

УДК 629.1.032:656.13:681.3

Никонов О.Я.

ОБЪЕКТЫ БРОНЕТАНКОВОЙ ТЕХНИКИ КАК КОМПОНЕНТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ С ЕДИНЫМ ИНФОРМАЦИОННЫМ ПРОСТРАНСТВОМ

Постановка проблемы

В настоящее время в вооруженных силах многих стран создаются единые системы вооружения сухопутных войск, ядром которых являются боевые бронированные машины (ББМ). Компоненты таких систем входят в автоматизированную систему управления боем с единым информационным пространством и взаимно дополняют друг друга своими средствами поражения [1-3]. США являются пионерами процесса единой системы вооружения, другие страны только в начале пути создания единой системы вооружения (Германия, Франция, Великобритания, Испания, Италия и др.). Создание единой системы вооружения позволит повысить эффективность управления, а значит боевую эффективность группировки, реализовать возможности многовариантных действий, адекватных масштабам и характеру действий противника, наладить информационно-техническое взаимодействие контуров управления различными видами боевого и технического обеспечения [1].

Прежде всего, для интеграции в такую систему ББМ необходимо оборудовать комплексом датчиков и сенсорных устройств:

- оптических, тепловизионных, радиолокационных миллиметрового диапазона для автоматического обнаружения и сопровождения наземных и воздушных целей;
- внешних условий – химического и радиационного фонов, контроля климатических условий, предупреждения о ракетной атаке, лазерной и радиолокационной подсветке и т.д.;
- внутренние – техническое состояние машины и вооружения, физическое состояние экипажа.

Функционирование этого оборудования предполагает наличие прямой и обратной связи, как по вертикали, так и по горизонтали, что и может быть осуществлено путем применения информационного обеспечения со следующей структурой:

- единая картина тактической обстановки;
- интеллектуальная связь;
- высокотехнологичное вооружение;
- защита и оборона нового поколения;
- навигационная система.

Применение такой системы предполагает не только рационализацию вооружения ББМ, но и изменение подхода к их защищенности путем снижения роли пассивной защиты и обеспечением защищенности путем повышения скрытности, уменьшения демаскирующих факторов, предупреждения и срыва обнаружения и целеуказания, упреждения и уничтожения боеприпасов на подлете к ББМ. Кроме того, не последняя роль в такой системе должна отводиться автоматическим и роботизированным комплексам для уменьшения числа операторов, находящихся непосредственно в зоне боевых действий. Таким образом, завершается трансформация представления о ББМ, как о сложной технической системе. ББМ сегодня состоит уже не из трех основных систем (элементов подвижности, защиты и комплекса вооружения), а из четырех комплексов: подвижности, защиты, информационно-интеллектуального и вооружения [1-3].

Анализ последних исследований и публикаций

В последнее время разработано достаточно большое количество методов, позволяющих синтезировать высококачественные системы управления динамическими объектами с неизвестными или переменными параметрами. Однако, эти системы, как правило, сложны и в них требуется измерять или идентифицировать все изменяющиеся параметры.

В связи с этим целесообразно разрабатывать новые подходы и методы на основе новой идеологии управления. В том числе и на основе нейронных сетей (НС) [4-12]. Системы автоматического управления, построенные с использованием этих сетей, имеют заметные преимущества перед традиционными системами. В частности, они не требуют точного знания математических моделей объектов управления (ОУ), могут работать в условиях параметрической неопределенности этих объектов, малочувствительны к изменениям параметров ОУ (проявляют свойства робастности), устойчивы к помехам, легко реализуются с использованием типовых контроллеров и позволяют использовать параллельные вычисления.

Известны типовые НС с предварительной настройкой параметров и с их настройкой в реальном масштабе времени (РМВ) в процессе функционирования систем [6]. Первые предназначены для работы с объектами, параметры которых в процессе эксплуатации не изменяются, а вторые – для управления объектами с существенно и непредсказуемо изменяющимися параметрами. При этом, как правило, перенастройка параметров в указанных НС в РМВ требует использования высокопроизводительных управляющих ЭВМ, так как изменения этих параметров различными методами оптимизации сопровождаются выполнением довольно большого объема вычислений.

В последние годы появились публикации, в которых описываются особенности использования НС для управления различными динамическими объектами [13-15]. Однако, параметры этих объектов в процессе управления принимаются постоянными, и процесс настройки сети в редких случаях удается выполнить в РМВ.

Среди НС наибольший интерес представляют так называемые нейрофаззи (нейро-нечеткие) сети [7-11]. Алгоритм формирования этих сетей построен на основе системы нечеткого вывода [5-7], требующей ручной настройки параметров. Это является главным препятствием применения нечетких регуляторов в адаптивных системах. С другой стороны, рассматривая систему нечеткого вывода как нейронную сеть, можно применить метод обратного распространения ошибки с целью поиска оптимальных коэффициентов нечеткой системы вывода, удовлетворяющих условию адекватного отображения тестовых (обучающих) данных. Это значительно облегчает практическое решение задачи формирования указанных регуляторов. Применение алгоритмов автоматической настройки параметров нейрофаззи сети на основе обратного распространения ошибки позволяет избежать процесса ручной настройки. Однако в этом случае в процессе настройки параметров указанной сети все же требуются достаточно большие временные затраты. Так как вычислительная сложность алгоритмов настройки НС пропорциональна количеству используемых обучающих данных, то при введении локальной оптимизации можно существенно понизить объем этих постоянно обновляемых обучающих данных и тем самым существенно уменьшить мощность используемых вычислительных средств, решая задачу настройки сети в РМВ.

Поскольку нейрофаззи системы относительно легко настраиваются и обладают свойством робастности, то эти свойства могут позволить обеспечить их эффективное использование для управления сложными нелинейными динамическими объектами с неопределенными и существенно (непредсказуемо) изменяющимися параметрами. В данной статье такие системы предполагается использовать для интегрированной интеллектуальной информационно-управляющей системы танка [16].

Формулировка цели

Целью работы является построение эффективной интегрированной интеллектуальной информационно-управляющей системы танков (ТИУС) как компонентов единой автоматизированной системы управления боем с единым информационным пространством на основе новейших информационных и спутниковых технологий.

Разработка интегрированной интеллектуальной ТИУС

Интеллектуальные ТИУС должны выполнять следующие функции: сбор, передача, обработка и обмен информацией между, как отдельными машинами (единицами боевого информационного пространства), так и подразделениями машин (подразделениями боевого информационного пространства), а также управление взаимодействием этих подразделений. ТИУС также управляет системами и агрегатами самого танка.

На рис. 1 приведен пример структуры интеграции интеллектуальных ТИУС.

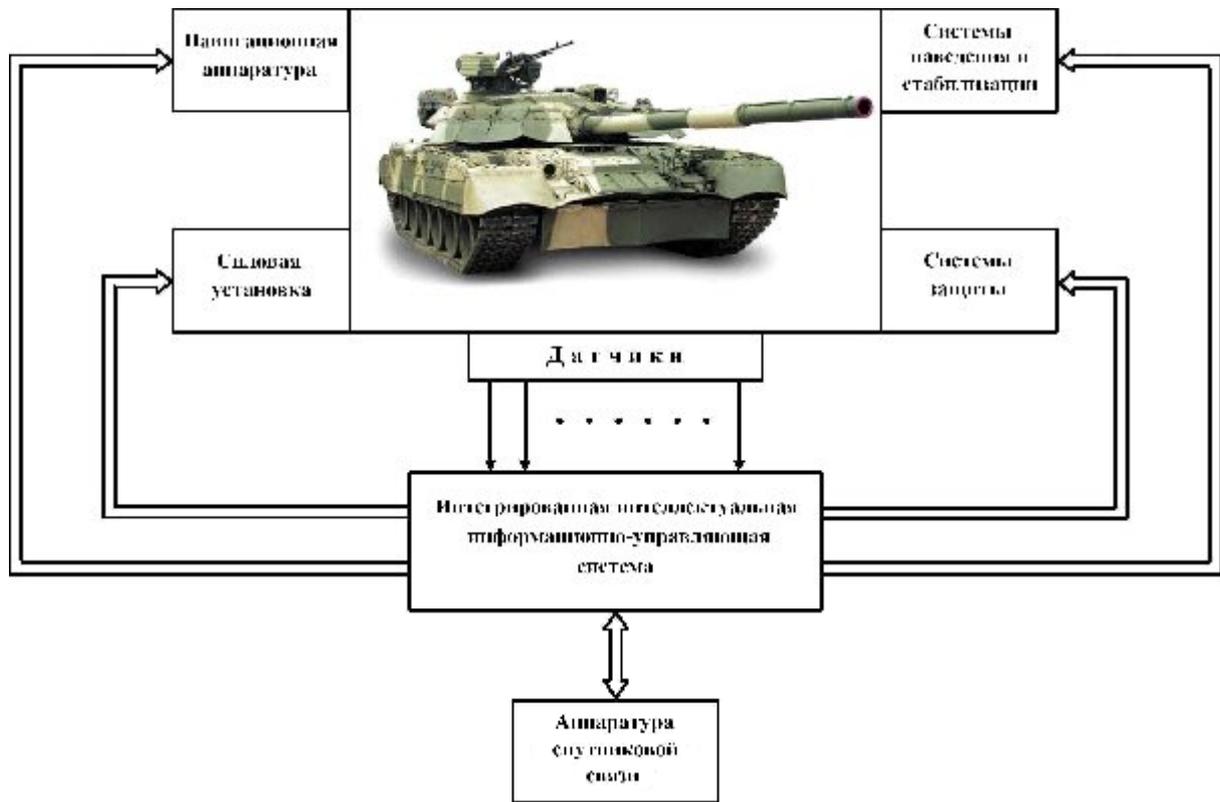


Рисунок 1 – Пример интеграции основных систем ТИУС

Рассмотрим интегрированную интеллектуальную ТИУС на основе нейрофаззи сетей с архитектурой ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) [5, 9]. Структура такой сети приведена на рис. 2. Первый слой распределяет входные сигналы по функциям принадлежности второго слоя, производящего фаззификацию переменных, а третий слой реализует логические операции над нечеткими множествами. В последних двух слоях реализуется вычисление линейной комбинации входов и выходов слоя правил. В данной сети необходимо осуществлять настройку параметров входного слоя (слоя функций принадлежности), при этом в качестве функции принадлежности используется функция Гаусса. Ширина и центр этой функции определяются в дальнейшем в ходе настройки параметров методом обратного распространения ошибки (генетическими алгоритмами). Коэффициенты линейной комбинации в выходном слое сети целесообразно находить с помощью метода наименьших квадратов [11, 12].

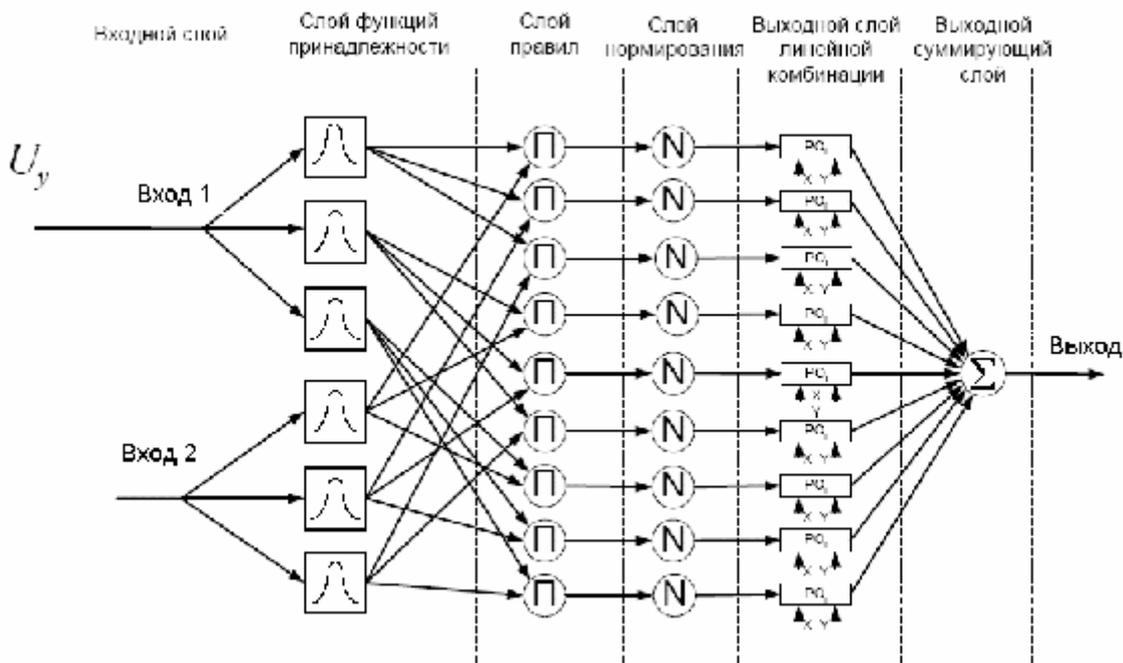


Рисунок 2 – Шестислойная нейрофаззи сеть ANFIS архитектуры

Для вычисления параметров сети необходимо сформировать обучающее множество, состоящее из тестового и целевого векторов. Тестовый вектор представляет собой совокупность последовательно подаваемых на вход сети сигналов, отличающихся амплитудой и продолжительностью. Целевой вектор представляет собой совокупность значений выходной координаты в дискретные моменты времени. Размерности целевого и тестового векторов совпадают. Число тестовых данных должно быть достаточно большим для получения достоверной информации о динамических свойствах ОУ. В системах, работающих в РМВ, размерность этих векторов ограничивается производительностью управляющей ЭВМ.

На рис. 3 представлена структурная схема контуров управления интегрированной интеллектуальной ТИУС, построенной с использованием НС, работающей в РМВ и использующей принцип прямого инверсного управления. На начальном этапе работы рассматриваемой системы параметры ОУ неизвестны, НС является ненастроенной и не может обеспечивать качественного управления этим ОУ до тех пор, пока она не обучится полностью хотя бы один раз. Однако для формирования обучающей выборки необходимые данные следует снимать с уже работающей системы. Поэтому для получения этой выборки на начальном этапе настройки НС в систему вводится типовой регулятор Р (например, ПИД-регулятор), обеспечивающий хотя бы приемлемое качество ее работы. После формирования первой обучающей выборки (особенности формирования этих выборок будут обсуждаться ниже) происходит обучение НС, которая в результате становится инверсной моделью ОУ и устанавливается в прямую цепь управления вместо типового регулятора Р. Эта замена осуществляется с помощью блока переключения БП. Для обеспечения непрерывного процесса настройки НС и управления ОУ в системе используется две НС. Первая из них непрерывно обучается, а вторая (с предыдущей настройкой) обеспечивает процесс управления. После очередного переобучения НС ее параметры копируются во вторую (управляющую) НС и процесс повторяется. Это позволяет не прерывать управление объектом на время переобучения сети.

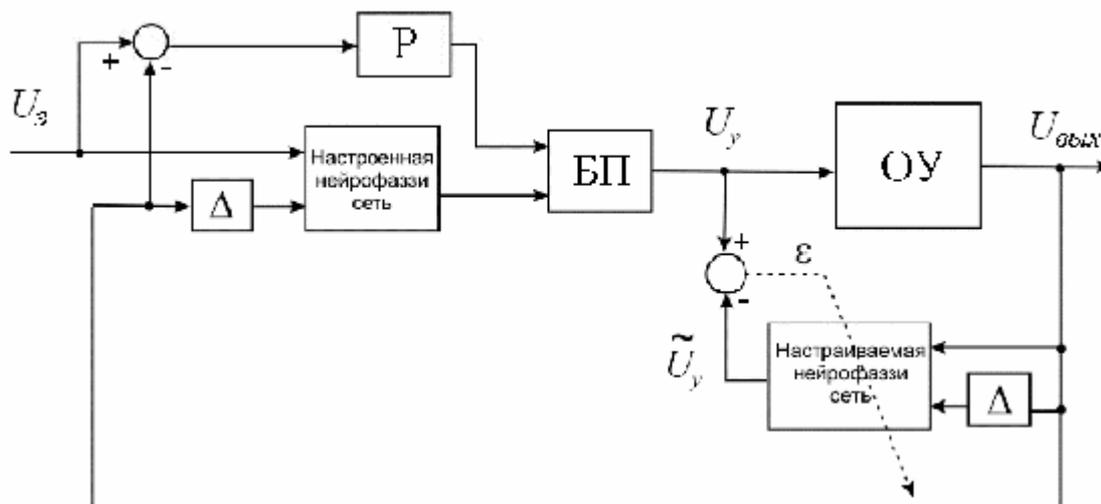


Рисунок 3 – Структурная схема контуров управления интегрированной интеллектуальной ТИУС с нейрофаззи сетью:

$U_z, U_{вых}$ – соответственно, задающий и выходной сигналы системы;
 U_y – сигнал управления ОУ; \tilde{U}_y – выходной сигнал настраиваемой НС;
 ε – сигнал ошибки настройки; Δ – блоки задержки; P – типовой регулятор;
 БП – блок переключения

Для решения задачи используется следующий подход. Вся обучающая выборка формируется на основе не одного, а двух массивов данных. Первый массив $H \in R^{m \times s}$ состоит из данных, полученных на основе измерений в процессе работы системы, а второй массив $P \in R^{p \times s}$ содержит данные, полученные на основе массива H и прогнозирующие поведение управляемого ОУ на небольшом промежутке времени в будущем.

Результаты расчетов системы наведения и стабилизации танковой пушки

Рассмотрим более подробно контур управления системой наведения и стабилизацией танковой пушки [16]. Современные танки оснащены двухплоскостной системой наведения и стабилизации. Не смотря на то, что стабилизаторы плоскостей существенно отличаются по конструкции, выполнены они по одной функциональной схеме, и представляют собой замкнутые системы управления по отклонению оси канала ствола от заданного наводкой направления.

На рис. 4 приведены расчетные динамические процессы для стохастической системы наведения и стабилизации пушки танка Т-80УД при движении по среднепересеченной местности.

Анализ приведенных динамических процессов, а также многочисленные исследования, позволяют сделать вывод о том, что введение в контур управления НС позволяет уменьшить колебательность танковой пушки в вертикальной плоскости $\Delta\varphi_2(t)$ до 45%, а в горизонтальной плоскости $\Delta\varphi_0(t)$ до 40% (при этом относительная выборочная дисперсия не превысила 5%), т.е. повысить точность системы наведения и стабилизации. Кроме этого системы управления с НС обученной с помощью модифицированного генетического алгоритма (ГА), как видно из рис. 4, позволяют значительно уменьшить низкочастотные колебания пушки, что говорит, безусловно, в качестве систем управления с НС.

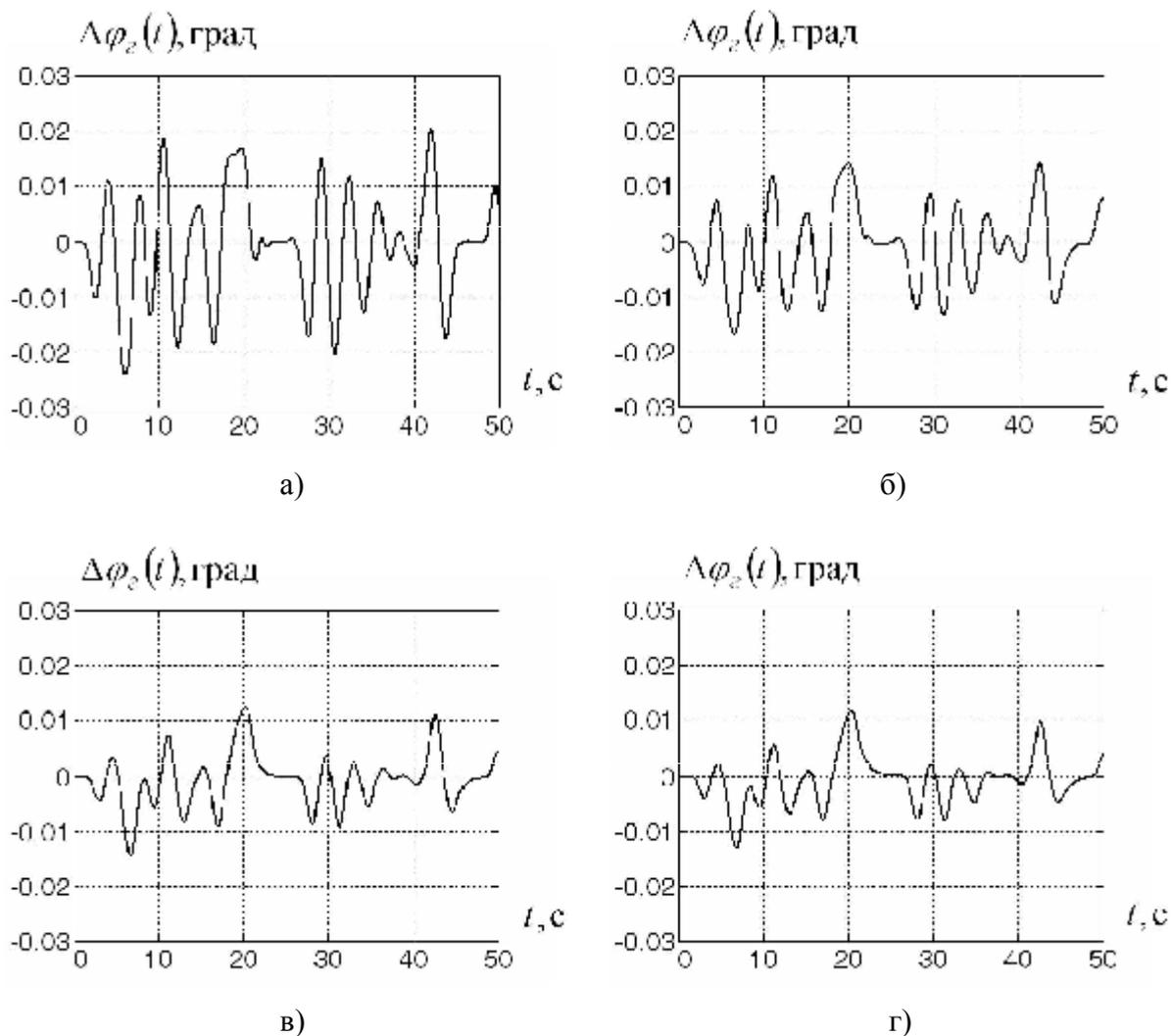


Рисунок 4 – Динамические процессы для системы наведения и стабилизации пушки танка Т-80УД при движении по среднепересеченной местности:

- а – для штатного блока управления;
- б, в, г – для блока управления с НС, обученной с помощью:
алгоритма обратного распространения (б); модифицированного ГА (в);
модифицированного ГА + алгоритм обратного распространения (г)

Выводы и перспективы дальнейших исследований

В работе построена эффективная интегрированная интеллектуальная информационно-управляющая система танков, как компонентов единой автоматизированной системы управления боем с единым информационным пространством на основе нейрофаззи сетей с архитектурой ANFIS. На примере системы наведения и стабилизации танковой пушки построена система нейрофаззи управления и проведены расчеты. Для дальнейших исследований необходимо создание методик синтеза автоматизированной системы управления боем в целом.

Литература: 1. Анипко О.Б. Концептуальное проектирование объектов бронетанковой техники / О.Б. Анипко, М.Д. Борисюк, Ю.М. Бусяк. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – 196 с. 2. Рябчук В.Д. Проблемы теории и практики создания единой автоматизированной системы управления тактического звена / В.Д. Рябчук, В.И. Ничипор //

Военная мысль. – 2010. – №5. – С. 55–60. 3. www.army-guide.com. 4. Филимонов Н.А. О применимости схем нейронного управления на основе инверсно-прямой модели обучения / Н.А. Филимонов // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2004. – №10. – С. 54–60. 5. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия–Телеком, 2004. – 452 с. 6. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления / Под ред. Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002. – 744 с. 7. Borgelt Ch. Neuro-Fuzzy-Systeme: von den Grundlagen kuenstlicher Neuronaler Netze zur Kopplung mit Fuzzy-Systemen / Ch. Borgelt. – Wiesbaden: Vieweg, 2003. – 434 p. 8. Nelles O. Nonlinear system identification with local linear neuro-fuzzy models / O. Nelles. – Aachen: Shaker, 1999. – 179 p. 9. Ross T.J. Fuzzy logic with engineering applications / T.J. Ross. – Chichester: Wiley, 2004. – 628 p. 10. Liu G.P. Nonlinear identification and control: a neural network approach / G.P. Liu. – London: Springer, 2001. – 210 p. 11. Vas P. Artificial-intelligence-based electrical machines and drives: application of fuzzy, neural, fuzzy-neural and genetic-algorithm-based techniques / P. Vas. – Oxford: Oxford Univ. Press, 1999. – 625 p. 12. Spooner J.T. Stable adaptive control and estimation for nonlinear systems: neural and fuzzy approximator techniques / J.T. Spooner. – New York: Wiley-Interscience, 2002. – 545 p. 13. Denai M.A., Attia S.A. Fuzzy and neural control of an induction motor / M.A. Denai, S.A. Attia // Appl. Math. Comput. Sci. – 2002. – Vol.12. – №2. – PP. 221–233. 14. Neural Network-Based System Identification and Controller Synthesis for an Industrial Sewing Machine / H. Kim, S. Fok, K. Fregene [et al.] // Int. Journal of Control, Automation and Systems. – 2004. – Vol.2. – №1. – PP. 83–91. 15. Kumar G., Harley R.G. Two Separate Continually Online-Trained Neurocontrollers for Excitation and Turbine Control of a Turbogenerator / G. Kumar, R.G. Harley // IEEE Trans. In industry applications. – 2002. – Vol.38. – №3. – PP. 887–893. 16. Автоматизоване проектування танкових автоматичних систем / [Александров Є.Є., Александрова Т.Є., Ніконов О.Я. та ін.]; за ред. Є.Є. Александрова. – Харків: НТУ «ХПІ», 2003. – 137 с.

Ніконов О.Я.

**ОБ'ЄКТИ БРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ ЯК КОМПОНЕНТИ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВЗАЄМОДІЄЮ
З ЄДИНИМ ІНФОРМАЦІЙНИМ ПРОСТОРОМ**

В роботі побудована ефективна інтегрована інтелектуальна інформаційно-керуюча система танків, як компонентів єдиної автоматизованої системи керування боєм з єдиним інформаційним простором на основі нейрофаззі мереж з архітектурою ANFIS. На прикладі системи наведення та стабілізації танкової гармати побудована система нейрофаззі керування і проведено розрахунки.

Nikonov O.J.

**OBJECTS OF ARMOURED VEHICLES AS COMPONENTS
INTELLIGENT CONTROL SYSTEM OF INTERACTING
WITH UNIFORM INFORMATION SPACE**

The effective integrated intelligent informational-controlling system of tanks, as components of the uniform automatized control system by battle with uniform information space on a basis neuro-fuzzy networks with ANFIS architecture is constructed. By the example of a guidance and stabilization system of a tank gun control neuro-fuzzy system is constructed and calculations are conducted.