процедур имитации случайных воздействий по заданным (требуемым) характеристикам. В реальных условиях системы подвержены случайным воздействиям, особенности которых применительно к конкретной задаче моделирования отображается совокупностью как детерминированных функций и параметров, так и вероятностными характеристиками. Будем считать для определенности, что любое случайное воздействие  $u$  может быть представлено суммой детерминированной функции  $m$  и центрированной случайной функции  $v$ . Считая аргументом время, имеем:  $y(t) = m(t) + v(t)$ . Функции  $m(t)$  передают среднее поведение воздействия и описываются передаточными функциями, системами дифференциальных и разностных уравнений,  $z$ -передаточными функциями или функциями времени. Воспроизведение произвольных  $m(t)$  не представляет проблем и здесь не рассматривается.

Имитация  $v(t)$  возможна при задании их вероятностных характеристик, в число которых входит вид распределения вероятностей и параметры этого распределения, а также корреляционные функции или спектральные плотности. Передавая изменчивость средних значений в функции  $m(t)$ , имеем все основания считать  $v(t)$  стационарными центрированными случайными функциями (СФ). При необходимости учитывать требуемый характер изменения вторых (смешанных) центральных моментов нестационарных СФ, сигналы  $v(t)$  могут быть пропущены через динамические звенья. Описанная концепция служит основой модуля имитации функций (последовательностей)  $u(t)$ , структура которого приведена на рис.1.

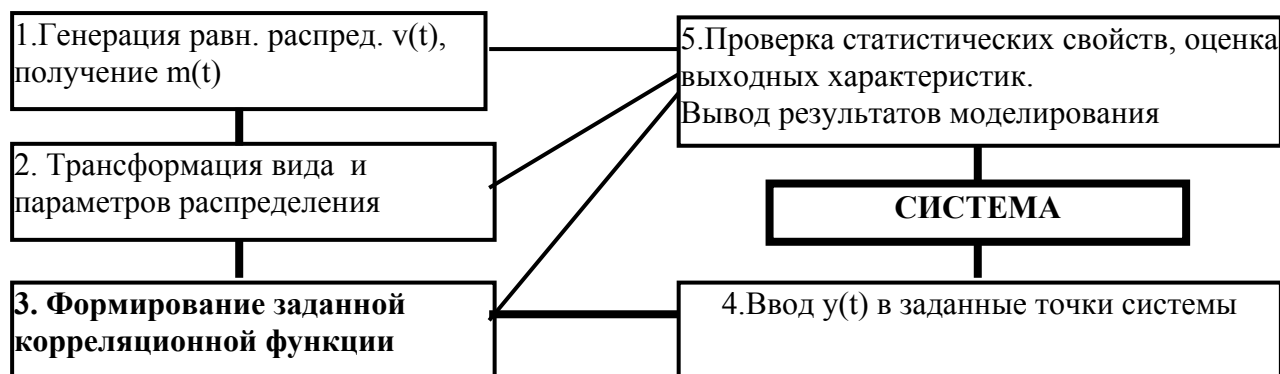


Рис.1. Структура модуля

Блок 1 служит для генерации нормированных равномерно распределенных чисел, которые затем, с учетом тактности вычислений, преобразуются в случайную последовательность типа дискретного белого шума. Генератор реализован программно в

связи с возможностью просто и достоверно сформировать последовательность равномерно распределенных величин.

В генераторе используется видоизмененный алгоритм средних квадратов с теми изменениями, что выдаваемое случайное число формируется на основе двух промежуточных случайных чисел и данных из ранее полученной последовательности. На предварительном этапе разработки (для отладки и проверки) связь генератора с внешними элементами системы реализована через файл данных, содержащий собственно последовательность случайных чисел.

В блоке 2 осуществляется переход к заданному виду распределения. Итеративная процедура получения требуемых законов распределения выборочных совокупностей использует функциональные преобразования вида  $Y = G(v)$ , где  $Y$  – искомая выборка с заданным законом распределения, зависящим от вида функции  $G$ . Плотность распределения  $Y$  связана с плотностью распределения  $v$  известным соотношением  $f(Y) = f(v)|dv/dY|$ . Для сложных законов распределения может использоваться процедура, основанная на известном соотношении для плотности вероятностей  $f(Z)$  суммы  $Z = X + Y$  случайных величин  $X$  и  $Y$  с плотностями распределения  $f(X)$  и  $f(Y)$ . В этом случае  $f(Z)$  определяется сверткой  $f(X)$  и  $f(Y)$ .

Для получения “окрашенных” случайных последовательностей в блоке 3 используется оригинальный алгоритм получения параметров формирующего фильтра, не требующий решения задачи факторизации и справедливый как для векторного, так и для скалярного случаев. Подход требует лишь численного задания значений корреляционной матрицы или, в скалярном случае, функции.

Блок 4 служит для фиксации точек приложения воздействий  $y(t) = m(t) + v(t)$  и осуществления ввода в исследуемую систему.

Блок 5 модуля является универсальным и используется как для проверки качества полученных в блоках 1, 2 и 3 последовательностей, так и для оценки результатов воздействия на систему, в том числе, точности и чувствительности ее функционирования при случайных воздействиях. Оценке подлежат среднее значение, среднеквадратическое отклонение, гистограммы распределения, а также корреляционная функция и спектральная плотность для последовательностей, полученных в блоках 1, 2 и 3. В блоке 5 также производится проверка гипотез полученных распределений. Для выбранных выходных переменных могут быть определены средние значения и дисперсии. Последние используются для оценки времени технической готовности. В линейном случае анализ точности и чувствительности выбранных переменных (выходов) системы осуществляется с использованием ковариационных уравнений. Эти матричные дифференциальные уравнения резко упрощают анализ, позволяя получить все вторые центральные моменты распределения в любой точке на оси времени без операций непосредственно со случайными переменными. В блоке 5 формируется массив результирующих параметров и осуществляется их вывод.