

8. Karnauhov, V.G., Kozlov, V.I., Sichko, V.M. and Zavgorodnij, A.V. (2010), "Compelled resonance vibrations and dissipative heating of viscoelastic cylindrical three-layer panels independent of temperature properties", *Akust. visn.*, 13, no. 1, pp. 22-29.
9. Kovalenko, A.D. (1970), *Osnovy termouprugosti* [Fundamentals of thermoelasticity], Nauk. dumka, Kyev.
10. Grinchenko, V.T. (1978), *Ravnovesiye i ustanovivshiesya kolebaniya uprugikh tel konechnykh razmerov* [Equilibrium and steady vibrations of elastic bodies of finite dimensions], Nauk. dumka, Kyev.
11. Kristensen, R. (1974), *Vvedeniye v teoriyu vyazkoupругosti* [Introduction to the theory of viscoelasticity], Mir, Moscow.
12. Hensen, J.S. and Heppeler, G.K. (1985), "A Mindlin shell element which satisfies rigid body requirements", *AIAA J.*, 22, no. 2, pp. 288-295.
13. Kozlov, V.I. (1996), "Vibration and dissipative heating of the multilayer shells of revolution of the viscoelastic material", *Prikl. mehanika*, 32, no. 6, pp. 82-89.
14. Zenkevich, O. (1975), *Metod konechnykh elementov v tekhnike* [The finite element method in the art], Mir, Moscow.

УДК 519.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ВОЕННЫХ ПРОТИВОСТОЯНИЙ ДВУХ СТОРОН НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ

Зиновеев И. В., к. ф.-м. н.

*Запорожский национальный университет,
ул. Жуковского, 66, г. Запорожье, 69600, Украина*

zinoveyev@mail.ru

В статье, базируясь на основных принципах построения и функционирования клеточного автомата, разработан подход к математическому моделированию локальных военных действий двух противоборствующих сторон в современных условиях на ограниченной территории, описана формальная модель, этапы и принципы изменения состояний клеточного автомата. Построенная модель позволяет, по исходным данным о расположении, составе и характеристиках сторон конфликта, получить количественные и качественные оценки исхода противостояния, разрабатывать тактику действий, организацию обороны, наступления, расположения боевых единиц.

Ключевые слова: математическое моделирование, клеточный автомат, военное противостояние, область поражения, компьютерная модель.

МОДЕЛЮВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ ВОЄННИХ ПРОТИСТОЯНЬ ДВОХ СТОРІН НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ КЛІТИННИХ АВТОМАТІВ

Зиновеев І. В., к. ф.-м. н.

*Запорізький національний університет,
вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, 69600, Україна*

zinoveyev@mail.ru

У статті, базуючись на основних принципах побудови й функціонування клітинного автомату, розроблений підхід до математичного моделювання локальних воєнних дій двох протиборчих сторін у сучасних умовах на обмеженій території, описана формальна модель, етапи й принципи зміни станів клітинного автомату. Побудована модель дозволяє, за вихідними даними про розташування, склад і характеристики сторін конфлікту, одержати кількісні і якісні оцінки результату протистояння, розробляти тактику дій, організацію оборони, наступу, розташування бойових одиниць.

Ключові слова: математичне моделювання, клітинний автомат, воєнне протистояння, область ураження, комп'ютерна модель.

TWO PARTIES LOCAL MILITARY CONFRONTATIONS MODELING ON THE BASIS OF THE CELLULAR AUTOMATON THEORY

Zinoveyev I. V.

*Zaporizhzhya national University,
Zhukovsky str., 66, Zaporozhye, 69600, Ukraine*

zinoveyev@mail.ru

The article based on the main principles of construction and operation of a cellular automaton developed an approach to mathematical modeling of two parties local military conflict on the limited area described by a formal model, change stages and principles of the cellular automaton condition.

To construct of a mathematical model was approved the following hypotheses and simplifications. The basic hypotheses: the locality hypothesis – the place of military conflict – limited rectangular area; the hypothesis of equality forces; the hypothesis of openness – the battlefield is unprotected surface; the stationarity hypothesis – each battle unit is not moved, immobility on their position. The supplementary hypotheses: hypothesis of finiteness (infinity) – military conflict continues for limited (unlimited) time; the hypothesis of limited (unlimited) resources – the battles may continue until there are adequate resources (human, technical, ammo); capitulation hypothesis (self-destruction) – if over ammo battle unit capitulate or self-destructs.

For modeling was constructing the cellular automaton regular lattice, witch based on the analysis of tactical and technical characteristics main battle units of the modern army. For each lattice cell defined initial state and transformation rules. Each cell is specified by a list of their essential characteristics, which can be divided into sections: location, belongings, type, tactical and technical characteristic, military efficiency, danger to the enemy and protection from enemy action.

The model allows us, for source data on the location, composition and characteristics of the conflict parties, to obtain quantitative and qualitative assessment of the outcome of the confrontation, develop tactics, organization, defense, offense, location of battle units.

Keywords: mathematical modeling, cellular automaton, military confrontation, affected area, computer model.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в научно-популярной и специализированной литературе все чаще и чаще стали появляться публикации, затрагивающие тему моделирования военных вооруженных противостояний.

На современном этапе мы видим кардинальные изменения в содержании, формах и способах оперативного и боевого применения вооруженных сил в различного рода конфликтах. Классические формы ведения военных действий меняются на новые, что естественно влияет на принятие решений по управлению войсками и военными подразделениями. Одним из инструментов организации принятия таких решений является математическое моделирование.

Математические модели военных действий обычно разделяют на четыре общих класса: описательные; имитационные; оптимизационные и модели принятия решений. Краткие характеристики каждого из этих классов даны, например, в работах Новикова Д.А. [1, 2].

Значительное место среди моделей военных действий занимают деловые и имитационные военные игры [3-5]. На сегодняшний день создаются и эксплуатируются многочисленные компьютерные системы, среды имитационного моделирования, например JWARS [6] и имитационные модели по управлению военными действиями в авиации и на флоте, например [7, 8]. Однако практически все эти модели рассчитаны на глобальные военные действия с применением большого количества сил. Для моделирования же военных действий на уровне среднего и нижнего звена (взвод, рота, батальон) таких разработок очень мало, например, [9, 10]. Решению такого рода задачи, а именно моделированию локального военного противостояния двух сторон на ограниченной территории, посвящена данная работа.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Современный бой является масштабным, быстротечным и с использованием весьма ценного оборудования, вооружения или же долговременным противостоянием, которое имеет место сейчас в нашей стране (война блокпостов).

Современное развитие вооружения во многом определяет результат боя, однако умело разработанная тактика действий, организация обороны и наступления, расположения военных формирований (единиц, отделений, взводов, рот, батальонов) могут оказать существенное, если не решающее влияние на исход боя.

Поставим перед собой задачу: базируясь на основных принципах построения клеточного автомата (КА), разработать подход к математическому моделированию локальных военных действий двух сторон в современных условиях на ограниченной территории и на основании этого подхода создать математическую модель, позволяющую прогнозировать результат противостояния конфликтующих формирований (военных группировок).

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ВОЕННЫХ ПРОТИВОСТОЯНИЙ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА

Для построения математической модели примем следующие гипотезы и упрощения: основные (имеют место в любой модели) и расширенные (имеют место в конкретной модели).

Основные гипотезы. Гипотеза локальности: Место боевого противостояния – ограниченная прямоугольная область, размеры которой определяются наибольшей величиной эффективной дальности вооружения, имеющегося у сторон конфликта. *Гипотеза равенства сил:* Боевые единицы, имеющие равные (близкие) характеристики равны по силам друг другу, не зависимо от стороны принадлежности. *Гипотеза открытости* (отсутствия препятствий): За поле боя принимается открытое пространство (не учитывается рельеф, естественные и искусственные укрытия боевых единиц). *Гипотеза стационарности:* Каждая боевая единица не перемещается, находится на своей позиции.

Дополнительные гипотезы (для конкретной модели). Гипотеза конечности (бесконечности): Боевое противостояние длится не более определенного лимита времени (или неограничено во времени). *Гипотеза ограниченности* (неограниченности) *ресурсов:* Бой может продолжаться, пока имеются в наличии соответствующие ресурсы (человеческие, технические, боезапас), при которых возможны боевые действия, т.е. до последнего патрона, до последнего боееспособного человека. *Гипотеза капитуляции* (самоуничтожения): При отсутствии (окончании) боезапаса боевая единица капитулирует (сдается в плен) или самоуничтожается.

Следующими шагами моделирования являются построение регулярной решетки ячеек клеточного автомата, формальное определение начального состояния каждой клетки (ячейки решетки), в зависимости от конфигурации расположения противоборствующих сил.

Построение регулярной решетки ячеек клеточного автомата. Базовый экземпляр модели определяет размеры прямоугольной сетки $m \times n$ поля боя (2 км на 4 км, каждая из сторон размещает свои силы на поле 2 км на 2 км), набор правил, по которым, если не обусловлено другое, будут происходить преобразования на «театре военных действий».

Для построения регулярной решетки клеточного автомата модели разбиваем прямоугольную область моделируемого «театра военных действий» на равные клетки $4\text{м} \times 4\text{м}$, размеры которых были определены на основе анализа тактико-технических характеристик (ТТХ) основных боевых единиц, находящихся на вооружении современных армий Украины и стран ближайшего окружения [11] (таблица 1), в соответствии с номенклатурой вооружений [12].

Таблица 1 – Габариты некоторых боевых единиц и объектов укрытия личного состава

Боевая единица/ укрытие л.с.	Длина, мм	Ширина, мм	Боевая единица/ укрытие л.с.	Длина, мм	Ширина, мм
БТР-80	7650	2900	«Леопард»-2А5	7720	3740
БТР-4	7760	2932	Миномет 2С4 «Тюльпан»	6454	3250
Т-64	6540	3560	БМ-21 «ГРАД»	7350	2400
Т-80	6540	3582	М2 «Брэдли»	6450	3200
MCV-80 «Warrior»	6300	3000	Окоп для стрельбы с колена	1700	600
М1 А2 «Абрамс»	7920	3500	Окоп для стрельбы стоя	1500	500
Гаубица Д-30	5400	1900	Окоп для стрельбы лёжа	1700	600

Таким образом, объекты, превышающие в длину 4 м, будут занимать две (три) клетки, а объекты, длина которых меньше 4 м, соответственно одну. Для упрощения будем считать, что расположение боевых единиц, занимающих более одной клетки, определяется «соседними по вертикали» клетками. Объектом дальнейшего исследования выступает совокупность клеток регулярной решетки, каждая из которых имеет собственное состояние в любой такт времени.

Описание типов, характеристик и начального состояния ячеек КА. В КА рассматривается несколько типов ячеек (тип клетки соответствует типу вооружения, боевой единицы (БЕ)), каждой из которых для иллюстрации ставится в соответствие определенный цвет, и соответствующие тактико-технические характеристики.

Таблица 2 – Условная нумерация и цветовое обозначение типов боевых единиц

№ типа БЕ	Тип боевой единицы	1-я сторона конфликта	2-я сторона конфликта
1.	Пехотинец	Зеленая	Синяя
2.	Миномет (малый и средний калибр)	Синяя	Синяя
3.	Пушка, крупнокалиберный миномет, САУ	Оранжевая	Желтая
4.	РСЗО (Град, Смерч, Ураган)	Красная	Красная
5.	БТР, БМП, БРДМ	Фиолетовая	Фиолетовая
6.	Танк	Желтая	Желтая

Например, для расположения боевых единиц, соответствующих карте-схеме опорного пункта мотострелкового взвода [13], ставится в соответствие регулярная решетка ячеек, соотнесенная с картой, на которую наносится цветовое изображение боевых единиц (рис. 1).

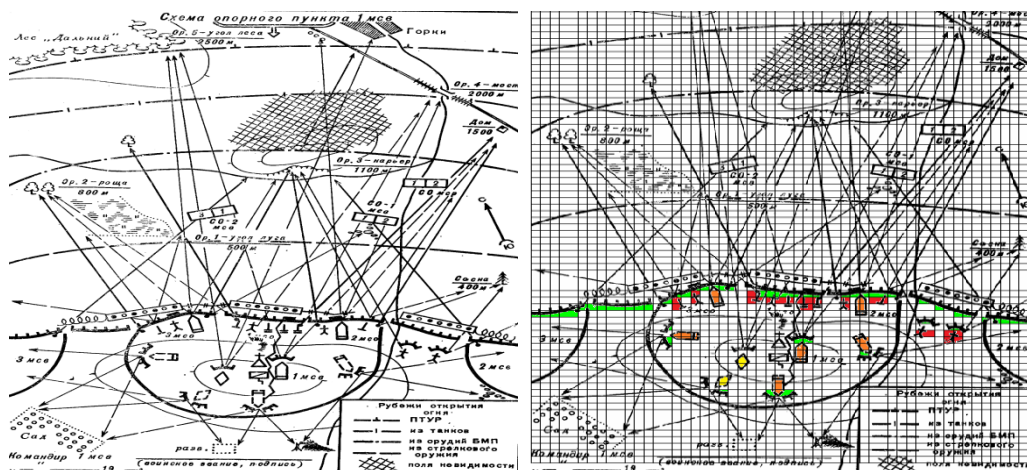


Рис. 1. Схема построения обороны мотострелкового взвода с нанесенной решеткой и БЕ

Каждая клетка задается списком своих основных характеристик, которые условно можно разделить на несколько блоков: расположения, принадлежности, типа, тактико-технических характеристик, боеспособности, опасности для противника и защищенности от действий противника. Описание структуры части блоков приведено на рисунке 2 (для свободной клетки все характеристики полагаются равными нулю).

A00	A01	A02	A1	A20	A21	A31	A311	A312	A313	A32				A33			A41	A42
Группа размещения			Признак стороны конфликта	Группа описания типа боевой единицы			Группа описания вооружения										Признак боеспособности	

Рис. 2. Организация списка основных характеристик ячейки КА

Дадим краткое описание элементов списка характеристик ячеек КА.

Группа размещения: A00 – признак занятости клетки (0 – клетка свободна, 1 – клетка занята); A01 – горизонтальная координата x расположения клетки (от 1 до N_{horiz}); A02 – вертикальная координата y расположения клетки (от 1 до N_{vertic}). Для боевых единиц, которые занимают две или три клетки (номер клетки с наименьшей вертикальной координатой).

Признак стороны конфликта: A1 – принимает значение 1 или 2, в зависимости от того, какой из конфликтующих сторон (1-й или 2-й) принадлежит соответствующая боевая единица и 0, если клетка свободна.

Группа описания типа боевой единицы: A20 – тип боевой единицы, в соответствии с введенной нумерацией (табл. 2.2), принимает значение от 1 до 6 (список и соответственная нумерация определяется конкретными целями и условиями конфликта, боя, прогноза); A21 – подтип типа боевой единицы (может определяться в зависимости от интересующих показателей, например, вида и характеристик вооружения, модификации, видов защиты, вооружения, возможности обеспечения ресурсами и т.д.). Например, для четвертого типа боевой единицы РСЗО A20=4 можно принять для РСЗО Град A21=1, Смерч A21=2, Ураган A21=3.

Группа описания вооружения (для одной боевой единицы предусмотрено три вида вооружения, при наличии меньшего количества видов вооружения остальные элементы списка полагаются равными нулю, при наличии большего числа видов необходимо расширить длину списка характеристик): A31, A32, A33 (A3k, $k=1,2,3$) – тип боевого оружия вида 1, 2 и 3 соответственно. Например, для пехотинца: первый подтип (автоматчик) A31=1 (автомат АК-74М), A32=1 (гранаты), A33=0; второй подтип (пулеметчик) A31=2 (пулемет ПКМ, ПКП), A32=1 (гранаты), A33=0; третий подтип (снайпер) A31=3 (СВД, ВСС), A32=2 (автомат АК-74М), A33=1 (гранаты); четвертый подтип (гранатометчик) A31=4 (гранатомет АГС, РПГ), A32=2 (автомат АК-74М), A33=1 (гранаты) и т.д.; A3k1 – эффективная дальность стрельбы (принимается за радиус зоны поиска цели); A3k2 – боезапас (на начальном этапе принимается равным стандартному боекомплекту, в соответствии с тактико-техническими характеристиками этого типа вооружения); A3k3 – средний расход боеприпасов за единицу времени (один такт клеточного автомата). Один такт КА выбирается равным наибольшему времени для производства одного выстрела среди рассматриваемых боевых единиц (обычно при наличии тяжелого вооружения), если это время больше одной минуты, или равным одной минуте в противном случае.

Признак боеспособности («здоровье»A41 + возможность применить боеприпасыA42): A41=1, A42=1 – боевая единица полностью боеспособна (здоровье > 90 %, на начальном этапе все боевые единицы имеют 100% + возможность применить боеприпасы), A41=2, A42=1 – боевая единица ограниченно боеспособна (здоровье от 70% до 90%, легкое ранение, некритичное повреждение + возможность применить боеприпасы), A41=3, A42=1 – боевая единица критично боеспособна (здоровье от 50% до 70% + возможность

применить боеприпасы) и $A_{41}=0$ или $A_{42}=0$ – боевая единица не может продолжать боевые действия (здоровье меньше 50% или невозможность применить боеприпасы).

Например, для танков могут быть приняты следующие уровни: $A_{41}=1$, $A_{42}=1$ – полная боеспособность – танк способен выполнить все боевые задачи без ущерба для жизни экипажа (соответствует исправному и полностью укомплектованному танку); $A_{41}=2$, $A_{42}=1$ – ограниченная боеспособность – танк удовлетворяет специально разработанным критериям минимальной боеспособности; $A_{41}=3$, $A_{42}=1$ – критическая – танк полностью утратил одно из трех свойств – огневую мощь, подвижность или экипаж.

Организация списков для ячеек автомата может быть организована например одним из двух способов: последовательно в диалоговом режиме или из файла данных (создан заранее).

На основании введенных данных строятся матрицы-характеристики, имеющие соответствующие элементам списка (блокам) названия: матрица расположения, матрица принадлежности, типа, матрица тактико-технических характеристик, матрица боеспособности, матрица опасности для противника и матрица защищенности.

Правила перехода ячеек из одного состояния в другое. Для функционирования КА необходимо описать правила перехода из состояния на i -м шаге (такте) в состояние, соответствующее $i+1$ -му шагу, т.е. описать правила изменения каждого элемента списка характеристик для всех ячеек клеточного автомата.

Группа размещения: A_{00} – признак занятости клетки – значение 0 не изменяется; значение 1 изменяется на 0, если хотя бы одна из величин A_{41} , A_{42} признака боеспособности равна 0 (клетка становится свободной, при этом, если здоровье не равно 0, то считаем, что осуществлено пленение); значение 1 не изменяется, если обе величины A_{41} , A_{42} не равны 0. Значения A_{01} и A_{02} не изменяются.

Признак стороны конфликта: значение A_1 не изменяется (не рассматривается случай захвата БЕ противником или перехода на сторону противника).

Группа описания типа боевой единицы: значения A_{20} и A_{21} не изменяются.

Группа описания вооружения: значения A_{31} , A_{32} , A_{33} (A_{3k} , $k=1,2,3$) не изменяются. Значения A_{3k1} и A_{3k3} не изменяются. Значение A_{3k2} – перерасчитывается, в зависимости от того, применялось ли это оружие. Если оружие применялось ($A_{3k2} > 0$), то значение боеприпасов уменьшается на величину A_{3k3} , для случая $A_{3k2} > 0$ $A_{3k2} \geq A_{3k3}$, или на величину A_{3k2} , для $A_{3k2} < A_{3k3}$.

Следующими двумя факторами, которые влияют на изменение состояний клеток автомата, являются: урон, наносимый противнику, и урон, полученный самой боевой единицей.

Рассмотрим два параметра, которые влияют на урон (здоровье) боевой единицы u_{ij}^{km} и z_{ij}^{km} .

Тут u_{ij}^{km} – урон, наносимый i -м видом (типом, подтипом) боевой единицы j -му виду (типу, подтипу) боевой единицы при использовании k -го вида оружия с m -м видом боеприпасов за один такт автомата при условии нулевой защиты. Под нулевой защитой понимаем защиту, соответствующую минимальным или стандартным требованиям безопасности (защиты). Например, для стрелка нулевая защита это нахождение на открытой местности (позиции) без бронезилета. Наличие индивидуальной защиты для БЕ вносит индивидуальные изменения и в эти параметры.

z_{ij}^{km} – защита боевой единицы i -го вида, при нанесении урона j -м видом боевой единицы с использованием k -го вида оружия и m -го вида боеприпасов за один такт КА. Например, для стрелка это нахождение на открытой местности (позиции) в окопе (для стрельбы лежа, с колена, стоя), в капонире, бронезилете (определенного класса защиты), блиндаже и т.д.

Понятно, что учет всех вариантов защиты и нападения делает модель громоздкой (по размерности), однако это не меняет идеи.

Для расчета степени урона для всех типов как стрелкового, среднего и тяжелого вооружений можно использовать как ТТХ (тактико-технические характеристики) соответствующего вооружения, так и простые методики расчетов, приведенные в открытых, учебных и специальных источниках. Например, для расчета поражающих возможностей осколочных мин, гранат и снарядов была использована методика, предложенная Ю.Г. Веремеевым [14].

Методика расчета поражающих возможностей осколочных боеприпасов. Приведенная методика базируется на следующем понятийном аппарате: дальность сплошного поражения, дальность поражения, дальность эффективного поражения, дальность разлета осколков, безопасное удаление, гарантированное безопасное удаление, цель.

Дальность поражения – это расстояние от места (эпицентра) взрыва до рубежа, где поражается не менее определенного $N\%$ целей ($N=70$ – сплошное поражение, $N=50$ – эффективное поражение, $N=20$ – поражение, $N=0,1$ – дальность (радиус) разлета осколков ($N=0,1$ принимается для упрощения математической модели)). Безопасное удаление – это расстояние от места (эпицентра) взрыва, на котором заведомо невозможно поражение ($N<0,1$). Гарантированное безопасное удаление принимается равным двойному безопасному удалению.

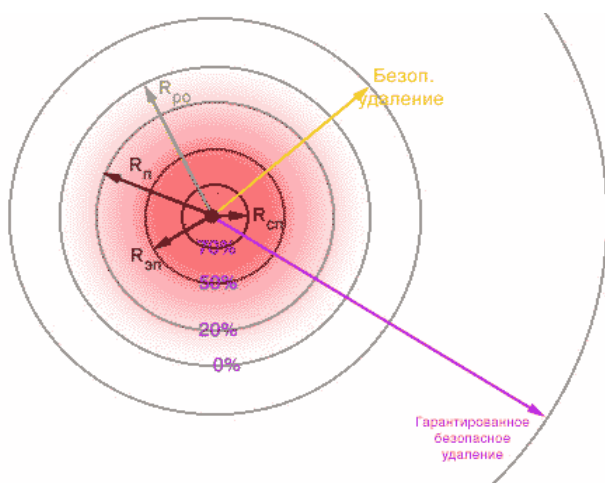


Рис. 3. Изображение зон поражения в соответствии с принятой классификацией при круговом поражении

сохранения требования простоты модели примем следующие упрощения: боеприпасы, имеют обычный металлический корпус и снаряжены обычным бризантным взрывчатим веществом; в момент взрыва снаряд (мина, граната) полностью находится над поверхностью земли, только ее касаясь; при взрыве боеприпаса корпус дает нам осколки массой от 2 до 5 грамм; разброс осколков равномерно распределен в пространстве на все 360 градусов по горизонту и по нормали (при взрыве реальное образование осколков подчинено закону случайных чисел и размеров, делает какие либо расчеты невозможными).

Если до момента взрыва корпус был цел, то с развитием взрыва взрывные газы дробят корпус на осколки, которые движутся во фронте ударной волны взрыва, имеющей форму сферы. По мере увеличения сферы и, соответственно, удаления осколков от центра взрыва расстояния между ними растут. Цель считаем пораженной, если хотя бы один осколок попадает в прямоугольник, в который вписан профиль боевой единицы, перпендикулярный фронту распространения волны взрыва (например, для человека, стоящего лицом к взрыву выбирается прямоугольник $1,8\text{м} \times 0,6\text{м}$).

На рисунке 3 приведено изображение зон поражения в соответствии с принятой классификацией при круговом поражении.

Поражающими свойствами обладают, т.е. могут убить или существенно ранить (повредить человека так, что он не сможет выполнять боевую задачу) металлические осколки массой не менее 2 грамм. Оптимальными по весу считают осколки массой в пределах 2-5 грамм (используются в качестве начиняющих элементов в снарядах).

Для расчета поражающей способности противопехотных осколочных боеприпасов кругового поражения или боеприпасов с готовыми поражающими элементами и

Для определения радиуса R поражения в зависимости от массы корпуса снаряда принимается основная формула [14] $R = \sqrt{\frac{S_c M_m}{4\pi K_n m_0}}$, где S_c – площадь проекции цели, M_m – масса корпуса боеприпаса, образующего осколки, m_0 – расчетная масса одного осколка, K_n – коэффициент поражения (сплошного – 0,7; эффективного – 0,5; обычного – 0,2). Так для осколков весом 2 г радиус сплошного поражения $R_2 = \sqrt{\frac{1,54M_m}{8\pi}}$, радиус эффективного поражения $R_2 = \sqrt{\frac{2,16M_m}{8\pi}}$, радиус поражения $R_2 = \sqrt{\frac{5,25M_m}{8\pi}}$. Соответственно для осколков весом 5 г $R_5 = \sqrt{\frac{1,54M_m}{20\pi}}$, $R_5 = \sqrt{\frac{2,16M_m}{20\pi}}$, $R_5 = \sqrt{\frac{5,25M_m}{20\pi}}$.

В соответствии с приведенными выше рассуждениями и расчетными формулами производится расчет урона, который наносит боеприпас каждой боевой единице, находящейся в пределах радиуса его поражения.

Понятно, что такую методику можно применить и для других типов боеприпасов, внося необходимые корректировки. На основании анализа конкретной задачи, для всех типов боеприпасов и типов вооружения составляется матрица урона (теоретическая) для всех типов радиусов поражения.

Для каждой боевой единицы в рамках одного такта определяется величина урона как суммарная величина воздействия всех боеприпасов, в радиус (разлета осколков) действия которых он попал.

Методика выбора цели. Понятно, что на степень поражения от боеприпасов влияет защита, штатная или дополнительная. Поэтому каждой боевой единице приписывается матрица, аналогичная по структуре матрице урона, но элементы которой – это коэффициенты, соответствующие классу защиты.

Использование элементов матриц урона и матриц защиты позволяет определить «практический» (реальный) урон каждой боевой единицы за один такт работы автомата. Опираясь на эти данные (одношаговый прогноз), для каждой боевой единицы (при помощи функции выбора цели $f_j(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$) определяется своя цель из условий нанесения максимального урона (изначально определяется возможность наложений выбора целей, т.е. на одну цель приходится до w боевых единиц противника).

На каждом такте для каждой j -й боевой единицы, для определения цели (значения функции выбора цели $f_j(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$), учитываются следующие параметры: x_1 – эффективная дальность вооружения БЕ, x_2 – приоритет, x_3 – расстояние до цели, x_4 – коэффициент теоретического урона цели, x_5 – признак наличия боезапаса, которые рассчитываются для каждой цели и каждого типа вооружения БЕ.

Таким образом, подставив значения параметров для k -го типа вооружения j -й боевой единицы и i -й цели мы получим определенные значения функции выбора цели $f_{j,k}^i(x_{1,j,k}; x_{2,j}; x_{3,j}^i; x_{4,j,k}; x_{5,j,k})$, которые ранжируются по возрастанию. Максимальное значение $f_{j,k}^i$ с учетом условия наложения целей и ранжирования значения функции выбора цели определяет какая именно боевая единица будет атакована и каким вооружением.

В заключение сформулируем основные этапы решения поставленной задачи моделирования:

- 1) определение параметров КА;
- 2) ввод исходных данных для каждой ячейки (боевой единицы);
- 3) определение цели для каждой боевой единицы;
- 4) определение урона для каждой боевой единицы;
- 5) перерасчет состояний и характеристик каждой клетки КА.

Пример работы программы реализации модели. На основе сформулированных положений, была разработана компьютерная программа реализации описанной выше формализованной схемы. Ниже на рисунках 4, 5 приведены скриншоты работы программы визуализации полученных данных, соответствующие схеме построения обороны мотострелкового взвода, приведенной на рисунке 1 с частичным размещением боевых единиц.

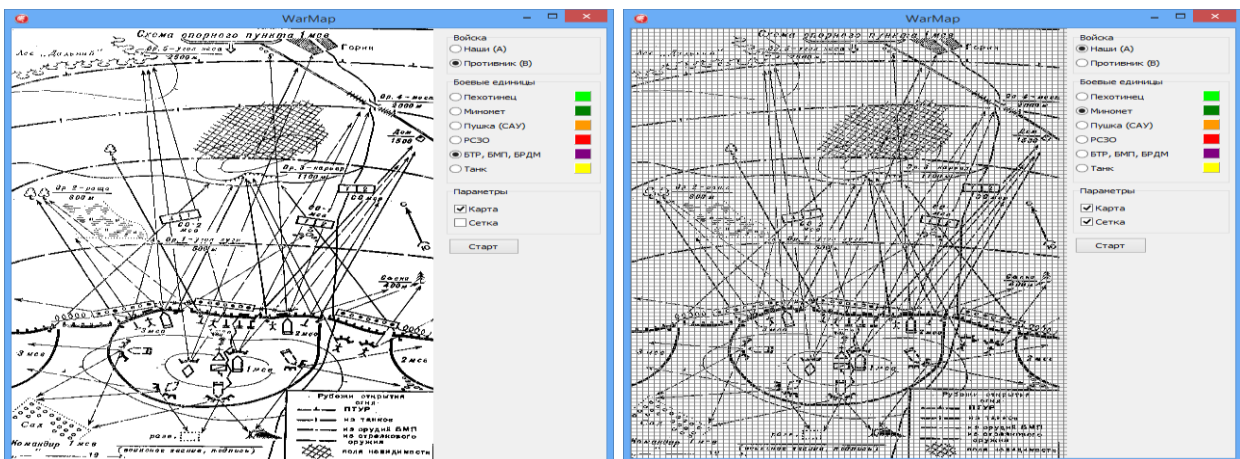


Рис. 4. Скриншот схемы карты реального объекта с нанесением сетки

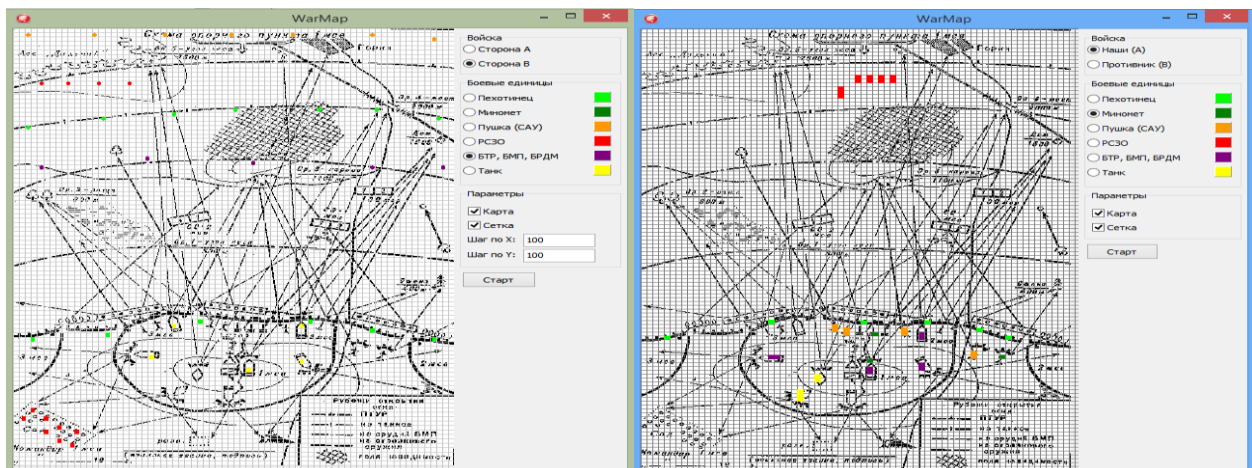


Рис. 5. Скриншот схемы-карты с нанесением сетки и частичной расстановкой боевых единиц

Предложенная модель может служить основой для разработки программ анализа возможных ситуаций на конкретной местности, разработке схем обороны и нападения.

ВЫВОДЫ

В работе, базируясь на основных принципах клеточного автомата, предложен подход к математическому моделированию локальных военных действий в современных условиях на ограниченной территории.

В результате проведенных исследований сформулированы основные принципы построения модели ведения локальных военных действий в современных условиях на ограниченной

территории, описана формальная модель построения КА, этапы и принципы его построения, составлена программа компьютерного моделирования, реализующая описанную модель поставленной задачи.

Построенная модель позволяет, получив данные о состоянии, расположении, составе или намерениях войск противника, более детально продумывать тактику построения обороны, ведения оборонительного или наступательного боя, получить количественные и качественные оценки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков А. М. Методология / А.М. Новиков, Д.А. Новиков. – М. : Синтег, 2007. – 668 с.
2. Новиков Д. А. Иерархические модели военных действий / Д.А. Новиков // Управление большими системами. – 2012. – Вып. 37. – С. 25-62.
3. Гаррет Р. Основы анализа операций на море / Р. Гаррет, Д. Лондон. – М. : Воениздат, 1974. – 270 с.
4. Бабкин В. Ф. Деловые имитационные игры в организации и управлении / В.Ф. Бабкин, С.А. Баркалов, А.В. Щепкин. – Воронеж : ВГАСУ, 2001. – 207 с.
5. Dunnigan J. The Complete Wargames Handbook / J. Dunnigan. – N.Y. : Quill, 1992. – 333 p.
6. Резяпов Н. Имитационная система моделирования боевых действий JWARS ВС США / Н. Резяпов, С. Чеснаков, М.Инюхин // Зарубежное военное обозрение. – 2008. – № 11. – С. 27-32.
7. Вайсборд Э. М. Введение в дифференциальные игры нескольких лиц и их приложения / Э.М. Вайсборд, В.И. Жуковский. – М. : Советское радио, 1980. – 304 с.
8. Паньковский Ю. И. Технология построения имитационной математической модели воспроизведения хода боевых действий / Ю.И. Паньковский, А.В. Бобин, А.В. Слатин // Труды конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика». – 2011 –Т. 1. – С. 229-233.
9. Буянов Б. Б. Система поддержки принятия управленческих решений с применением имитационного моделирования / Б.Б. Буянов, Н.В. Лубков, Г.Л. Поляк // Проблемы управления. – 2006. – №6. – С. 43-49.
10. Андреев А. А. Имитационная модель морского сражения на основе клеточных автоматов / А.А. Андреев, Д.В. Кочеулов // Вестник Тамбовского университета. Серия : Естественные и технические науки. – 2010. – Т. 15. – С. 1900-1908.
11. Военная литература. – Режим доступа : <http://voennizdat.ru/index/0-79>.
12. Номенклатура вооружений по странам. Украина – номенклатура вооружений. – Режим доступа : <http://www.militaryparitet.com/nomen/ukraine>.
13. Приложения к Боевому Уставу ВС РФ. – Режим доступа : <http://group27.narod.ru/ucheba/voenka-ustav-boy-pril.html>.
14. Веремеев Ю.Г. Инженерные боеприпасы. Расчет поражающих возможностей осколочных мин и гранат. <http://www.saper.etel.ru/mines-2/razlet-osk.html>.

REFERENCES

1. Novikov, A.M. and Novikov, D.A. (2007), *Metodologiya* [Methodology], Sinteg, Moskow, Russia.
2. Novikov, D.A. (2013), “Hierarchical Models of Warfare”, *Upravlenie bolshimi sistemami*, issue 37, pp. 25-62.
3. Garret, Roger A. and London, J. Phillip (1974), *Osnovyi analiza operatsiy na more* [Fundamentals of naval operation analysis], Voenizdat, Moskow, Russia.
4. Babkin, V.F., Barkalov, S.A. and Schepkin, A.V. (2001), *Delovye imitatsionnyie igryi v organizatsii i upravlenii* [Business simulation games in the organization and management], VGASU, Voronezh, Russia.
5. Dunnigan, J. (1992), “The Complete Wargames Handbook”, Quill, N.Y.
6. Rezyapov, N., Chesnakov, S. and Inyuhin, M. (2008), “Modeling imitating system of military operations JWARS of USA AF”, *Zarubezhnoe voennoe obozrenie*, no. 11, pp. 27-32.

7. Vaysbord, E.M. and Zhukovskiy, V.I. (1980), *Vvedenie v differentsialnyie igryi neskolkih lits i ih prilozheniya* [An introduction to the differential game of several persons and their applications], Sovetskoe radio, Moskow, Russia.
8. Pankovskiy, Yu.I., Bobin, A.V. and Slatin, A.V. (2011), "Technology of creation of imitating mathematical model of reproduction of the course of military operations", *Trudyi konferentsii «Imitatsionnoe modelirovanie. Teoriya i praktika»*, vol. 1., pp. 229-233.
9. Buyanov, B.B., Lubkov, N.V. and Polyak, G.L. (2006), "A management decision-making support system with simulation", *Problemy Upravleniya*, no. 6, pp. 43-49.
10. Andreev, A.A. and Kocheulov, D.V. (2010), "Imitation model of marine battle on the base of cellular automaton", *Vestnik Tambovskogo universiteta, Seriya: Estestvennyie i tehnicheckie nauki*, vol. 15, pp. 1900-1908.
11. "Military literature", available at: <http://voennizdat.ru/index/0-79>.
12. "The nomenclature of arms over the countries. Ukraine – the nomenclature of arms", available at: <http://www.militaryparitet.com/nomen/ukraine>.
13. Annexes to the military regulations of the AF RF, available at: <http://group27.narod.ru/ucება/voenka-ustav-boy-pril.html>.
14. Veremeev, Yu.G. *Inzhenernyie boepripasyi. Raschet porazhayuschih vozmozhnostey osko-lochnyih min i granat* [Engineering ammunition. The calculation possibilities of damaging shrapnel mines and grenades], available at: <http://www.saper.etel.ru/mines-2/razlet-osk.html>.

УДК 539.3

О ВЛИЯНИИ МАСШТАБА В ЧИСЛЕННЫХ РЕШЕНИЯХ ЗАДАЧИ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛОГИХ КОНИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК

Карасёв А. Г., к. т. н., ассистент

*Приднeпровская государственная академия строительства и архитектуры,
ул. Чернышевского, 24а, г. Днепропетровск, 49600, Украина*

karasev.alexey@mail.ru

В работе рассматривается влияние масштаба тонкостенных конструкций на величину равномерного внешнего давления потери устойчивости. Задача решается численно, как в линейной, так и в геометрически нелинейной постановках, в широком диапазоне изменения параметров конической пологой оболочки. Используются современные программные комплексы ANSYS и ЛИРА.

Ключевые слова: упругая полая коническая оболочка, внешнее давление, деформирование и устойчивость, программный комплекс, конечные элементы, численный расчет, линейная и геометрически нелинейные задачи.

ПРО ВПЛИВ МАСШТАБУ В ЧИСЕЛЬНИХ РІШЕННЯХ ЗАДАЧИ СТІЙКОСТІ ПОЛОГИХ КОНІЧНИХ ОБОЛОНОК

Карасьов О. Г., к. т. н., асистент

*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури,
вул. Чернишевського, 24а, м. Дніпропетровськ, 49600, Україна*

karasev.alexey@mail.ru

У роботі розглядається вплив масштабу тонкостінних конструкцій на величину рівномірного зовнішнього тиску втрати стійкості. Задача розв'язується чисельно, як у лінійній, так і в геометрично нелінійній постановках, у широкому діапазоні зміни параметрів конічної пологої оболонки. Використовуються сучасні програмні комплекси ANSYS і ЛІРА.

Ключові слова: пружна полая конічна оболонка, зовнішній тиск, деформування і стійкість, програмний комплекс, скінчені елементи, чисельний розрахунок, лінійна і геометрично нелінійна задача.