

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА ТЕКУЩЕЙ И ИТОГОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ БОЕВЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОРАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОЛВМ

PROBABILISTIC ASSESSMENT OF THE CURRENT AND FINAL STABILITY AND MILITARY TECHNICAL SYSTEMS IN THE EFFECTS OF DAMAGING FACTORS OLVM

Поленин В.И.¹, Можаяева И.А.², Потехин А.А.¹, Сущенков Д.А.¹

¹ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия им. Н.Г. Кузнецова»

197045, Санкт-Петербург, Ушаковская наб., 17/1

Тел. 8(812)431-92-91, e-mail: polenin@mail.ru

² ООО Научно-технический центр «Севзапмонтажавтоматика»

199026, Санкт-Петербург, В.О., 26-я линия, 15, корп. 2

Тел./факс 8 (812) 610 78 79, e-mail: irgladkova@gmail.com

Аннотация.

Постановка задач на моделирование вооруженной борьбы и функционирования опасных производственных объектов (ОПО) обычно связана с вычислением вероятностей исходов вооруженного противоборства, живучести и риска ОПО в функции текущего модельного времени. Существует логическая проблема оценки значений показателей с применением ОЛВМ. В статье рассматривается путь решения этой проблемы.

Ключевые слова: стойкость, устойчивость, риск, боевые системы, технические системы, опасные производственные объекты (ОПО), общий логико-вероятностный метод (ОЛВМ), программные комплексы автоматизированного структурного моделирования.

1. Суть проблемы

Между вооруженным противоборством и функционированием технической системы в условиях возможного воздействия опасных (поражающих) факторов, формально, с точки зрения вероятностных показателей устойчивости, имеет место полная аналогия. Этот вопрос раскрывается в публикациях [1, 2, 3].

При вычислении вероятностей исходов вооруженного противоборства и функционирования ОПО важными событиями являются событие упреждающего удара одной из сторон и событие упреждающего действия системы обеспечения безопасности по отношению к воздействию опасного фактора. Аппарат СФЦ ОЛВМ не позволяет осуществить моделирование такого рода событий.

Ниже рассматриваются ранее рекомендованный и новый пути решения этой проблемы [1, 4].

Идентичность событий поражения боевой системы и отказа (поражения) ОПО позволяет рассмотреть решение проблемного вопроса одновременно для обеих сфер моделирования.

2. Суть событийных вероятностных моделей вооруженного противоборства

Рассмотрим в качестве простейшей модели вооруженного противоборства модель дуэли с производством сторонами по одному выстрелу.

Введем следующие обозначения:

A, B – события нанесения ударов сторонами А и В;

t – текущее время дуэли;

T_A, T_B – случайные величины времени нанесения ударов сторонами А и В (случайные моменты выстрелов сторон);

$F_{T_A}(t), F_{T_B}(t)$ – функции распределения случайных величин времен T_A, T_B нанесения ударов сторонами А, В в течение заданного времени.

Между введенными случайными событиями и случайными величинами существует следующее очевидное соотношение:

$$P(A/t) = F_{T_A}(t) = P(T_A < t); \quad (1)$$

$$P(B/t) = F_{T_B}(t) = P(T_B < t). \quad (2)$$

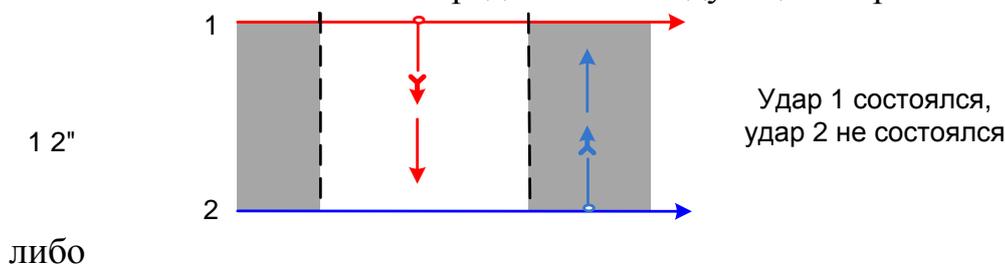
Задача состоит в вычислении вероятности поражения стороной А стороны В в функции текущего времени или вероятности сохранения устойчивости функционирования ОПО.

3. Методика вычисления вероятностей поражения сторон

Необходимо вычислить вероятность поражения стороны В стороной А, т.е. события D/t , состоящего в том, что на заданном интервале времени сторона А (сторона 1) выстрел произвела (элементарное событие A/t), а сторона В (сторона 2):

- 1) либо выстрел не произвела (элементарное событие \bar{B}/t);
- 2) либо выстрел произвела позже стороны А (элементарное событие $t_A < t_B$).

Событие D/t схематично определяется следующим образом.



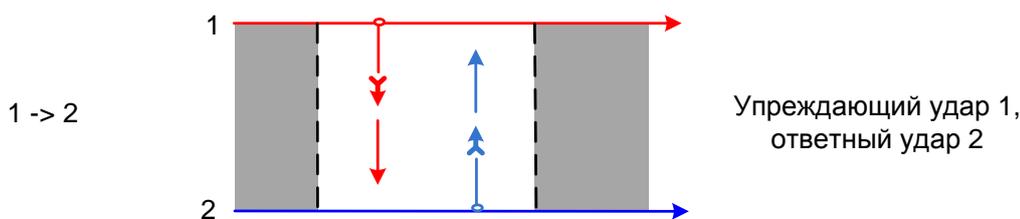


Рисунок 1. Временная характеристика событий обмена ударами в дуэли сторон

Вариант 1 2'' – удар 1 состоялся, удар 2 не состоялся:

$$P_{12''}(t) = \int_0^t f_x(x) dx \int_t^{\infty} f_y(y) dy = [1 - F_y(t)] F_x(t). \quad (3)$$

Очевидно и важно отметить, что $P_{12''}(t) \rightarrow 0$ при $t=0$ и $t \rightarrow \infty$, то есть, кривая всегда холмообразная, немонотонная, убывающая по мере увеличения текущего времени дуэли.

Вариант 1->2 – Упреждающий удар стороны 1, ответный удар стороны 2:

$$\begin{aligned} P_{1 \rightarrow 2}(t) &= \int_0^t f_x(x) dx \int_x^t f_y(y) dy = \int_0^t [F_y(t) - F_y(x)] f_x(x) dx = \\ &= \int_0^t f_y(y) dy \int_0^y f_x(x) dx = \int_0^t F_x(y) - F_x(0) f_y(y) dy. \end{aligned} \quad (4)$$

Функция $P_{1 \rightarrow 2}(t)$ монотонная, неубывающая по мере увеличения текущего времени дуэли.

Типовые графики зависимости вероятностей событий 12'' и 1->2 от текущего времени представлены на рис. 2.

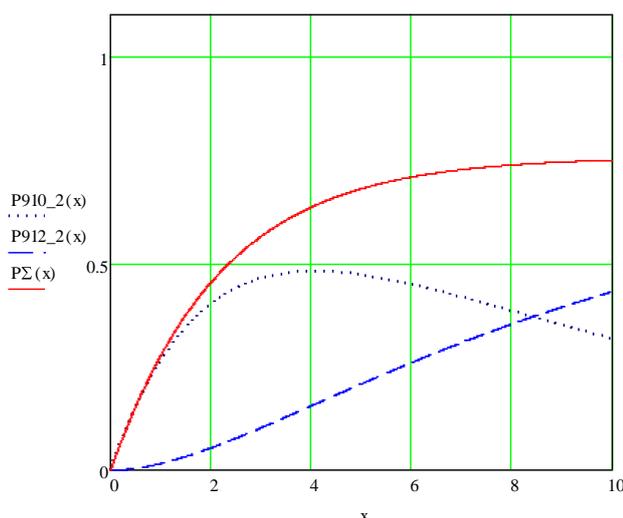


Рисунок 2. Типовые графики зависимости вероятностей событий 12'' и 1->2 от текущего времени

Эти события несовместны, поэтому для события чистой победы стороны 1 (стороны А) справедливо следующее решение, которое получается

путем суммирования (3) и (4) как вероятностей несовместных событий:

$$\begin{aligned}
 P_{12''}(t) + P_{1 \rightarrow 2}(t) &= [1 - F_y(t)] F_x(t) + \int_0^t [F_y(t) - F_y(x)] f_x(x) dx = \\
 &= [1 - F_y(t)] F_x(t) + \int_0^t F_x(y) - F_x(0) f_y(y) dy.
 \end{aligned} \tag{5}$$

Очевидно, что эта вероятность – неубывающая функция времени.

Симметрично таким же образом можно подсчитать вероятность поражения стороны А (стороны 1).

Как показано в монографии [4], все исходы дуэли образуют полную группу несовместных событий. Поэтому сумма вероятностей исходов по вариантам поражения только стороны 2 и поражения только стороны 1 с вариантом 1''2'' (удары не состоялись) должна отвечать условию нормировки:

$$P_{12''}(t) + P_{1 \rightarrow 2}(t) + P_{1''2}(t) + P_{2 \rightarrow 1}(t) + P_{1''2''}(t) = 1.0. \tag{6}$$

Путем анализа аналитических итоговых соотношений можно убедиться, что это условие выполняется.

Таким образом, формально подтверждается, что именно такой способ формирования событий и вычисления их вероятностей нанесения в дуэли сторонами поражения противнику, не подвергаясь его воздействию, является теоретически точным и корректным.

При применении ОЛВМ и его программных комплексов доступно лишь формирование модели, отражающей события 1 2'' (удар 1 состоялся, удар 2 не состоялся), 1'' 2 (удар 2 состоялся, удар 1 не состоялся) и 1''2'' (удары не состоялись).

Моделирование событий 1 → 2 (удар 1 упреждающий) и 1 ← 2 (удар 2 упреждающий) с применением этих средств недоступно.

4. Реализация методики

А.С. Можаяев на основе этой теории, отраженной в монографии [4], разработал и реализовал в ПК АСМ 2001 специальную группу функциональных вершин, генерирующих функции распределения всех элементарных событий (3), (4) для сторон дуэли с экспоненциальным законом распределения, со специально выделенными постоянными номерами, которые соответствуют рассмотренным событиям следующим образом:

- 900 – 1''2'' – удары не состоялись;
- 910 – 1 2'' – состоялся только удар стороны 1;
- 912 – 1 → 2 – упреждающий удар стороны 1;
- 921 – 2 → 1 – упреждающий удар стороны 2;
- 920 – 1'' 2 – состоялся только удар стороны 2.

Типовая схема функциональной целостности (СФЦ) обмена сторон ударами в ходе вооруженного столкновения (дуэли) приведена на рис. 3.

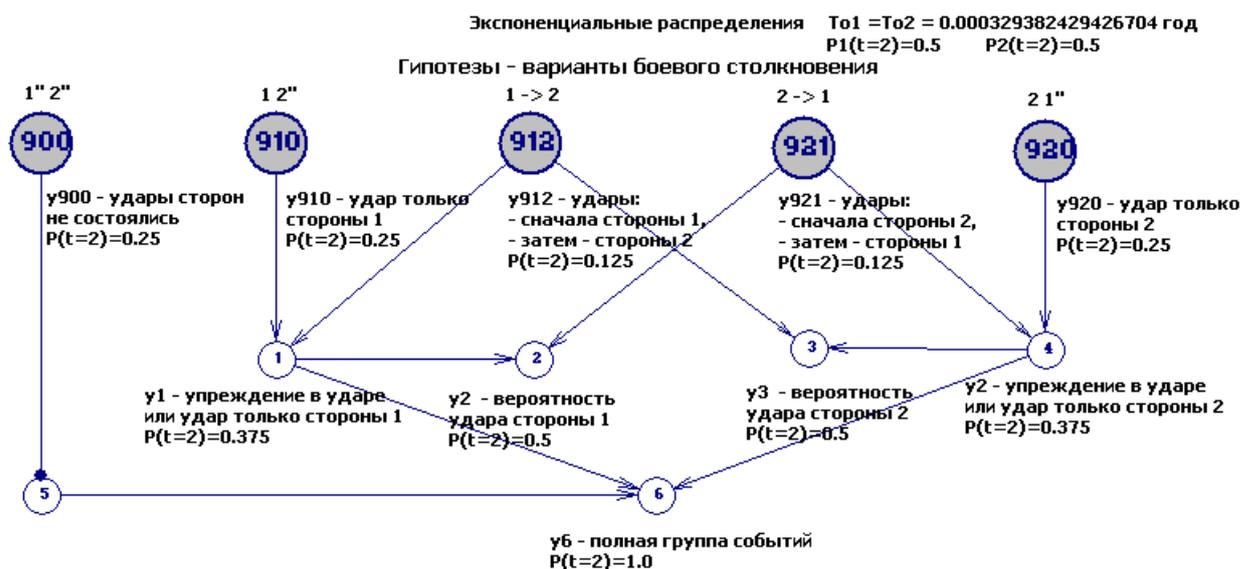


Рисунок 3. Типовая СФЦ обмена сторон ударами в ходе вооруженного столкновения (дуэли)

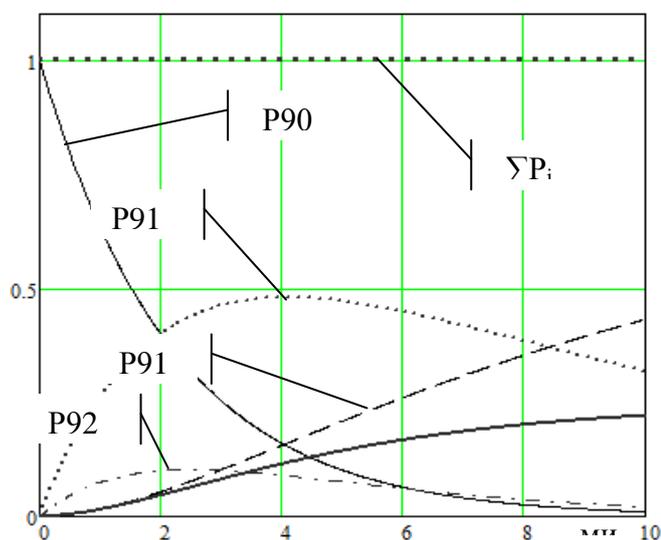


Рисунок 4. Типовые графики вероятностных функций элементарных событий в ходе вооруженного столкновения (дуэли)

Вероятности чистой победы сторон получаются путем суммирования исходов согласно (5).

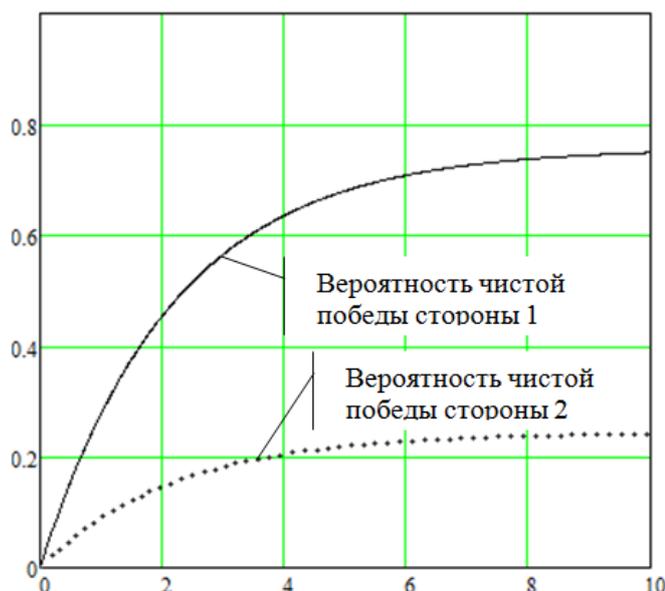


Рисунок 5. Типовые графики вероятностей чистой победы сторон в ходе вооруженного столкновения (дуэли)

Фиксируя максимальное, критичное время продолжительности дуэли, получаем фиксированные значения вероятностей этих элементарных событий.

Представляется очевидным, что представленный выше подход к вероятностной оценке как исходов вооруженной борьбы, так и риска поражения опасных производственных объектов отвечает требованию адекватности по сущности отражаемых событий.

Следует отметить два направления дальнейшего совершенствования этого аппарата в составе ПК АСМ, при моделировании во временном режиме:

1) для группы вершин 900-920, наряду с экспоненциальным законом, разработать технологию модельной реализации нормального закона распределения времени нанесения ударов, возникновения опасных факторов, который в большей степени соответствует характеру временных процессов данного типа;

2) поскольку актов дуэлей, обмена ударами в модели вооруженного противоборства может быть несколько, серию функциональных вершин, отражающих события упреждения оформить процедурно и графически одним из следующих путей:

– расширения количества вершин с постоянными номерами 912 и 921 и удаления остальных вершин 900, 910, 920, поскольку соответствующие им события моделируются обычными средствами;

– создания еще одного типа связей между вершинами, например, как показано на рис. 6, и расчета соответствующих им вероятностей

$$P_{y2}(t) = P t(x1) < t(x2) . \quad (7)$$

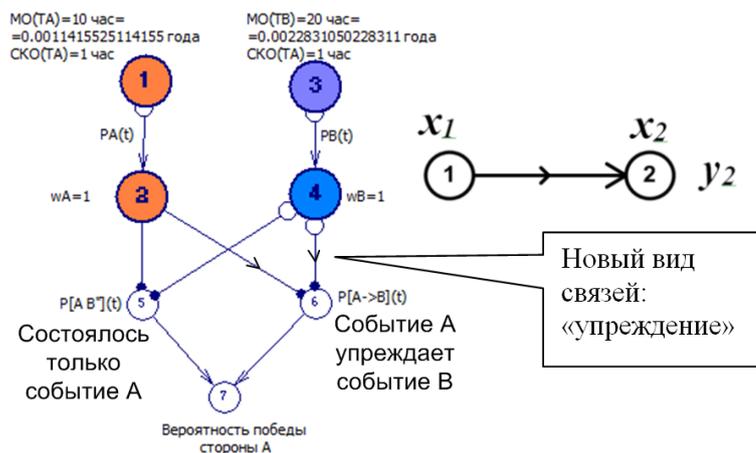


Рисунок 6. Новый вид связей «упреждение» и его реализация в СФЦ дуэли

Второй путь представляется как наиболее целесообразный, поскольку радикальным образом решает проблему путем расширения логического базиса, необходимого и достаточного для моделирования событийных процессов во времени.

5. Заключение

Постановка задач на моделирование вооруженной борьбы и функционирования опасных производственных объектов обычно связана с вычислением вероятностей исходов вооруженного противоборства, живучести и риска поражения ОПО в функции текущего времени. Определены понятия и методика вычисления соответствующих показателей исходов с учетом событий упреждающего удара одной из сторон и упреждения запаздывания действия системы обеспечения безопасности по отношению к воздействию опасного фактора.

Определены пути совершенствования программных комплексов автоматизированного структурного моделирования, реализующих ОЛВМ-модели.

Литература

1. Гладкова И.А., Можяев А.С., Поленин В.И. Применение теории вероятностей в моделях вооруженного противоборства. – «Морская радиоэлектроника», №4 (46), 2013.
2. Андрусенко О.Н., Поленин В.И., Потехин А.А., Сущенков Д.А. Модульные структурно-логические схемы динамических ОЛВМ-моделей вооруженной борьбы – СПб: Морская радиоэлектроника, №4 (54), 2015.
3. Поленин В.И., Потехин А.А., Сущенков Д.С. Оценка риска и устойчивости функционирования структурно-сложных объектов с помощью унифицированных структурных схем // 19-я Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы защиты и безопасности». – СПб.: ВУНЦ ВМФ «ВМА», 2016.
4. Применение общего логико-вероятностного метода для анализа технических, военных организационно-функциональных систем и вооруженного противоборства // Научное издание / В.И. Поленин,

И.А. Рябинин, С.К. Свирин, И.А. Гладкова. Под ред. А.С. Можаяева /
Российская академия естественных наук. – СПб: СПб-региональное
отделение РАН, 2011. – 416 с.