

УДК 001.891.57; 623.4.01

Методический подход к построению имитационных моделей конфликта малочисленных группировок сторон

Козирацкий Ю. Л., Прохоров Д. В., Курьянов И. Ю., Говорухин С. А.

Постановка задачи: в условиях современного боя возникает задача разработки методического аппарата для исследования конфликтов малочисленных группировок сторон. Методический подход к построению вероятностных моделей конфликта малочисленных группировок предложен в ряде работ с участием авторов. Для экспериментирования на компьютере в целях анализа и оценки функционирования необходима соответствующая имитационная модель. **Целью работы** является разработка имитационной модели конфликта малочисленных группировок, позволяющей получать динамические показатели изменения численностей сторон с учетом изменяющихся интенсивностей поражающих воздействий. **Новизна работы** заключается в реализации модуля расчета интенсивностей воздействия с использованием делителя, вычитающего устройства и интегратора времени, необходимого для привязки (осуществляется последовательное суммирование времен) генерируемой последовательности средних времен воздействия к текущему времени моделирования. **Результат:** разработка методического подхода к построению имитационных моделей конфликта малочисленных группировок, позволяющих получать динамические показатели изменения численностей сторон с учетом изменяющихся интенсивностей поражающих воздействий. **Практическая значимость:** разработанные алгоритм и программа позволяют получать динамические показатели изменения численностей сторон с учетом изменяющихся интенсивностей поражающих воздействий.

Ключевые слова: имитационная модель, конфликт, малочисленные группировки, численности сторон.

Введение

Для приближенного описания процессов боевых действий группировок сторон различных масштабов и с различным вооружением широко используются модели группового боя [1]. При этом наиболее широкое развитие получил метод динамики средних, как хорошо разработанный и весьма гибкий математический аппарат, позволяющий описывать самые разнообразные боевые ситуации [2]. Так наибольшую известность имеют модели на основе уравнений Осипова-Ланчестера. Важным ограничением этих моделей является большая численность сторон-участников конфликта. При этом с уменьшением численности происходит и существенное снижение точности результатов моделирования. Особо критичен такой недостаток при исследовании процессов взаимного комплексного (огневого и радиоэлектронного) поражения, когда численности боевых средств сторон невелики. Поэтому возникает задача разработки методического аппарата для исследования конфликтов малочисленных группировок

Библиографическая ссылка на статью:

Козирацкий Ю. Л., Прохоров Д. В., Курьянов И. Ю., Говорухин С. А. Методический подход к построению имитационных моделей конфликта малочисленных группировок сторон // Системы управления, связи и безопасности. 2019. № 1. С. 183-192. DOI: 10.24411/2410-9916-2019-10111

Reference for citation:

Koziratsky Yu. L., Prokhorov D. V., Kuryanov I. Yu., Govorukhin S. A. Methodical approach for the construction of simulation models of small groups conflicts. *Systems of Control, Communication and Security*, 2019, no. 1, pp. 183-192. DOI: 10.24411/2410-9916-2019-10111 (in Russian).

сторон. Методический подход к построению вероятностных моделей конфликта малочисленных группировок предложен в ряде работ с участием авторов [3]. Для экспериментирования на компьютере в целях анализа и оценки функционирования необходима соответствующая имитационная модель.

Методический подход к построению имитационных моделей конфликта малочисленных группировок

Рассмотрим конфликт двух сторон A и B . Начальные численности сторон $A - M$, $B - N$ единиц техники. Группировки A и B ведут обмен огневыми ударами. Средства каждой группировки однородны, но средства обеих группировок не обязательно являются однородными (например, бой танков с противотанковыми средствами, танков с танками, истребителей с бомбардировщиками, самолетов со средствами противовоздушной обороны и т.д.). Количество боеприпасов неограниченно. Каждая боевая единица стороны может вести огонь по боевой единице противника и наоборот. Огонь является прицельным, одним выстрелом нельзя поразить более одной цели, пораженная единица считается уничтоженной и в дальнейшем бою не участвует. Воздействию подвергается с равной вероятностью любая из еще непораженных боевых единиц, после поражения цели огонь по ней прекращается и немедленно переносится на другую, еще непораженную. Пополнения численности в ходе боя не производится, взаимное поражение обе стороны начинают одновременно.

Рассмотрим случай, когда каждая из группировок, участвующих в конфликте, немногочисленна и применение метода динамики средних и принципа квазирегулярности не целесообразно.

В основу модели положим изменение численностей сторон под взаимным воздействием их огневых средств с интенсивностями, изменяющимися в зависимости от численности этих средств после каждого успешного цикла воздействия.

На рис. 1 представлена схема имитационной модели конфликта малочисленных группировок. На рисунке введены следующие обозначения: $\lambda_A(M - m_{ц}) = \lambda_A m = \Lambda_A$ и $\lambda_B(N - n_{ц}) = \lambda_B n = \Lambda_B$ – интенсивности поражающих воздействий, приведенные к численностям сторон; m и n – текущие численности сторон; λ_A и λ_B – интенсивности поражающих воздействий сторон; $m_{ц}$ и $n_{ц}$ – число успешных циклов воздействия стороны B и стороны A соответственно.

Эффективные скорострельности (интенсивности выполнения задач поражения) одной боевой единицы группировок связаны со средним временем выполнения задач поражения одной боевой единицы обратной зависимостью $\lambda_A = 1/\bar{T}_A$, $\lambda_B = 1/\bar{T}_B$.

Для определения среднего времени выполнения задач огневого поражения одной боевой единицей сторон \bar{T}_A и \bar{T}_B [1, 4] можно воспользоваться подходом, описанным в [5, 6, 7]. Для реализации в имитационной модели средние времена воздействия сторон будем получать путем генерации случайной после-

довательности, распределенной по экспоненциальному закону, часто применяемому для описания подобных процессов.

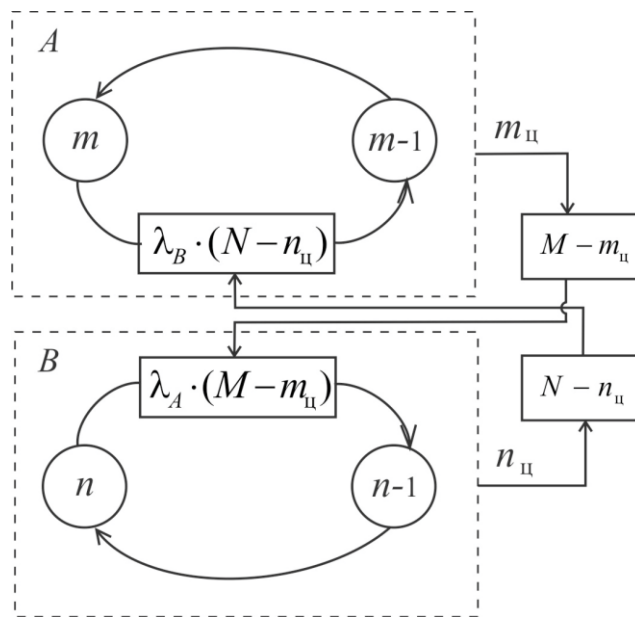


Рис. 1. Схема имитационной модели конфликта

Для реализации в качестве компьютерной модели в соответствии с рис. 1 структуру взаимосвязанных модулей компьютерной модели рассматриваемого конфликта определим в виде, представленном на рис. 2.



Рис. 2. Структура взаимосвязанных модулей компьютерной модели

В качестве исходных данных рассматриваются: начальные численности сторон – M, N ; интенсивности поражающего воздействия одним элементом – λ_A и λ_B .

Результатами моделирования являются: $m(t)$ и $n(t)$ – численности сторон в момент времени t .

Для реализации модели на компьютере была разработана структурная схема имитационной модели конфликта малочисленных группировок, представленная на рис. 3.

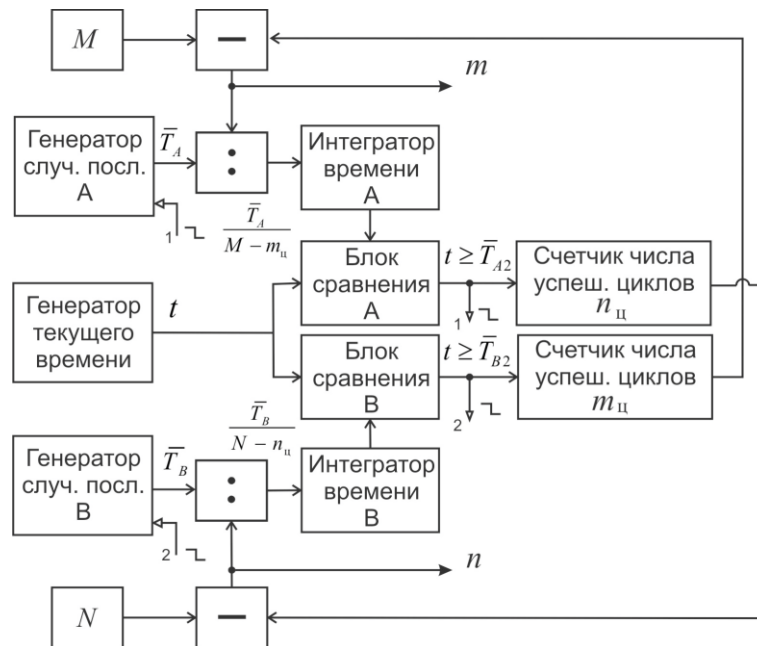


Рис. 3. Структурная схема имитационной модели конфликта малочисленных группировок

С началом моделирования процесса конфликта генераторы случайных последовательностей осуществляют генерацию случайных последовательностей средних времен воздействий сторон \bar{T}_A и \bar{T}_B с учетом установленных в исходных данных интенсивностей воздействий сторон λ_A и λ_B . Данные реализации используются далее в соответствии с алгоритмом последовательно по результатам работы блоков сравнения и формирования команд для использования следующей реализации. Модуль расчета интенсивностей воздействия реализован с использованием делителя, вычитающего устройства и интегратора времени, необходимого для привязки (осуществляется последовательное суммирование времен) генерируемой последовательности средних времен воздействия к текущему времени моделирования для последующей корректной работы блока сравнения. Модуль расчета успешных циклов воздействия включает блоки сравнения и счетчики числа успешных циклов. В блоках сравнения осуществляется сравнение текущего времени t и времен

$$\bar{T}_{A2i} = \left(\frac{\bar{T}_A}{M - m_{\text{ц}}} \right)_0 + \dots + \left(\frac{\bar{T}_A}{M - m_{\text{ц}}} \right)_{i-1} + \left(\frac{\bar{T}_A}{M - m_{\text{ц}}} \right)_i$$

$$\bar{T}_{B2i} = \left(\frac{\bar{T}_B}{N - n_{\text{ц}}} \right)_0 + \dots + \left(\frac{\bar{T}_B}{N - n_{\text{ц}}} \right)_{i-1} + \left(\frac{\bar{T}_B}{N - n_{\text{ц}}} \right)_i,$$

получаемых в результате суммирования с предыдущими реализациями в интеграторах времени. При соблюдении условий $t \geq \bar{T}_{A2}$ и $t \geq \bar{T}_{B2}$ соответствующие

счетчики числа успешных циклов увеличивают свое значение на единицу. В результате формируются текущие значения численностей сторон $m(t)$ и $n(t)$, и, в случае недостижения нулевой численности любой из сторон, запускается новый цикл расчетов.

На основе структурной схемы были разработаны алгоритм и программа, позволяющие получать динамические показатели изменения численностей сторон с учетом изменяющихся интенсивностей поражающих воздействий. Так при реализации в среде MathCAD для $M = N = 6$, $\lambda_A = 0,2c^{-1}$, $\lambda_B = 0,1c^{-1}$ были получены следующие графики зависимостей численности сторон от времени, представленные на рис. 4. Анализ полученных результатов показывает, что к пятой секунде соотношение численности сторон 4/0 в пользу стороны A , так как заданная интенсивность поражающих воздействий стороны A в два раза превосходит данный показатель стороны B .

Для числа измерений 500 проведено имитационное моделирование и получены статистические данные выигрышей сторон A и B при полной утрате численности противостоящей стороны. На рис. 5 представлены графики изменения отношения численностей сторон A и B к моменту времени t $m(t)/n(t)$ для двух произвольных реализаций.

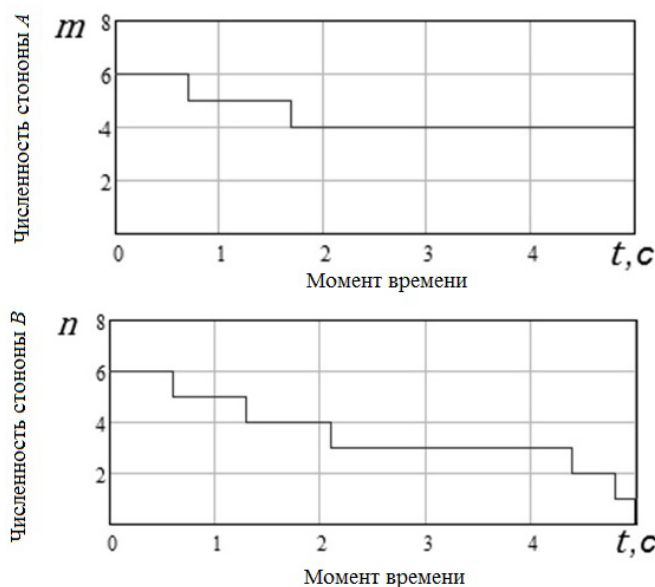


Рис. 4. Численности сторон A и B к моменту времени t

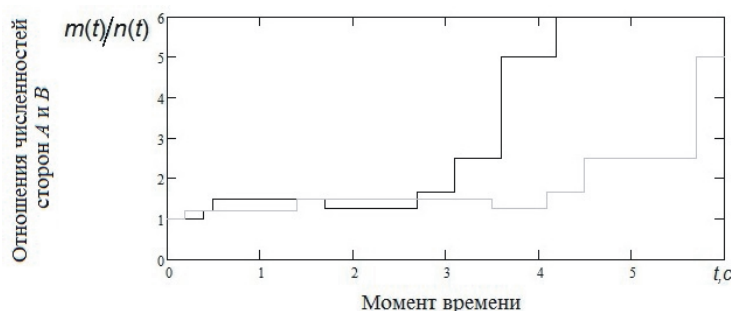


Рис. 5. Отношения численностей сторон A и B к моменту времени t для двух реализаций

На рис. 6 представлено распределение финальных вероятностей численности сторон A и B при полной утрате численности противостоящей стороны. Средние значения численностей сторон A (при $n = 0$) и B (при $m = 0$) составили 3,9 и 2,6, а дисперсия – 1,8 и 1,4 соответственно.

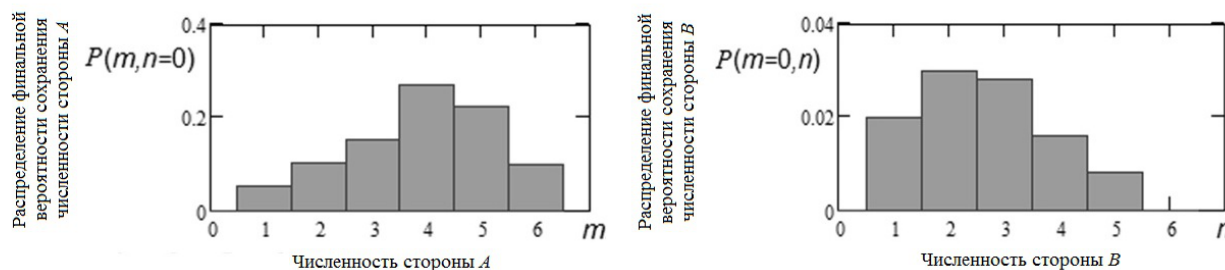


Рис. 6. Распределение финальных вероятностей сохранения численности сторон A и B при полной утрате численности противостоящей стороны

Учитывая тот факт, что полная группа финальных состояний конфликта включает совокупность состояний, когда полностью уничтожены одна или другая сторона, для наглядности совместим полученные графики. В результате получим следующий вид распределения финальных вероятностей сохранения численностей сторон A и B при полной утрате численности противостоящей стороны (бой до «последнего»), представленный на рис. 7. Математическое ожидание числа сохраненных численностей сторон составило $m = 3,3$ при $n = 0$, а дисперсия – 4,6.

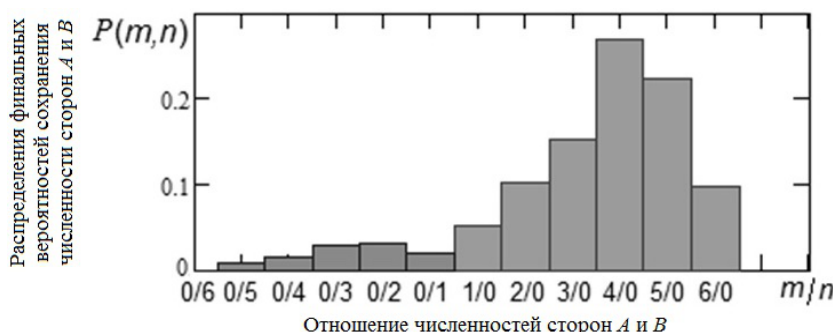


Рис. 7. Совмещенный график распределения финальных вероятностей сохранения численности сторон A и B при полной утрате численности противостоящей стороны

Выводы

В статье предложен методический подход к построению имитационных моделей конфликта малочисленных группировок, позволяющих получать динамические показатели изменения численностей сторон с учетом изменяющихся интенсивностей поражающих воздействий. Разработанные алгоритм и программа позволяют получать динамические показатели изменения численностей сторон с учетом изменяющихся интенсивностей поражающих воздействий.

Литература

1. Бобриков А. А. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии: военно-теоретический труд. – СПб.: Галея Принт, 2006. – 421 с.
2. Вентцель Е. С. Исследование операций. – М.: Сов. Радио, 1972. – 552 с.
3. Будников С. А., Гревцев А. И., Иванцов А. В., Кильдюшевский В. М., Козирацкий А. Ю., Козирацкий Ю. Л., Кущев С. С., Лысиков В. Ф., Паринов М. Л., Прохоров Д. В. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения. Монография / под ред. Ю.Л. Козирацкого. – М.: Радиотехника, 2013. – 232 с.
4. Козирацкий Ю. Л., Донцов А. А., Иванцов А. В., Козирацкий А. Ю., Кусакин О. В., Кущев С. С., Лысиков В. Ф., Мазиллов С. Л., Паринов М. Л., Прохоров Д. В. Модели пространственного и частотного поиска. Монография / под ред. Ю.Л. Козирацкого. – М.: Радиотехника, 2014. – 344 с.
5. Исламов В. К., Петрашко О. И. Модель оценки эффективности поражения объектов с применением разведывательно-ударных средств // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2017. № 6. С. 20-28.
6. Глушков А. Н., Дробышевский Н. В., Кулешов П. Е., Марченко А. В. Динамическая модель процесса защиты оптико-электронного средства от лазерного комплекса функционального поражения // Системы управления, связи и безопасности. 2018. № 3. С. 136–149.
7. Глушков А. Н., Кулешов П. Е., Дробышевский Н. В., Марченко А. В. Системный подход к обеспечению требуемой разведзащищенности оптико-электронных средств // Системы управления, связи и безопасности. 2018. № 4. С. 92-109.

References

1. Bobrikov A. A. Ocenka effektivnosti ognеvogo poragzhenia udarami raket i ognem artillerii. [Assessment of efficiency of fire defeat by blows of rockets and fire of artillery: military and theoretical work]. Moscow, Galerea Print [*Galey Print*], 2006, 421 p. (in Russian)
2. Ventsel E. S. Issledovanie operaciy. [Research of operations]. Moscow, Sovetskoe radio [*Soviet Radio*] 1972, 552 p. (in Russian)
3. Budnikov S. A., Grevcev A. I., Ivancov A. V., Kil'dyushevskij V. M., Kozirackij A. Yu., Kozirackij Yu. L., Kushchev S. S., Lysikov V. F., Parinov M. L., Prohorov D. V. *Modeli informacionnogo konflikta sredstv poiska i obnaruzheniya. Monografija* [Models of information conflict of search and detection tools. Monography]. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2013. 232 p. (in Russian).
4. Kozirackij Yu. L., Doncov A. A., Ivancov A. V., Kozirackij A. Yu., Kusakin O. V., Kushchev S. S., Lysikov V. F., Mazilov S. L., Parinov M. L., Prohorov D. V. *Modeli prostranstvennogo i chastotnogo poiska. Monografiya* [Models of spatial and frequency search. Monography]. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2014. 344 p. (in Russian).

5. Islamov V. K., Petrashko O.I. Model ocenki effektivnosti porazhenia ob'ektov s primeneniem razvedyvatelno-udarnih grupp. [Model of assessment of efficiency of defeat of objects with application of prospecting and shock means]. *The information and measuring and operating systems*, 2017, no. 6, pp. 20-28 (in Russian).

6. Glushkov A. N., Drobyshevskij N. V., Kuleshov P. E., Marchenko A. V. Dynamic Model of Protection Process of an Optical-Electronic Means from a Laser Complex of Functional Damage. *Systems of Control, Communication and Security*, 2018, no. 3, pp. 136-149. Available at: <http://sccs.intelgr.com/archive/2018-03/07-Glushkov.pdf> (in Russian).

7. Glushkov A. N., Kuleshov P. E., Drobyshevskij N. V., Marchenko A. V. A system approach to ensuring the required intelligence protection of optical-electronic means. *Systems of Control, Communication and Security*, 2018, no. 4, pp. 92-109. Available at: <http://sccs.intelgr.com/archive/2018-04/05-Glushkov.pdf> (in Russian).

Статья поступила 01 марта 2019 г.

Информация об авторах

Козирацкий Юрий Леонтьевич – заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор. Профессор кафедры радиоэлектронной борьбы (и технического обеспечения частей РЭБ). Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж). Область научных интересов: конфликтология в радиоэлектронной борьбе; развитие перспективных военных технологий информационного обеспечения радиоэлектронного поражения и радиоэлектронной защиты. E-mail: urleo@bk.ru

Прохоров Дмитрий Владимирович – кандидат технических наук, доцент. Доцент кафедры радиоэлектронной борьбы (и технического обеспечения частей РЭБ). Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж). Область научных интересов: конфликтология в радиоэлектронной борьбе; развитие перспективных военных технологий информационного обеспечения радиоэлектронного поражения и радиоэлектронной защиты. E-mail: dvp2201@rambler.ru

Курьянов Игорь Юрьевич – кандидат технических наук. Преподаватель кафедры радиоэлектронной борьбы (и технического обеспечения частей РЭБ). Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж). Область научных интересов: конфликтология в радиоэлектронной борьбе; развитие перспективных военных технологий информационного обеспечения радиоэлектронного поражения и радиоэлектронной защиты. E-mail: igku1@yandex.ru

Говорухин Сергей Анатольевич – кандидат технических наук. Заместитель начальника кафедры радиоэлектронной борьбы (и технического обеспечения частей РЭБ). Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж).

Область научных интересов: конфликтология в радиоэлектронной борьбе; развитие перспективных военных технологий информационного обеспечения радиоэлектронного поражения и радиоэлектронной защиты. E-mail: gowor_64@mail.ru

Адрес: 394064, Россия, г. Воронеж, Старых Большевиков, д. 54А.

Methodical approach for the construction of simulation models of small groups conflicts

Yu. L. Koziratsky, D. V. Prokhorov, I. Yu. Kuryanov, S. A. Govorukhin

Statement of the problem: in the conditions of modern fight there is a problem of development of the methodical device for a research of the conflicts of small groups of the parties. Methodical approach to creation of probabilistic models of the conflict of small groups is offered in a number of works with participation of authors. The corresponding imitating model is necessary for experimenting on the computer for the analysis and assessment of functioning. **Purpose of the work** of the work is to develop a simulation model of the conflict of small groups, which allows to obtain dynamic indicators of changes in the size of the parties, taking into account the changing intensities of the damaging effects. **The novelty of work** consists in realization of the module of calculation of intensity of influence with use of the divider subtracting the device and the integrator of time necessary for a binding (consecutive summation of times is carried out) the generated sequence of average times of influence by the current time of modeling. **Result:** development of methodical approach to creation of imitating models of the conflict of the small groups allowing to receive dynamic indicators of change of numbers of the parties taking into account the changing intensity of the striking influences. **Practical importance:** the developed algorithm and the program allow to receive dynamic indicators of change of numbers of the parties taking into account the changing intensity of the striking influences.

Key words: imitation model, conflict, small groups, number of parties.

Information about Authors

Yury Leontyevich Koziratsky – Dr. habil. of Engineering Sciences, professor, the honored worker of science of the Russian Federation. Professor of department of radio-electronic fight. Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh). Field of research: conflictology in radio-electronic fight; development of perspective military technologies of information support of radio-electronic defeat and radio-electronic protection. E-mail: urleo@bk.ru

Dmitry Vladimirovich Prokhorov – Ph.D. of Engineering Sciences, Docent. Docent of radio-electronic fight. Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh). Field of research: conflictology in radio-electronic fight; development of perspective military technologies of information support of radio-electronic defeat and radio-electronic protection. E-mail: dvp2201@rambler.ru

Igor Yuryevich Kuryanov – Ph.D. of Engineering Sciences. Teacher of department of radio-electronic fight (and technical providing parts of REB). Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh). Field of research: conflictology in radio-electronic

fight; development of perspective military technologies of information support of radio-electronic defeat and radio-electronic protection. E-mail: igku1@yandex.ru

Sergey Anatolyevich Govorukhin – Ph.D. of Engineering Sciences. Deputy chief of department of radio-electronic fight Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh). Field of research: conflictology in radio-electronic fight; development of perspective military technologies of information support of radio-electronic defeat and radio-electronic protection. E-mail: gowor_64@mail.ru

Address: Russia, 394052, Voronezh, Staryh Bol'shevikov str., 54A