

большую вероятность получить информацию, циркулирующую в сети, и контролировать распространение этой информации, а также путь от этих акторов к другим акторам является наиболее простым. Также можно сказать что актор «God» - является «точкой сочленения» (cutpoint) сети. Удаление данного актора произведет к разрушению сети на блоки, потере контактов с организациями «K\_Sigm», «K\_Nix».

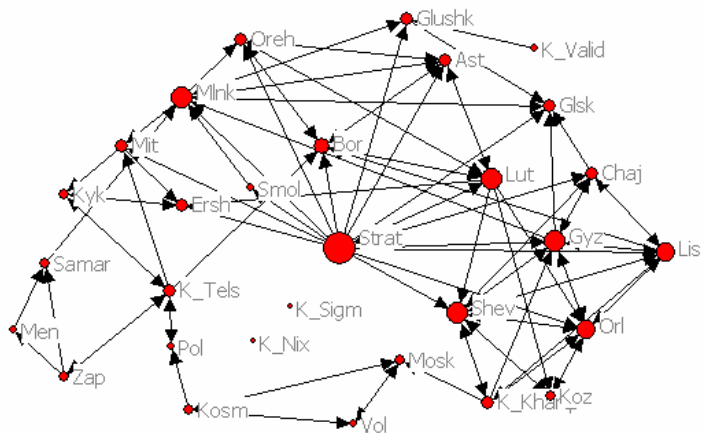


Рис. 3. Отсутствие самого центрального актора сети.

В данной статье показан подход к решению проблемы поиска и объединения специалистов в области информационных технологий. Описаны определения и основные методы, используемые при исследовании в данном направлении, а также приведен краткий обзор информационных программных средств, позволяющих осуществлять данное исследование. Показан пример построения модели социальной сети, используя программное средство NetDraw v2.075. Произведен анализ данной сети, выявлены основные структурные характеристики.

**Список литературы:** 1.IT-ware: Новости 19 сентября 2002 г. Информационный портал: [http://itware.com.ua/news/2002/09/19/KvazarMicro\\_Telesens\\_KMTS.html](http://itware.com.ua/news/2002/09/19/KvazarMicro_Telesens_KMTS.html). 2. Granovetter M. The Sociological Approaches to Labor Market Analysis: A Social Structural View / Granovetter I., Swedberg R. (eds.) The Sociology of Economic Life. Boulder, Westview Press, 1992. P. 244-245. 3. Чураков А.Н. Анализ социальных сетей // Социологические исследования. – 2001. - № 1. – С. 109 – 121. 4. Wasserman S., Faust K. Social Network Analysis: Methods And Applications. New York: Cambridge University Press, 1994. 5. Градосельская Г.В. Анализ социальных сетей: Автореф. дис. ...канд. соц. наук. М., 2001. – 33 с. 6. Linton C. Freeman. Visualizing Social Groups. American Statistical Association 1999 Proceedings of the Section on Statistical Graphics, 2000, 47-54. 7 Linton C. Freeman. Computer Programs and Social Network Analysis. Connections, 11, 1988, 26-31. 8 Computer Programs for Social Network Analysis. INSNA. Информационный портал: <http://www.insna.org>.

Поступила в редколлегию 28.05.08

**А. С. МАЗМАНИШВИЛИ**, д-р физ.-мат. наук, профессор НТУ «ХПИ»,  
**О. Я. НИКОНОВ**, канд. техн. наук, доцент НТУ «ХПИ»

### ДВИЖЕНИЕ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПО ПРОФИЛЮ, ВОЗМУЩЕННОМУ ДРОБОВЫМ И БЕЛЫМ ШУМАМИ, И БОЛЬШИЕ УКЛОНЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ ЕГО КОРПУСА

Розглянута задача моделювання руху транспортного засобу по випадковому профілю, що збурений дією типу білого шуму та дробового шуму. Приведено статистичні характеристики (гістограми, кумуляти) вертикальних і повздожно-кутових коливань корпусу при руху транспортного засобу по збуреному профілю. Наведено статистичні характеристики великих відхилень корпусу від рівноваги.

Рассмотрена задача моделирования движения транспортного средства по случайному профилю, создаваемому воздействию типа белого шума и дробового шума. Приведены статистические характеристики (гистограммы, кумуляты) вертикальных и продольно-угловых колебаний корпуса при движении транспортного средства по возмущенному профилю. Описаны статистические характеристики больших отклонений корпуса от равновесия.

The problem of modeling of moving a transport vehicle on the random profile, create influence of type of the white noise and the shot noise is considered. The statistical features (histograms, cumulates) vertical and is longitude-angular body fluctuations when moving a transport vehicle on the outrage profile is obtained. The statistical characteristics of the great runarounds of body from the balance are described.

**Введение.** Хорошо известно, что устройства автоматизации, установленные на транспортных средствах и других машинах, эффективны, когда их элементы правильно настроены [1, 2]. Эффективным подходом проектирования транспортных средств является моделирование динамических процессов в режиме реального времени [3, 4]. Необходимо отметить, что само моделирование необходимо осуществлять с учетом реальных свойств среды, что особенно важно для специальных транспортных средств высокой проходимости. При численном моделировании, как правило, в качестве возмущающего фактора, ассоциируемого со свойствами профиля, применяется стохастическое моделирование, основанное на использовании процесса «белого» шума, аналогично поступают при решении задач управления или оптимизации [5]. Между тем, применение белого шума связано с наличием достаточно большого количества возмущающих факторов, имеющих относительно малую интенсивность. Факторы (импульсы), которые, возможно, действуют разрушительно, имеют в соответствии с законом больших чисел [6] малую вероятность. Эта вероятность быстро уменьшается с увеличением амплитуды разрушающего фактора. Однако утверждения такого типа мало подействуют на пользователя транспортного средства, если авария все-таки имела место. Вдоль профиля

движения всегда можно ожидать наличие различных возмущений, будь то натурального или искусственного происхождения, в том числе и большой амплитуды. Профиль пересеченной местности, по которой движутся специальные транспортные средства, содержит такие препятствия, как ямы, рвы, бревна, элементы железобетонных конструкций и т.п. Для описания профилей такого рода в транспортных задачах численного моделирования необходимо применение стохастических процессов, свойства которых приближены к указанным возмущениям, а значит, отличными от свойств белого шума. Известный процесс «дробового» шума [7], как представляется, может быть использован в указанных задачах.

**Цель работы.** Целью настоящей работы является проведение численного моделирования транспортной задачи с применением стохастических шумов обоих указанных видов (дробового и белого) и последующим сравнением результатов. При этом особое внимание уделяется характеристикам больших уклонений корпуса от равновесия.

**Постановка задачи.** Для упругих колебаний корпуса транспортного средства математическая модель возмущенного движения может быть записана в виде системы линейных дифференциальных уравнений. Пользуясь обозначениями, приведенными в [5], запишем следствие из этой системы в форме дифференциального уравнения для формирующего динамического звена

$$T_1^2 \ddot{x}(t) + T_2 \dot{x}(t) + q(t) = k_y x(t). \quad (1)$$

Дифференциальное уравнение (1) моделирует случайную функцию  $q(t)$ , порожденную возмущением  $x(t)$  в правой части.

В настоящей работе проведено моделирование временной эволюции решения уравнения (1) и сопоставление его результатов для обоих видов шума. Численное моделирование было проведено для скорости движения транспортного средства  $V = 10 \text{ м/с}$ . Параметры звена выбирались следующие:  $T_1 = 0.166 \text{ с}$ ,  $T_2 = 1.660 \text{ с}$ ;  $k_y = 0.57 \text{ м}$  [5]. В уравнении (1) в качестве возмущающей функции  $x(t)$  может быть использована помеха рассматриваемого типа. Обычно [5] в качестве помехи применяется случайная функция типа «белого» шума. Именно шум такого рода наиболее часто используется в задачах стохастического моделирования. В настоящей работе на известном примере [4] в качестве шума использована помеха типа именно «дробового» шума [7].

Система дифференциальных уравнений (1) может быть записана в стандартном виде Коши:

$$\dot{X} = AX + bX(t). \quad (2)$$

В этом уравнении введены следующие обозначения, которые вытекают из (1):  $X = (\dot{x}(t), x(t))^T$  – вектор состояния системы (решение уравнения (2));  $x(t)$  – возмущающее воздействие вида дробового шума или белого шума в правой части системы;  $A$  – матрица системы;  $b$  – вектор коэффициентов правой части системы уравнений.

**Дробовой и белый шум.** Рассмотрим теперь систему (2) с правой частью – дробовым  $x_s(t)$  шумом или белым  $x_w(t)$  шумом. Приведем определения используемых при моделировании параметров:  $s_s$  – среднеквадратичные амплитуды импульсов дробового шума;  $t$  – средний временной интервал между импульсами;  $K$  – количество импульсов дробового шума, используемое при моделировании (удобно значение параметра  $K$  выбирать так, чтобы изучить эволюцию системы за временной интервал, равный  $100 \text{ с}$ );  $s_w$  – среднеквадратичные амплитуды импульсов белого шума;  $N$  – количество импульсов белого шума.

При получении численного решения уравнения (2) был выбран одношаговый метод Эйлера решения дифференциального уравнения. Известные другие методы (например, метод Рунге-Кутты) оказались неприменимыми в рассматриваемой стохастической модели, поскольку их алгоритмы содержат многократный вызов правой части уравнения, что приводит к нарушению энергетического баланса между шумами рассматриваемых видов и потому противоречит самому уравнению (2).

При численной реализации необходимо выбрать шаг  $h$  численного интегрирования рассматриваемых дифференциальных уравнений или, что эквивалентно, общее количество шагов  $N$  на временном интервале решения. Для всего интервала в  $100 \text{ с}$  оказалось достаточным выбрать  $h = 0.001 \text{ с}$ , т.е. всего количество  $N$  шагов интегрирующего алгоритма составило  $N = 100000$ . Таким образом, фактически в качестве белого шума был применен высокочастотный «решетчатый» шум.

*Дробовой шум*  $x_s(t)$  задается как последовательность дельтаобразных импульсов ( $k = 1, 2, 3, \dots$ )

$$x_s(t) = \sum_k a_k d(t - t_k), \quad (3)$$

обладающими следующими свойствами:

а) каждая амплитуда  $a_k$  независимо от остальных амплитуд из набора  $\{a_k\}$  подчиняется нормальному закону с нулевым математическим ожиданием и дисперсией, равной  $s_s^2$ ;

б) каждый из временных интервалов  $t_k = t_k - t_{k-1}$  между последовательными ударами ( $k=1,2,3,\dots$ ) является независимой случайной величиной и подчиняется экспоненциальному закону с параметром (средним интервалом)  $\bar{t}$ , который согласован с общим количеством ударов на всем временном промежутке.

Белый шум  $x_w(t)$  рассматривается как предел последовательности дробовых шумов  $\{x_s(t)\}$ , у которых количество ударов  $K$  растет, а интенсивность этих ударов  $S_s^2$  уменьшается таким образом, что средняя энергия за выбранный промежуток времени остается неизменной.

Для обеспечения энергетической эквивалентности примем, что энергии возмущающих воздействий на всем временной интервале поиска решения совпадают. Таким образом, имеем

$$KS_s^2 = N k_y^2 S_w^2, \quad (4)$$

поэтому если заданы три величины, то из (4) можно найти значение четвертой.

**Результаты численного моделирования.** Ниже приведены результаты численного моделирования системы (2) с воздействием в виде дробового или белого шума. На приводимых рисунках результаты изложены парами, при этом везде левый рисунок относится к случаю дробового шума, а правый – к случаю белого шума. Для удобства расчетов везде было принято значение  $S_s = 1$ . Количество ударов  $K$  дробового шума было выбрано таким образом, чтобы в среднем имел место 1 удар за одну секунду.

На рис. 1 приведены временные эпюры смоделированных профилей  $q(t)$ . На левом из них видна «ударная» структура порождающего дробового шума  $x_s(t)$ . Число импульсов  $N$  белого (решетчатого) шума велико, поэтому справа на рис. 1 практически видна сплошная полоса с относительно небольшими выбросами.

На основании построенного профиля  $q(t)$  можно осуществлять численное моделирование движения транспортного средства. Формулировка условий и значения параметров такого моделирования достаточно громоздки и полностью приведены в работе [5]. Настоящая работа отличается от [5] полномасштабностью моделирования и учетом влияния шумов указанных двух типов.

На рис. 2 приведены временные эпюры вертикальных колебаний звена  $Z(t)$  под воздействием дробового шума (слева) и белого шума (справа). Обращает на себя внимание заметное различие типов движения.

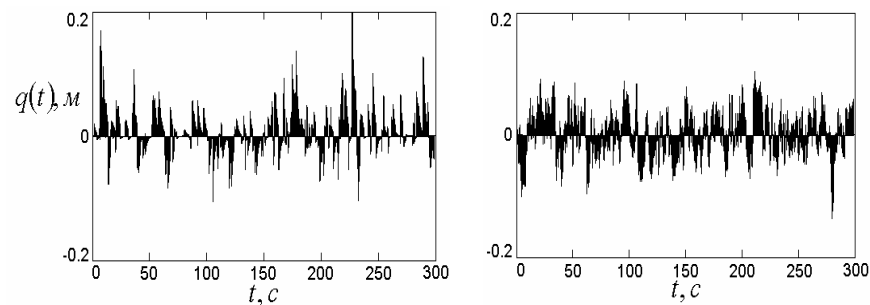


Рисунок 1. Профиль  $q(t)$  движения типа дробового шума (слева) и белого шума (справа)

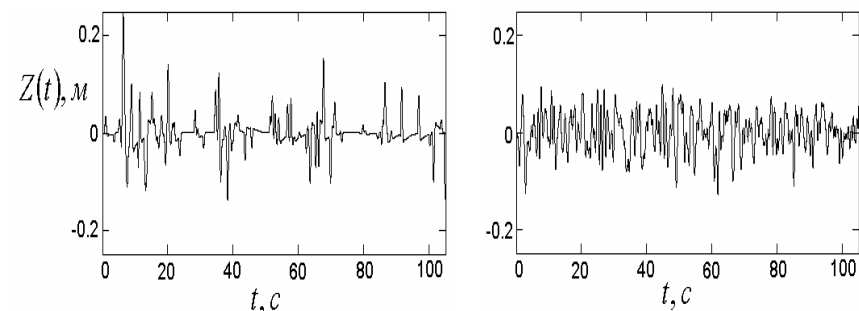


Рисунок 2. Пример реализации вертикальных колебаний  $Z(t)$  корпуса транспортного средства под воздействием профиля типа дробового шума (слева) и белого шума (справа)

На рис. 3 приведены временные эпюры для продольно-угловых колебаний корпуса  $f(t)$ .

Аналогичные приведенным зависимости были получены в ряде разнообразных численных экспериментов, в ходе которых увеличивалось число шагов  $N$  численного алгоритма и связанного с этим число  $N$  возмущений белого шума.

**Вероятности больших уклонений.** На нижеследующих рис. 4-5 представлены полученные в ходе численных экспериментов эмпирические вероятности (кумуляты)  $F_z^*$  в области уклонений вертикальных амплитуд  $|Z(t)|$  и кумуляты  $F_f^*$  амплитуд продольно-угловых уклонений  $|f(t)|$ .

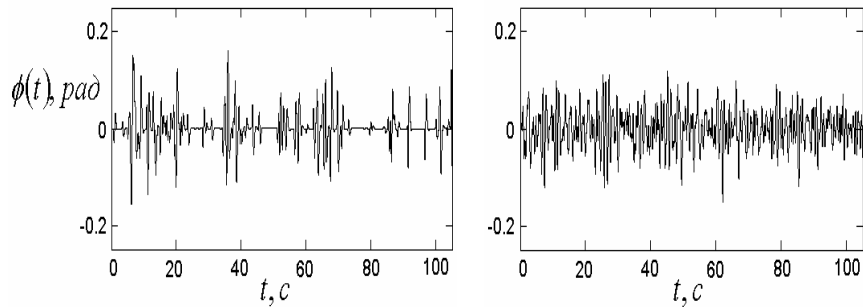


Рисунок 3. Пример реализации продольно-угловых колебаний  $f(t)$  корпуса транспортного средства под воздействием профиля типа дробового шума (слева) и белого шума (справа)

На рис. 4-5 результат воздействия дробового шума указан сплошной кривой, белого шума – прерывистой. Из рисунков видно, что, начиная с некоторой амплитуды  $Z_L$  (место пересечения кривых), определяющее влияние на эмпирические вероятности  $F_Z^*$  имеют именно возмущения типа дробового шума. Для амплитуд, меньших по модулю  $Z_L$ , система в основном находится в состоянии, близком к равновесному. Однако, импульсное воздействие, присущее дробовому шуму, определяет статистическую обстановку в наиболее критической области – районе больших уклонений амплитуд  $|Z| > |Z_L|$ . Аналогичная ситуация характерна и для продольно-угловых колебаний. Для них также существует критическая амплитуда  $f_L$  колебаний, начиная с которой вероятность  $F_f^*$  в основном определяется дробовым воздействием.

**Заключение.** Из приведенных зависимостей видна картина временной эволюции системы. А именно, компоненты вектора состояния, изменяясь под воздействием импульсов дробового шума, в основном, находятся в окрестности равновесной нулевой точки. Такого рода поведение системы определяется большим значением декремента системы и малого времени затухания. В основном, система находится в стационарной области. Указанные свойства системы оказываются совпадающими для шумов обоих видов. Близкими оказались и размеры стационарных областей. Все эти свойства позволяют говорить о возможности и целесообразности выполнения моделирующих экспериментов в стохастических системах с применением дробового шума.

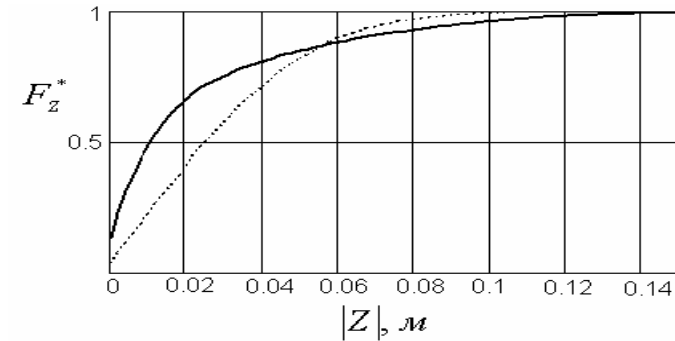


Рисунок 4. Кумулята вертикальных уклонений  $|Z(t)|$

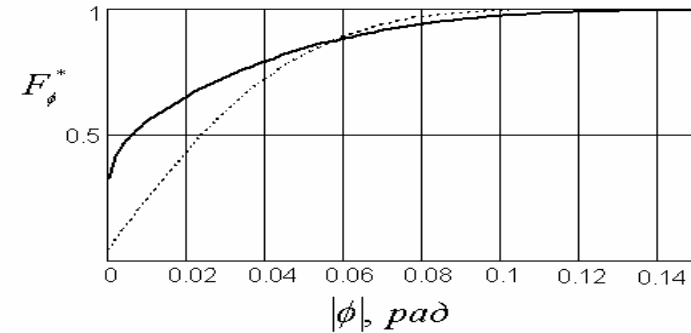


Рисунок 5. Кумулята продольно-угловых уклонений  $|f(t)|$

**Список литературы:** 1. Александров Е. Е., Богаенко И. Н., Кузнецов Б. И. Параметрический синтез систем стабилизации танкового вооружения. – К.: Техніка, 1997. – 112 с. 2. Александров Е. Е., Волонцевич Д. О., Карпенко В. А. Динамика транспортно-тяговых колесных и гусеничных машин. – Харьков: ХГАДТУ, 2001. – 642 с. 3. Александров С. С., Кюрчев В. Н. О возмущениях, действующих на пушку при движении танка по пересеченной местности // Механіка та машинобудування. – 2002. – № 1. – С. 93–96. 4. Александров Е. Е., Борисюк М. Д., Кузнецов Б. И. Параметрическая оптимизация многоканальных систем автоматического управления. – Харьков: Основа, 1995. – 272 с. 5. Александров Е. Е., Пидашов В. В. Повышение точности наводки танковой пушки рациональным выбором параметров стабилизатора и ходовой части // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2006. – № 4. – С. 23-26. 6. Венцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория случайных процессов и её инженерные приложения. – М.: Наука, 1991. – 384 с. 7. Тихонов В. И., Миронов М. А. Марковские процессы. – М.: Сов. радио, 1977. – 488 с.

Поступила в редколлегию 30.05.08