

ЛАБОРАТОРИЯ ДОННТУ «FPGA-ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ДИАГНОСТИКА КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ»

Зинченко Ю.Е., ДонНТУ, доцент, zinchenko@donntu.edu.ua, Калашиников В.И., ДонНТУ, профессор, yiktor.kalashnikov@ukr.net, Хайдук С., ALDEC, президент, STANLEY@aldec.com, Бобровский К.В., «Siemens-Ukraine», инженер, kostyantyn.bobrovskyy@siemens.com, Дяченко О.Н., ДонНТУ, доцент, music60-80@yandex.ru, Корченко А.А., ДонНТУ, аспирант, aleks-korchenko@yandex.ru, Гриценко А.А., ДонНТУ, аспирант, anthony.grytsenko@gmail.com, Ханаев В.В., ДонНТУ, инженер, hanaev@gmail.com, Зинченко Т.А., ДонНТУ, ассистент, zinchenko.tatyana@gmail.com, Войтов Г.В., ДонНТУ, аспирант, gennadiyvvt@gmail.com, Сероштан С.Ю., ДонНТУ, ассистент, sergey.seroshstan@gmail.com

Описывается история создания и основные направления лаборатории Донецкого национального технического университета (ДонНТУ) «FPGA-технологии проектирования и диагностика КС». Представляются современные проекты, выполненные по профилю лаборатории, которые внедрены в сервисном центре Украины, в учебном процессе ДонНТУ и других университетах Украины.

ПЛИС, ГПСТ, КПП, ТЭЗ, FPGA, PRTG, DFT, BIST, GUIDED PROBE, VHDL, VERILOG, BOUNDARY SCAN

История создания FPGA-лаборатории

Исторические корни создания лаборатории произрастают с конца 70-х годов 20-го столетия, когда на кафедре ЭВМ (ныне КИ – «Компьютерная инженерия») появилось новое направление кафедры - «Диагностика и контролепригодное проектирование цифровых устройств вычислительной техники». С этого момента и по начало 90-х годов был выполнен ряд проектов с ведущими предприятиями радиоэлектронной оборонной промышленности СССР. Среди таких проектов следует выделить разработку средств внешнего и встроенного тестирования устройств специализированной сети ПВО Москвы (заказчик - НПО «Комета», г. Москва), контролепригодное проектирование по методологии LSSD блока цифровой обработки радиосигналов зенитно-ракетного комплекса (заказчик - ЦКБ «Алмаз», ныне «Алмаз-Антей», г. Москва), система поиска неисправностей специализированной бортовой аппаратуры (заказчик – СПО «им. С. Орджоникидзе», г. Саратов). Полученные практические и научные результаты внедряются также в учебный процесс, появляются новые дисциплины.

Сложные 90-е годы были направлены на преодоление проблем «переходного периода», когда перед всей отраслью «вычислительная техника» встала задача перехода от советских стандартов на мировой уровень. В это же время набирает обороты, так называемые FPGA-технологии проектирования и связанные с ними программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС, англ. *FPGA - Field Programmable Gate Arrays*) и языки программирования аппаратуры (VHDL, Verilog). Эта тенденция была своевременно подмечена и «подхвачена» сотрудниками кафедры ЭВМ.

Важной вехой в становлении лаборатории является сотрудничество с фирмой ALDEC, Inc., (США) - мирового лидера в области разработки САПР ВТ и лично с ее президентом С. Хайдуком (Stanly Hyduke). При технической поддержке фирмы ALDEC с 1998г началось внедрение FPGA-технологий в учебный процесс и научные исследования кафедры ЭВМ [1-2], что незамедлительно сказалось на результатах - на ежегодных Олимпиадах, проводимых фирмой ALDEC среди ведущих технических университетов Украины, команда от ДонНТУ с 2001 по 2005 гг. неизменно завоевывала первые места с большим отрывом от других участников Олимпиады. Всего за 2001-2005 гг. было подготовлено 42 студента-победителя всеукраинских ALDEC-олимпиад, которые получили соответствующие сертификаты, прошли стажировку в фирме ALDEC, а сегодня успешно работают как в Украине та и за рубежом (в США, Германии, Англии, Польше, Москве, Санкт-Петербурге, и др. крупных IT-центрах мира).

Переход на новый технологий уровень способствовал расширению географии сотрудничества кафедры ЭВМ и активизации проектной деятельности, появились новые заказы от предприятий. С 2003 по 2008 гг. было выполнено и внедрено несколько проектов в области диагностики и проектирования специализированного радиотехнического комплекса.

Успехи, достигнутые сотрудниками кафедры ЭВМ в области FPGA-технологий проектирования и диагностики, были замечены фирмой «ИТЦ Сименс-Украина», которая предложила специальную программу сотрудничества по подготовке специалистов в этой области. В рамках этой программы в ДонНТУ в 2008г при финансовой поддержке фирмы лаборатория была существенно модернизирована. В связи с расширением сферы

деятельности лаборатория была переименована – теперь она называется лабораторией «FPGA-технологий проектирования и диагностики КС» (коротко – FPGA-лаборатория).

Основные направления деятельности FPGA-лаборатории

К основным направлениям деятельности лаборатории относятся следующее.

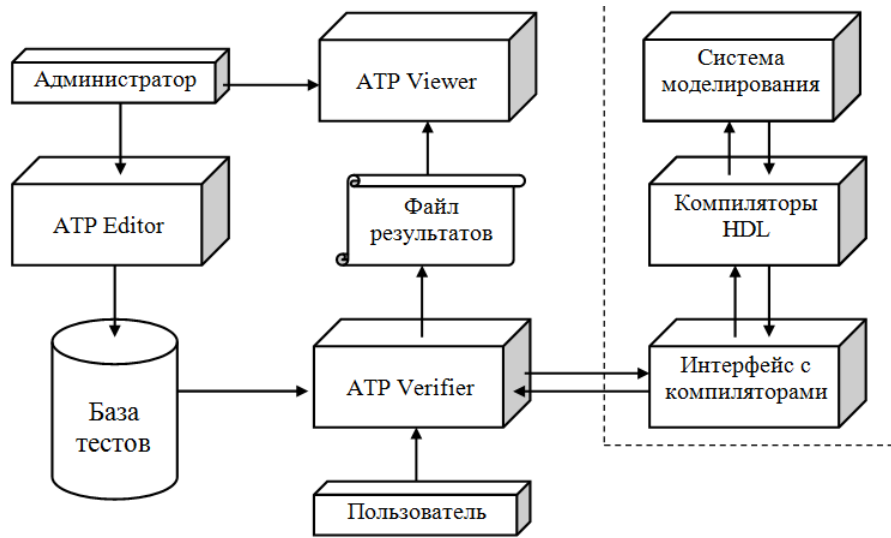
- ❖ Углубленная подготовка и переподготовка специалистов в области FPGA-технологий проектирования и диагностики КС.
- ❖ Освоение и внедрение новых FPGA-технологий проектирования, диагностики и верификации аппаратных средств компьютерных систем (КС) в учебный процесс и научные исследования ДонНТУ.
- ❖ Разработка поведенческих и диагностических HDL- и C-моделей КС, ориентированных на реализацию на FPGA.
- ❖ Разработка FPGA-устройств с использованием встроенных процессоров и IP-ядер.
- ❖ Разработка помехоустойчивых и криптографических устройств на базе FPGA.
- ❖ Поиск неисправностей цифровых устройств по методологии ведомого зонда.
- ❖ Детерминированное, случайное и псевдослучайное тестирование цифровых и аналого-цифровых устройств.
- ❖ Контролепригодное проектирование и самотестирования цифровых устройств, в том числе устройств, построенных на основе FPGA.
- ❖ Разработка контрольно-диагностической аппаратуры и тест-процессоров на FPGA.
- ❖ Разработка методов и средств тестирования и верификации FPGA-устройств на основе внутрисхемного зондирования с использованием технологии граничного сканирования Boundary Scan.

Подготовка специалистов в области FPGA-технологий

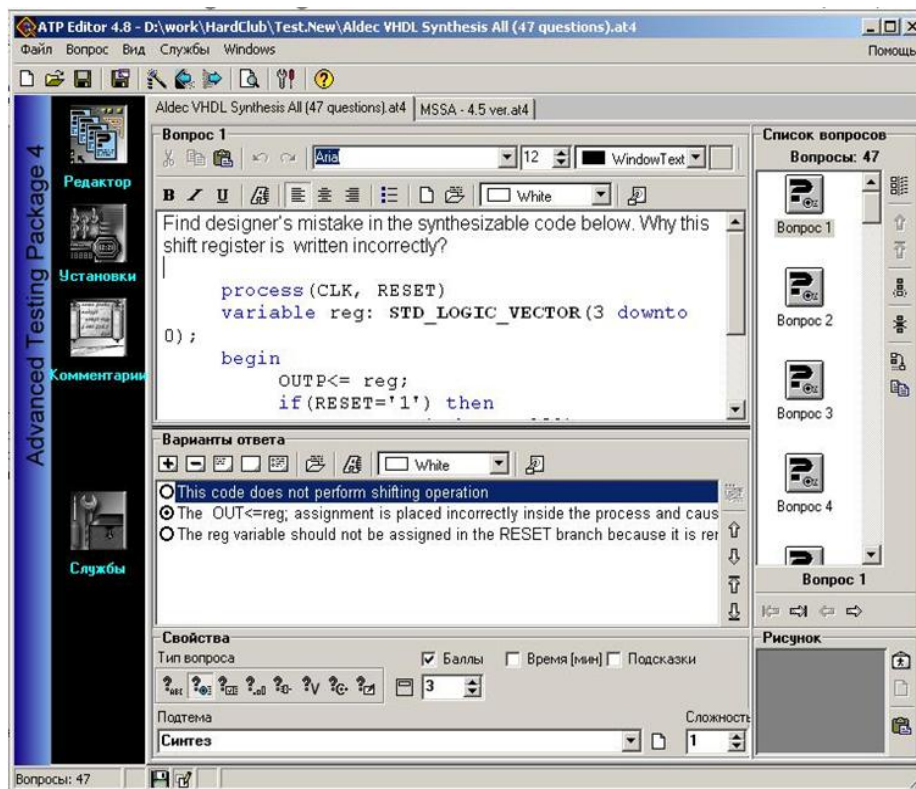
Подготовка специалистов в области FPGA-технологий проектирования и диагностики КС является основной задачей лаборатории. На этом направлении были получены следующие основные результаты.

- ✓ С 2001 по 2005 гг команды от ДонНТУ ежегодно занимали первое место с большим отрывом от других университетов Украины при тестировании знаний в области FPGA-технологий, который проводила фирма ALDEC, Inc, США, на Всеукраинских Олимпиадах.
- ✓ Было подготовлено 42 специалиста по FPGA-технологиям, которые получили 55 грандов на прохождение стажировки в филиалах фирмы ALDEC и «ИТЦ Сименс-Украина». Сейчас эти специалисты работают на предприятиях Украины, России, Польши, Германии, Великобритании, Кипра и США.
- ✓ С 2000 г. кафедра ЭВМ ежегодно получала от фирмы ALDEC новейшие полнофункциональные программно-технические средства и лицензии к ним, в частности на САПР *ACTIVE-HDL*, что позволяло оснащать новейшими системами проектирования компьютеры, подключенные к локальным сетям кафедры, вычислительного центра и студенческого общежития.
- ✓ Успехи ДонНТУ в подготовке специалистов привели к заключению договора о сотрудничестве между ДонНТУ и фирмой ALDEC, который периодически пролонгируется.
- ✓ При спонсорской поддержке фирмы ALDEC с 2003 по 2006 гг. была разработана система тестирования знаний в области FPGA-технологий – *Advance Test Package (ATP)*, отличающаяся от аналогов способностью автоматически проверять ответы не только на традиционные вопросы, но и анализировать ход решения HDL- и C-задач (см. рис. 1) [3-4].
- ✓ Ежегодно, начиная с 2008г, из лучших студентов первого курса специальности «Компьютерные системы и сети» создается группа студентов, которая специализируется на углубленной подготовке в области «FPGA-технологий проектирования и диагностики КС».
- ✓ При спонсорской поддержке фирмы «ИТЦ Сименс-Украина» FPGA-лаборатория оснащена современной компьютерной техникой и специальными FPGA-комплексами от лучших мировых FPGA-производителей США (Xilinx, Altera), которые используются в учебном процессе и научных исследованиях кафедры КИ.

- ✓ С 2010 г. начата переподготовка специалистов по FPGA-технологиям проектирования КС, в феврале этого года были проведены первые такие курсы для ведущих специалистов ГАКХ «Топаз», г. Донецк.



(a)



(б)

Рис. 1 – Структура (а) и главное окно (б) системы тестирования знаний ATP 4.8

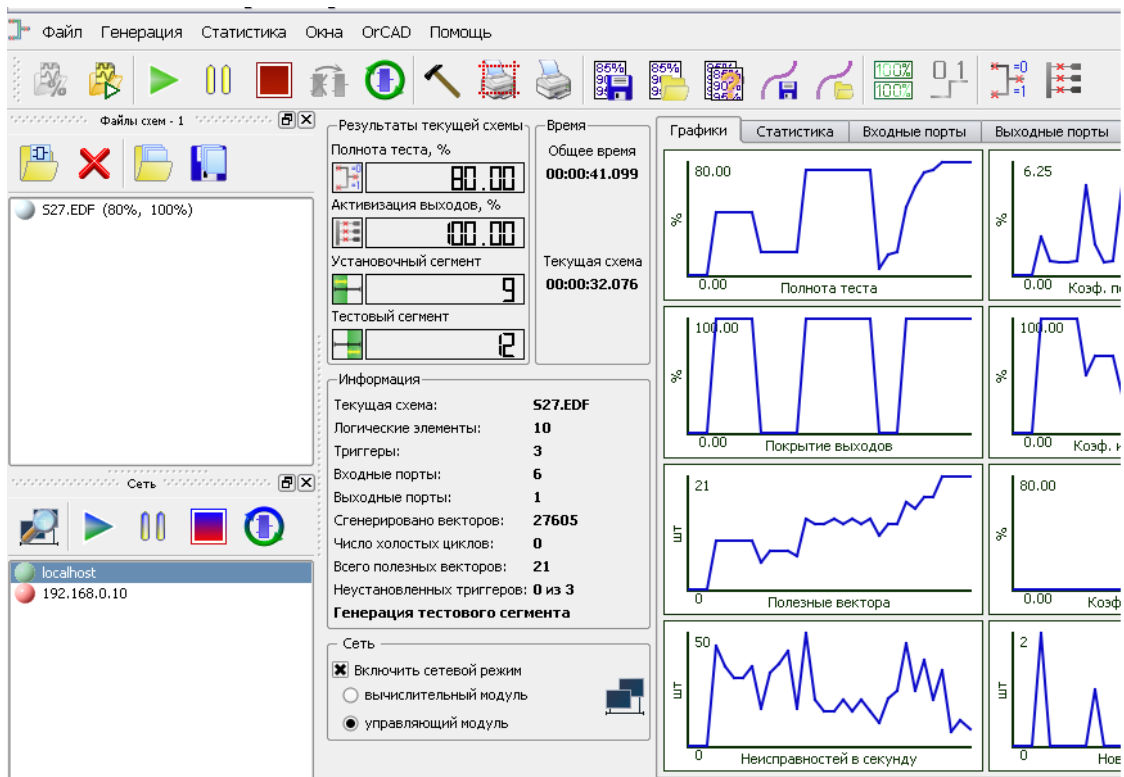


Рис. 2 - Главное окно автоматического генератора адаптивных псевдослучайных тестов

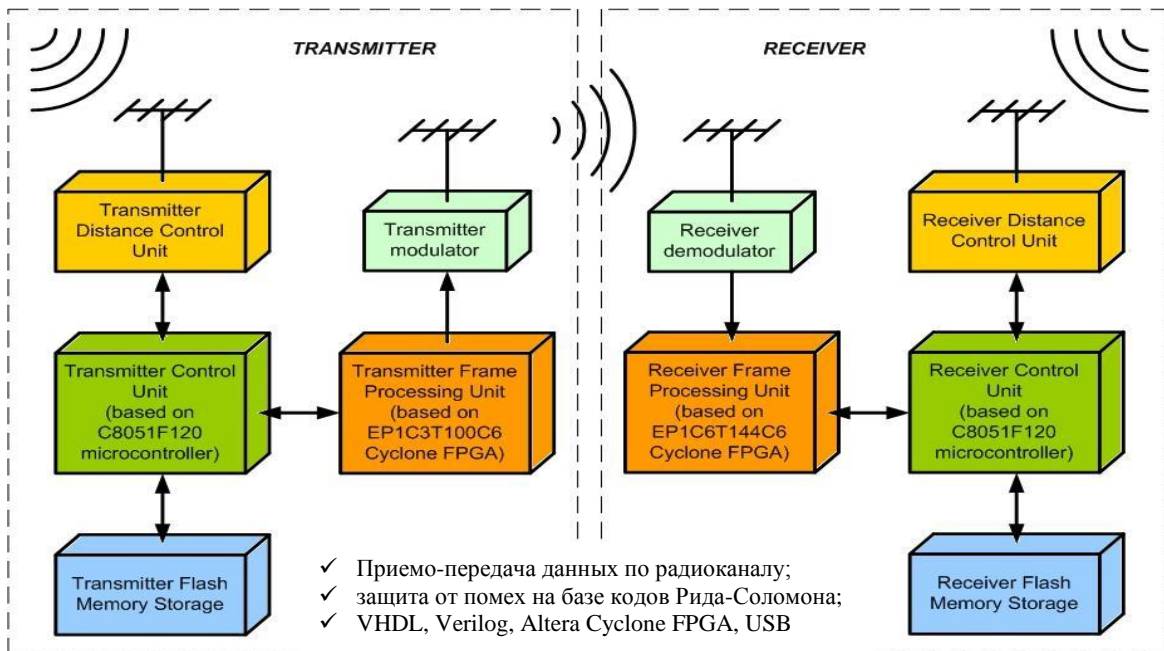


Рис. 3 – Система помехозащищенной радиосвязи на базе FPGA семейства Cyclone фирмы Altera

Современные проекты FPGA-лаборатории [3-7]

Учебная работа FPGA-лаборатории сопровождается выполнением научных исследований и проектов по профилю деятельности лаборатории. За последние годы был успешно выполнен ряд проектов, в результате которых были разработаны следующие программно-технические комплексы и системы:

- ✚ *AGAT* - автоматический генератор адаптивных псевдослучайных тестов цифровых типовых элементов замены и система зондового поиска неисправностей цифровых ТЭЗ (ТЭЗ, рис. 2) [5];
- ✚ Система помехозащищенной радиосвязи на базе FPGA семейства Cyclone фирмы Altera (рис. 3);
- ✚ тест-процессор комплекса зондовой диагностики цифровых ТЭЗ на базе FPGA семейства Cyclone II фирмы Altera (рис. 4);
- ✚ концепт портативной системы зондовой диагностики цифровых ТЭЗ на базе FPGA (рис. 5).

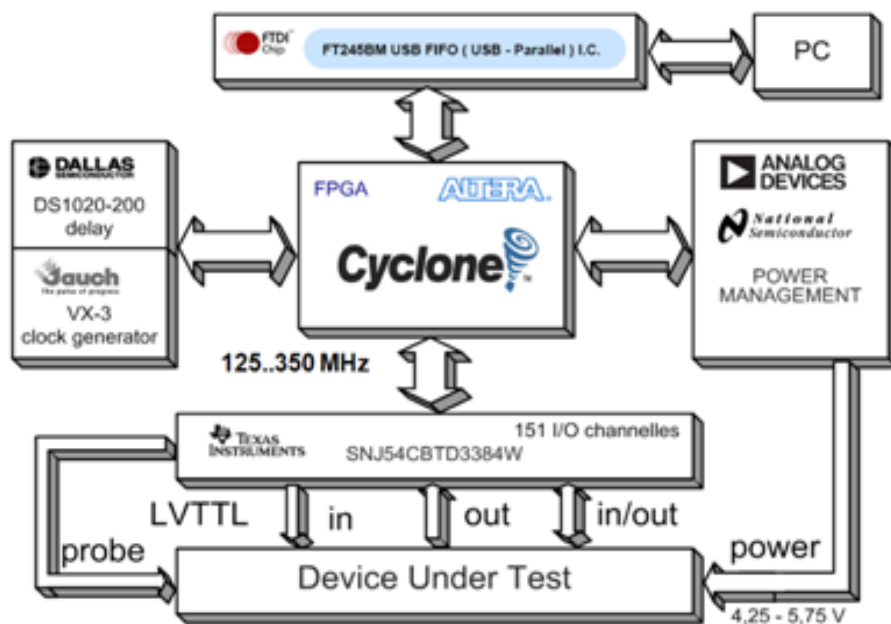


Рис. 4 – Тест-процессор комплекса зондовой диагностики на базе FPGA семейства Cyclone II фирмы Altera

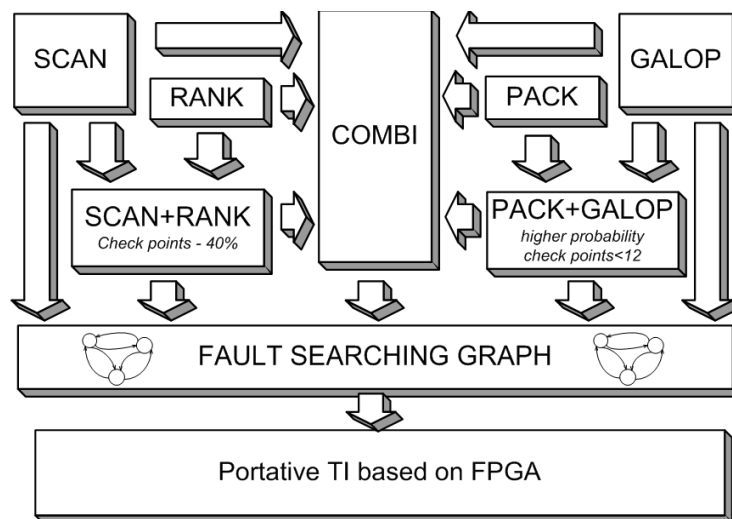


Рис. 5 – Концепт портативной системы зондовой диагностики на базе FPGA

Приведенные разработки характеризуются следующими ключевыми особенностями:

- ✓ использован авторский подход распознавания объекта диагностики (ОД) и адаптивный алгоритм псевдослучайного тестирования, позволяющие повысить полноту тестирования ОД на 10-25% по сравнению с традиционным псевдослучайным тестированием;
- ✓ интеграция собственных подсистем моделирования с САПР мировых производителей;
- ✓ параллельное тестирование одного или группы ОД в локальной сети;
- ✓ авторский подход выявления и устранения сбойных ситуаций в асинхронных триггерных цепях ОД;
- ✓ сочетание традиционного и оптимизированного алгоритмов «обратного прохода» и «галопирования зонда»;
- ✓ обеспечивается близкое к минимальному число перестановок зонда, пропорциональное двоичному логарифму от числа контактов ОД;
- ✓ визуализация процессов тестирования и зондовой диагностики;
- ✓ «многослойная структура» канала ввода-вывода FPGA-тестера, что увеличивает быстродействие передачи тестовых сигналов в 4 раза;
- ✓ накопление и учет статистики неисправностей объектов зондовой диагностики;
- ✓ реализация сложных алгоритмов зондовой диагностики на портативном FPGA-тестере без использования ПК;
- ✓ ранние версии системы диагностики и система помехозащищенной радиосвязи внедрены в крупном сервисном центре по обслуживанию специальной РЭА, где на их основе созданы ремонтные базы данных для 400 цифровых ТЭЗ специализированного радиокомплекса;
- ✓ система тестирования знаний АТР позволяет составлять и проверять VHDL-, Verilog- и C-задачи; она внедрена в университетах Украины и фирме ALDEC, Inc., в 2005 г. система АТР использовалась на Всеукраинской ALDEC-Олимпиаде (по Интернет).

Реквизиты FPGA-лаборатории:

Адрес: 83000, ул. Артема, 58, корп. 4, лаб. 14, г. Донецк, Украина

тел.: +38-062-3010758, *моб.:* +38-050-7540325, *факс:* +38-062-3354589

Сайт: <http://fpga.donntu.edu.ua> , *E-mail:* fpga@donntu.edu.ua , zinchenko@donntu.edu.ua

Литература

1. Зинченко Ю., Дяченко О. и др.. Новые технологии проектирования в ДонГТУ/ Материалы междунар. научно-техн. конф. "Новые информационные технологии в САПР и АСУ". Киев.- 2001.- С 15-19.
2. Зинченко Ю., Мирошников А. и др.. Проектирование диагностического обеспечения на базе FPGA-, HDL- и HES-технологий / Материалы международной научно-технической конференции "International Active-HDL Conference". Харьков: ХНУРЭ.—2001. С 13-24.
3. Зинченко Ю.Е., Корченко А.А., Масюк А.Л. и др.. Автоматизированное решение задач при проведении тестирования / Сб. научных трудов 8-й Международной конференции «ВИРТ-2004» Украинской ассоциации дистанционного образования. – Харьков-Ялта: УАДО, - 2004, 5с.
4. Зинченко Ю.Е., Корченко А.А., Масюк А.Л. FTR-модуль интерактивного тестирования знаний / Сб. научных трудов Международной конференции «ВИРТ-2005» Украинской ассоциации дистанционного образования. – Харьков - Ялта: УАДО, - 2005, 6с.
5. Зинченко Ю.Е., Корченко А.А. Адаптивный подход к генерации псевдослучайных тестов цифровых устройств // Сборник трудов Донецкого государственного технического университета. Серия: «Проблемы моделирования и автоматизации проектирования» (МАП-2011). Выпуск 9 (179). – Донецк: ДонНТУ. – 2011. – С 360-365.
6. Зинченко Ю.Е. Т-модель дискретного устройства и решение диагностических задач на ее основе // Вестник ТРТУ – ДонГТУ. Материалы II Международного семинара «Практика и перспективы институционального партнерства». – Донецк: ДонГТУ, 2001, N 1. С 36 -47.
7. Зинченко Ю.Е. Козинец А.М, Жилин К.Е. Проблемы зондового поиска неисправностей и пути их разрешения // Сборник трудов Донецкого государственного технического университета. Серия: Информатика, кибернетика и вычислительная техника, выпуск 6. - Донецк: ДонГТУ, 1997.- С 212-217.