

**ОСНОВЫ МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ ВИЗУАЛИЗИРОВАННЫХ ЛОГИКО-ВЕРоятНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССА ВООРУЖЕННОЙ БОРЬБЫ****В.И. Поленин, Д.А. Сущенко (Санкт-Петербург)**

Одной из важных задач системного анализа структурно-сложных объектов является задача создания модульных структурных схем функционирования элементов с использованием которых облегчается сборка структурных схем функционирования структурно-сложных объектов и систем в целом. В частности, именно на такой подход к созданию структурных схем функционирования структурно-сложных объектов и систем ориентирован программный комплекс автоматизированного структурного моделирования ПК АСМ «АРБИТР» [1], реализующий информационную технологию ОЛВМ [4].

Другая важная задача системного анализа функционирования структурно-сложных объектов состоит в создании таких структурных схем функционирования элементов и систем, которые комбинированно отражали бы влияние одновременно всех основных обычно учитываемых факторов и свойств и позволяли бы вычислять системные характеристики систем одновременно по всем основным обычно интересующим показателям.

К числу обычно учитываемых факторов и свойств организационных систем, в частности, боевых систем и вооруженного противоборства относятся эффективность функционирования элементов системы (выполнения задачи), воздействие внешних поражающих факторов, стойкость элементов к поражению и характер поражения (гибель или выход из строя, отказ от выполнения задачи).

К числу обычно интересующих показателей относятся показатели эффективности выполнения задач и боевой устойчивости или боевых потерь, связанных с поражающим воздействием противника.

Следует отметить, что при применении известных сетевых методов и программных комплексов, использующих логико-вероятностные методы, например, RELAX, Risk Spectrum и др., решение задачи создания единых моделей, учитывающих как нормальные условия функционирования, так и внешние неблагоприятные и поражающие факторы, является невозможным.

Ниже представлена типовая событийная СФЦ элемента организационной системы, в частности, боевой системы или вооруженного противоборства, с комбинированным учетом внешнего поражающего воздействия и эффективности выполнения элементом своей функции (рис. 1).

Учитываемые факторы:

- внешнее поражающее воздействие;
- эффективность выполнения задачи;
- стойкость к поражению;
- свойство типа поражения – либо гибель, либо вывод из строя или отказ от выполнения задачи.

По-видимому, излишне подробно комментировать эту схему, которая событийно отражает события и состояния в терминах, понятных специалистам в области боевых систем и вооруженной борьбы. Показатели, которые вычисляются с помощью этой схемы, полностью отражают требования к вероятностным показателям эффективности боевых действий [2].

Здесь также можно видеть, что адекватность представленной схемы понятиям и состояниям эффективности выполнения задачи и поражения противником и корректность ее логической реализации подтверждаются тем, что эти состояния-антиподы образуют полную группу событий, и сумма их вероятностей удовлетворяет условию нормировки (равенства единице).

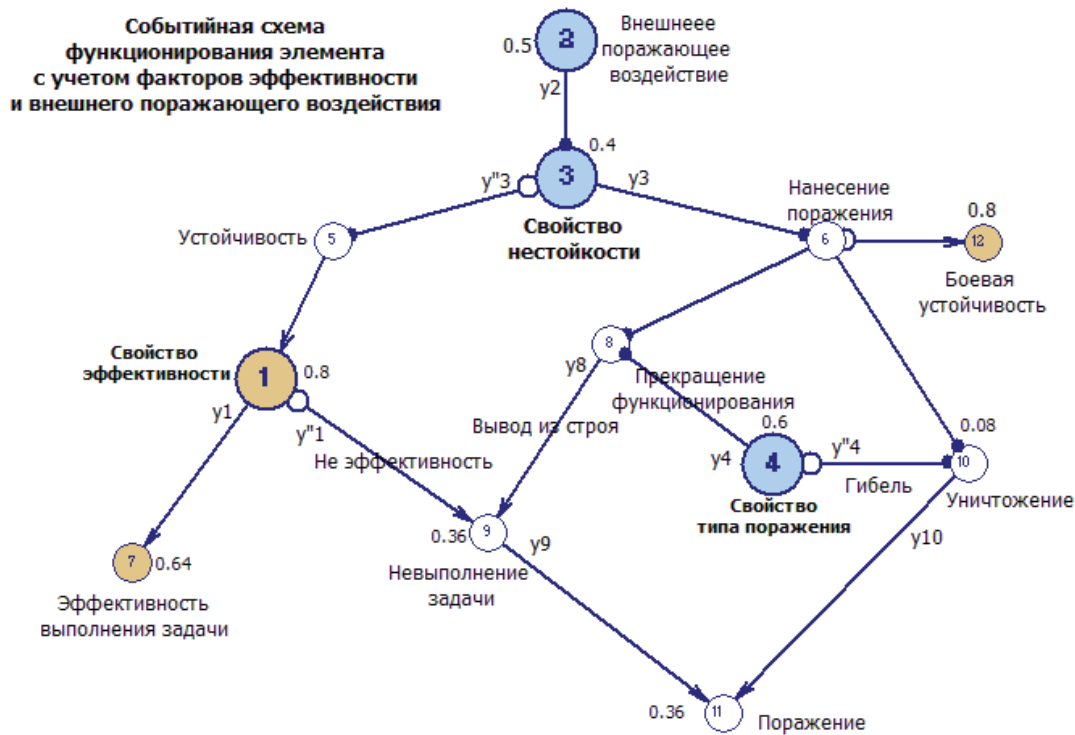


Рис. 1. СФЦ функционирования элемента организационной системы с комбинированным учетом влияющих факторов

Таким образом, решена задача создания универсальной и структурно унифицированной схемы функционирования элементов технических и организационных структурно-сложных систем, отражающей влияние основных факторов и позволяющей вычислять требуемые показатели в соответствующих терминах этих предметных областей.

Второй задачей методического обеспечения моделирования, решение которой обеспечивается программным комплексом «АРБИТР», является задача визуального программирования – способа создания программ путем манипулирования графическими объектами вместо написания кода в текстовом виде. Визуализированное моделирование представляет собой подобие термина «Визуальное программирование», принятого в информационных технологиях [3, 5].

Примером может служить унифицированный язык моделирования UML (англ. *Unified Modeling Language*) в области разработки программного обеспечения моделирования бизнес-процессов. В качестве других примеров языков визуального программирования можно привести Microsoft Visual Programming Language (язык для робототехники), Simulink MATLAB, AnyLogic.

MS Visual Studio и Delphi являются визуальными средами программирования, но не визуальными языками программирования.

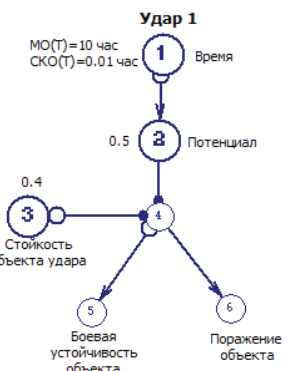
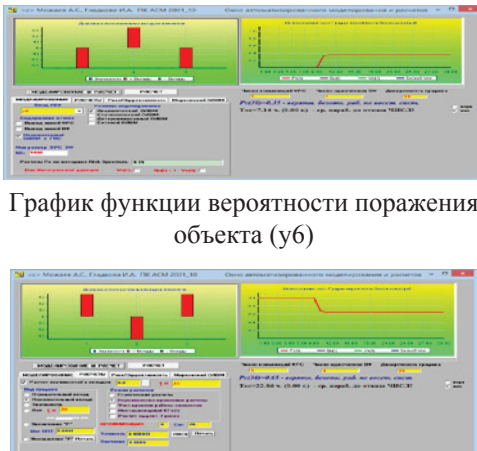
Пакеты визуального моделирования позволяют пользователю вводить описание моделируемой системы в естественной для прикладной области графической форме, в буквальном смысле рисовать функциональную схему, размещать на ней блоки и соединять их связями. Одно из главных достоинств систем визуального моделирования – то, что они позволяют пользователю не заботиться о программной реализации модели как о последовательности исполняемых операторов, и тем самым создают на компьютере некоторую чрезвычайно удобную среду, в которой можно создавать виртуальные модели.

Следует обратить внимание на то, что как ОЛВМ, так и упомянутые выше программные средства имеют предметной областью модели, которые можно отразить ориентированными

графами. В ОЛВМ, AnyLogic и исследовании операций такого рода модели являются событийными моделями третьего уровня.

ОЛВМ при поддержке ПК АСМ также представляет собой систему визуального программирования, которая базируется на графическом отображении модели в форме ориентированных графов. Эту систему можно расширить до уровня визуализированного моделирования, что представляет собой ориентированные графы, элементы которых совмещаются с элементами графической формы модели вооруженной борьбы. В этом и состоит сущность предлагаемой информационной технологии.

Разработан некоторый комплекс визуализированных логико-вероятностных моделей процесса вооруженной борьбы, фрагмент которого представлен ниже.

№ п/п	Описание	СФЦ модели	Графики вероятностных функций	Адрес в библиотеке моделей
	<p>Моделирование одиночного удара по объекту с моментом времени начала удара <math>MO(T)=10</math> час</p>		 <p>График функции вероятности поражения объекта (y6)</p> <p>График функции вероятности сохранения объектом боевой устойчивости (y5)</p>	<p>СФЦ одиночного удара по объекту</p>

В качестве примера рассматривается модель и методика гипотетического столкновения корабельной поисково-ударной группы (КПУГ) и подводной лодки (ПЛ).

Если первой применяет оружие подводная лодка, то вероятность поражения подводной лодки противника при условии нанесения не более чем двух ударов рассчитывается по формуле

$$P_{пор1}^{пл} = P_{пр1} + (1 - P_{пр1})(1 - P_{л1})P_{пр2}, \quad (1)$$

где  $P_{пр1}$ ,  $P_{пр2}$  – вероятности поражения КПУГ противника подводной лодкой первым и вторым залпами;

$P_{л1}$  – вероятность поражения подводной лодки первым ответным залпом КПУГ противника.

Если первой применяет оружие КПУГ противника, то вероятность его поражения после двух ответных залпов подводной лодки рассчитывается по формуле

$$P_{пор2}^{пл} = (1 - P_{л1})P_{пр1} + (1 - P_{л1})(1 - P_{пр1})(1 - P_{л2})P_{пр2} = (1 - P_{л1})[P_{пр1} + (1 - P_{пр1})(1 - P_{л2})P_{пр2}] \quad (2)$$

где  $P_{л2}$  – вероятность поражения подводной лодки вторым ответным залпом КПУГ противника.

Эта модель и методика – отражают состав, последовательность и вероятностные потенциалы ударов и действий сил противоборствующих сторон, т.е. оперативно-тактический уровень, который легко воспроизводится визуальными средствами ОЛВМ.

Визуализация моделей, их представление в графической форме имеет аспект, характерный для восприятия тактики действий сил.

Типовой вид графической формы подобного эпизода противоборства ПЛ и КПУГ, характерный для всех тактических документов, представлен на рис. 2.

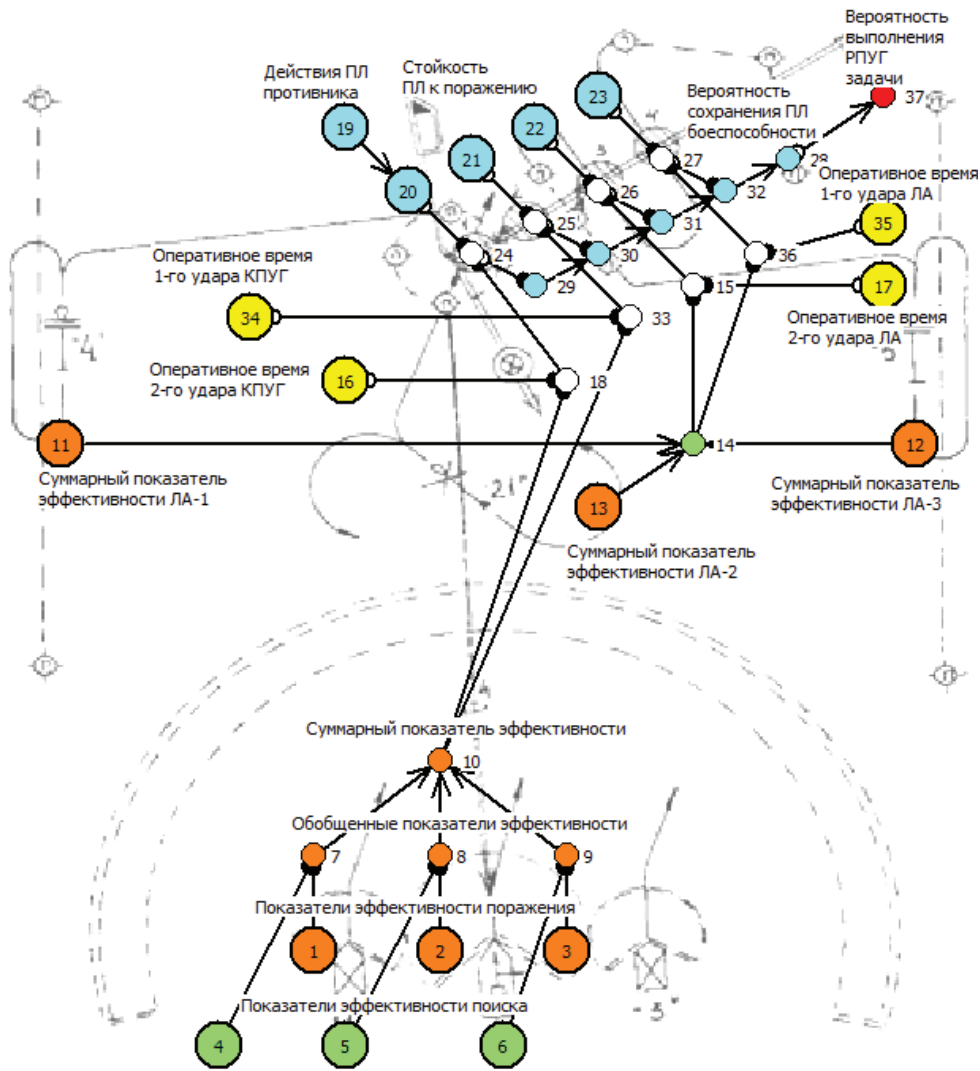


Рис. 2. Визуализированная математическая модель типового эпизода боевого столкновения ПЛ с КПУГ противника

На рис. 3 приведен итоговый график эффективности выполнения задачи силами ПЛ с отражением вклада отдельных ударов.

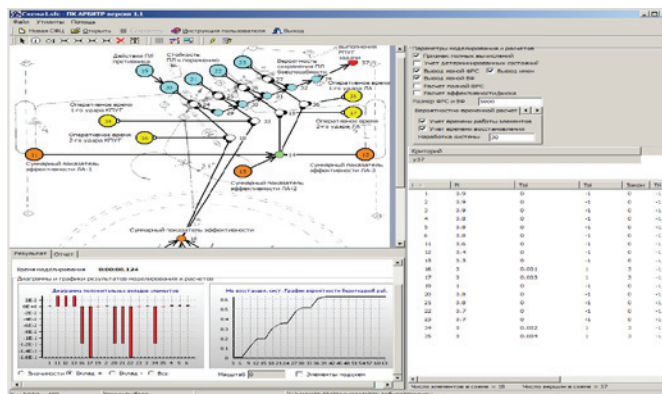


Рис. 3. График эффективности выполнения задачи ПЛ в боевом столкновении с КПУГ противника с отражением вклада отдельных ударов по оперативному времени (мин)

После расчета вероятностных показателей частных действий сил, отражаемых в этих схемах, на пользователя ложится непростая задача объединения частных показателей в итоговые показатели этих эпизодов, решение которой без наглядного примера может оказаться неверным. Между тем, средствами ОЛВМ с помощью комплекса визуализированных логико-вероятностных моделей процесса вооруженной борьбы эта задача по некоторым формализованным правилам решается автоматически.

### Выводы

1. Решена одна из важных задач системного анализа структурно-сложных объектов – задача создания модульных структурных схем функционирования элементов, с использованием которых облегчается сборка структурных схем функционирования структурно-сложных объектов и систем в целом. Результаты решения задачи ориентированы на информационную технологию ОЛВМ, реализованную в программных комплексах ПК АСМ 2001 и «АРБИТР» [2].
2. Разработан комплекс визуализированных логико-вероятностных моделей процесса вооруженной борьбы, обеспечивающий пользователю ОЛВМ сборку необходимых моделей по некоторым формальным правилам.
3. Полученные результаты обеспечивают реализацию принципа доступности методов и технологии ОЛВМ для широкого круга пользователей и способствуют объективизации системных исследований структурно-сложных опасных производственных объектов и вооруженного противоборства.

## Литература

1. АРБИТР, Программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности систем (ПК АСМ СЗМА) базовая версия 1.0 / Автор Можаяев А.С. Правообладатель ОАО «СПИК СЗМА» // Свидетельство об официальной регистрации № 2003611101. М.: Роспатент РФ, 2003.
2. **Волгин Н.С., Махров Н.В., Юровский В.А.** Исследование операций. Часть I. Л.: ВМОЛА, 1978. 301 с.
3. **Моисеев Н.Н.** Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981. 488с.
4. **Поленин В.И., Рябинин, И.А., Свирин С.К., Гладкова И.А.** Применение общего логико-вероятностного метода для анализа технических, военных организационно-функциональных систем и вооруженного противоборства // Монография, научное издание / Под ред. А.С. Можаяева. СПб: СПб-региональное отд. РАЕН, 2011. 416 с.
1. Визуальное программирование. 2017. URL:[http://life-prog.ru/view\\_zam2.php?id=162/](http://life-prog.ru/view_zam2.php?id=162/)