

ение которой требует от личного состава глубоких знаний и твердых практических навыков при эксплуатации и боевом применении. Использование учебно-тренировочных средств (УТС) позволяет организовать управляемый учебный процесс путем усложнения или упроще-

ния учебных задач, изменения их тематики, многократного повторения условий выполнения задания, организации автоматического контроля за выполнением алгоритмов деятельности обучаемых, отработки действия в штатных и аварийных режимах и т. д. Наряду с этим прин-

ципально новые возможности открыло применение в тренажерах и УТС компьютеров с моделирующими программами, использующими математическую/имитационную модель физических процессов событий и обеспечивающую динамичность построения УТС.

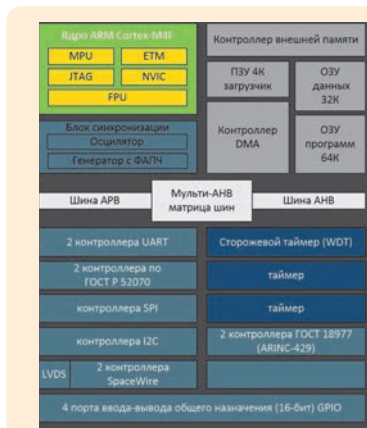
## НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ (НИИС) им. Ю. Е. Седакова

### РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА НА ОТЕЧЕСТВЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ МИКРОПРОЦЕССОРА НА ОСНОВЕ ЯДРА ARM СО ВСТРОЕННЫМИ ИНТЕРФЕЙСАМИ В КОМПАКТНОМ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОМ КОРПУСЕ

Завершена разработка микропроцессора на основе ядра ARM со встроенными интерфейсами в малогабаритном корпусе (далее – микросхемы), предназначенного для применения в аппаратуре телеметрии, космической аппаратуре и других образцах бортовой радиоаппаратуры. Готовится серийное изготовление микросхемы.

Микропроцессор 1914BM024 базируется на 32-разрядном процессорном RISC ядре с архитектурой ARM Cortex-M4F, включает в состав контроллера интерфейсов UART, I2C, SPI, МКИО, GPIO, DMA, блоки ОЗУ программ и данных, а также генератор с ФАПЧ.

Частота тактового сигнала микросхемы 60,0 МГц, номинальное напряжение питания 3,3 В. Микросхема выполнена в компактном металлокерамическом 120-выводном планарном корпусе и работает в диапазоне температур от минус 60 до 85 °С.



Состав и внешний вид интерфейсов микропроцессора на основе ядра ARM 1914BM024

### СОЗДАНИЕ МИКРОСХЕМЫ РЕЗОНАНСНОГО ИНВЕРТОРА 1359EY044

Завершена разработка радиационнотойстойкой интегральной микросхемы, предназначенной для управления

ключами двухтактного полумостового резонансного инвертора, стабилизация в котором осуществляется методом частотной модуляции импульсов управления за счет обратной связи по напряжению. Резо-

Электрические параметры микросхемы

Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение	Норма	
		не менее	не более
Выходное напряжение источника опорного напряжения REF1, В (при $U_n = 24,0$ В; $I_{оп} = 10$ мА)	$U_{оп}$	4,9	5,1
Нестабильность источника опорного напряжения REF1 по входному напряжению, %/В (при $U_{п1} = 16$ В, $U_{п2} = 36$ В)	$K_{Uоп}$	–	0,05
Напряжение внутреннего источника питания драйвера, В (при $U_n = 24,0$ В)	$U_{пдв}$	8	10
Время нарастания импульса выходного напряжения, нс (при $U_n = 36$ В, $F_r = 500$ кГц, $C_H = 3,3$ нФ)	$t_{нар}$	–	150
Время спада импульса выходного напряжения, нс (при $U_n = 36$ В, $F_r = 500$ кГц, $C_H = 3,3$ нФ)	$t_{сп}$	–	120
Остаточное напряжение выходного каскада при втекающем токе, В (при $U_n = 24$ В, $U_{пдв} = 12$ В, $I_{вт} = 100$ мА)	$U_{ост.вт}$	–	0,75
Остаточное напряжение выходного каскада при вытекающем токе, В (при $U_n = 24$ В, $U_{пдв} = 12$ В, $I_{выт} = 50$ мА)	$U_{ост.выт}$	–	0,75
Ток потребления, мА	$I_{пот}$	–	7



Внешний вид микросхемы резонансного инвертора 1359EY044

нансный инвертор предназначен для применения в силовых блоках радиоэлектронной аппаратуры. Готовится серийное производство микросхемы, работающей в диапазоне температур от минус 60 до 100 °С.

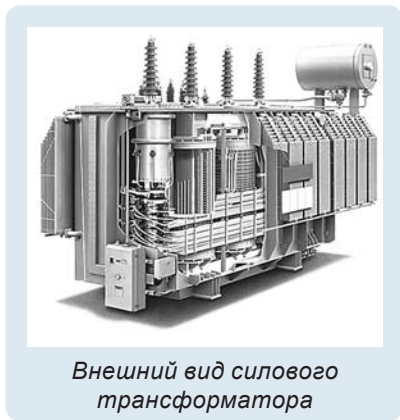
### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ СИЛОВОГО МАСЛЯНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Математическая модель тепловых процессов силового масляного трансформатора разработана в рамках инвестиционного проекта «Создание системы предиктивной диагностики трансформаторного оборудования (СПД-Т)». Объектом моделирования является одно- или трехфазный силовой масляный трансформатор с заданными характеристиками. Модель предназначена для вычисления

температурного поля объекта в масштабе реального времени и передачи результатов в СПД-Т.

Разработанная модель имеет следующие особенности:

- соответствует стандарту МЭК 61131-3, работает на различных платформах – от микроконтроллеров до серверов в облаке, в том числе в виде виртуального ПЛК в среде ОС Linux;
  - выполняет трехмерный расчет поля температур с применением метода конечных разностей в цикле 60–80 мс;
  - рассчитывает средние, минимальные и максимальные температуры элементов с привязкой по координате и времени;
  - обеспечивает точность второго порядка по координате.
- В июле 2022 г. модель про-



Внешний вид силового трансформатора

демонстрирована представителям АО «Электрозавод», АО «РАСУ» и ООО «БО-Энерго», ведутся работы по верификации модели на испытательном стенде АО «Электрозавод». Данная разработка соответствует высоким стандартам РФЯЦ-ВНИИЭФ по научной проработке и технической реализации сложных комплексных задач, обеспечивающих надежность и конкурентоспособность разработок на уровне лучших мировых аналогов.

### СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ АСУ ТП ЭНЕРГОБЛОКОВ № 3 И № 4 АЭС «КУДАНКУЛАМ»

В 2022 г. на полигоне филиала РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИ-ИС им. Ю.Е. Седакова» был успешно проведен первый этап предварительных автономных испытаний системы подготовки данных (СПД) для автоматизированного внесения изменений в прикладное программное обеспечение и эксплуатационную документацию систем верхнего блочного уровня, системы верхнего станционного уровня, систем регистрации важных параметров эксплуатации из состава АСУ ТП энергоблоков № 3 и № 4 АЭС «Куданкулам».

Целью создания СПД является предоставление возможности изменения прикладного программного обеспечения (ППО) и работы с архивами сигналов систем верхнего уровня без привлечения специалистов – разработчиков ППО, находящихся на территории России. СПД позволяет автоматизированно изменять видеокадры, отображающиеся на рабочих станциях, алгоритмы формирования сигналов и перечни входных/выходных сигналов и данных. Также для удобства работы персонала, эксплуатирующего АЭС «Ку-

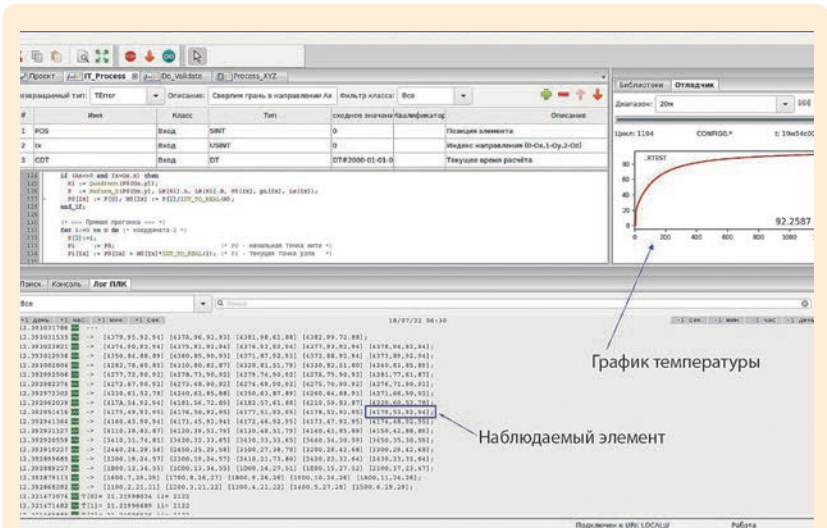


График температуры

Наблюдаемый элемент

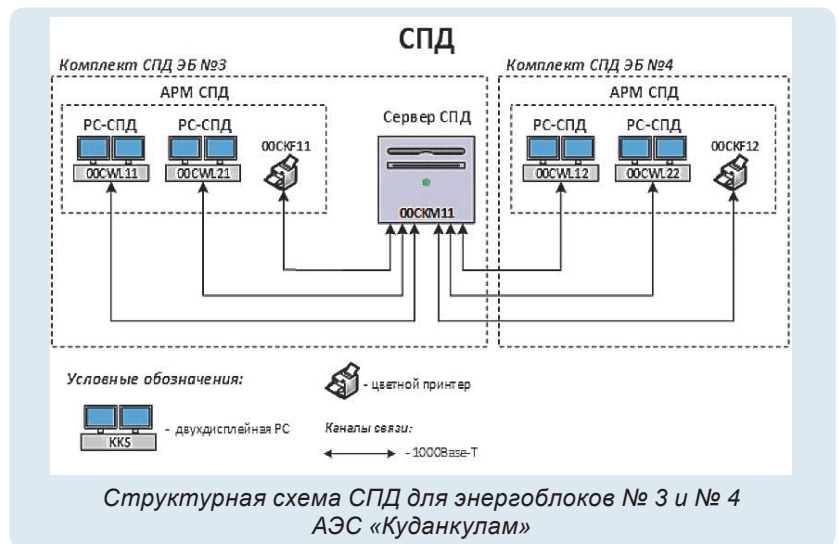
Моделирование тепловых процессов силового трансформатора

данкулам», СПД предоставляет возможность автоматического генерирования альбомов видеокладов, руководств оператора и пользователя, описания применения, массивов входных/выходных сигналов и т. д.

В ходе испытаний было подтверждено соответствие системы требованиям технического задания и проведен независимый аудит по верификации и валидации с представителями комитета IV&V ИКАЭЛ.

### РАДИОПОГЛОЩАЮЩИЙ МАТЕРИАЛ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ РАДИОЗАМЕТНОСТИ ИЗДЕЛИЙ

В НИИИС им. Ю. Е. Седакова более 15 лет ведутся работы в области создания радиопоглощающих материалов. По данной тематике получено 6 патентов и подано 2 заявки на изобретение. В 2022 г. завершены работы по поиску путей снижения радиозаметности летящих объектов. Разработано и запатентовано новое техническое решение, включающее оригинальную конструкцию и способ изготовления таких изделий. Объекты содержат углепластиковый корпус со специальными свойствами и разрушаемую оболочку для взрывчатого вещества. Разработан не имеющий аналогов новый радиопоглощающий материал высокой плотности ( $6,5 \text{ г/см}^3$ ), способный заменить металлические (отражающие ЭМИ) элементы (оболочку) объектов и одновременно обеспечить низкий уровень отражения ЭМИ и необходимые поражающие качества осколков. Объекты, изготовленные по данной технологии, обладают уровнем отражения радиосигнала до 20 раз меньшим по сравнению с металлическими объектами в диапазоне частот 6,5–37,5 ГГц.



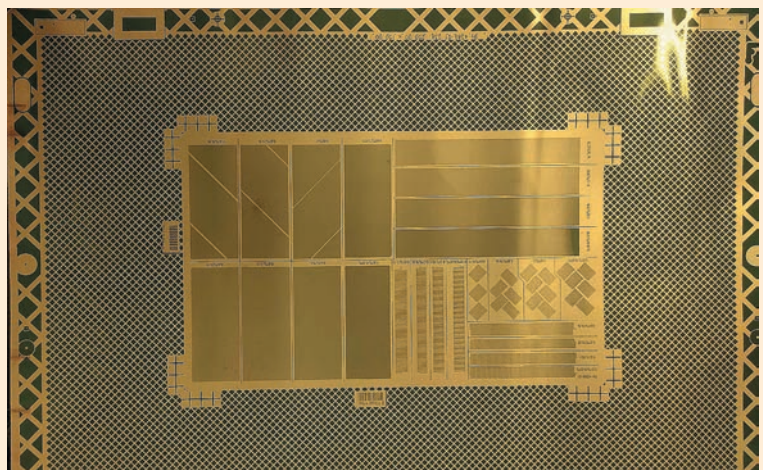
### ПРЯМОЕ ПОЛУЧЕНИЕ РИСУНКА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Уровень развития технологий обеспечивает широкое применение многослойных печатных плат в качестве базовой конструктивной основы современных радиоэлектронных устройств цифровой и аналоговой обработки сигналов. Основная тенденция развития в этой области – увеличение скорости передачи и обработки информации в цифровых устройствах, которое ведет к повышению быстродействия и увеличению плотности проводящего рисунка печатных плат. Для решения указанных задач необходимо освоение

комплекса технологических процессов изготовления прецизионных печатных плат (6–7-й класс точности).

Внедрена технология прямого экспонирования, позволяющая:

- полностью исключить изготовление фотошаблонов с присущими им усадками, наличием дефектов, износом и трудозатратами;
- получить минимальную ширину засвечиваемых линий 25 мкм с точностью  $\pm 2,5 \text{ мкм}$  и рассовмещение рисунков двустороннего слоя (платы) не хуже  $\pm 5 \text{ мкм}$ , что с необходимым запасом обеспечивает изготовление плат вплоть до 7-го класса точности;



Слой тестовой платы 6-го класса точности, полученный прямым экспонированием

– автоматизировать процесс экспонирования плат и слоев, исключив только процессы загрузки и выгрузки заготовок, осуществляемые вручную;

– увеличить габариты заготовок до 505×400 мм.

Максимальная производительность установки – до 240 сторон/ч – позволит изготавливать печатные платы серийно.

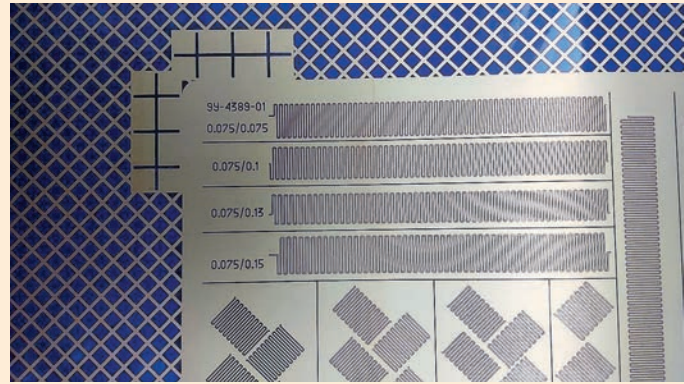
### АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ СОЗДАНИЯ ОБЪЕДИНИ- ТЕЛЬНОЙ ПЛАТЫ АППАРАТНЫХ МОДУЛЕЙ С ЛИНИЯМИ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ СО СКОРОСТЬЮ 25 ГБИТ/С

Завершена работа по анализу вариантов создания объединительной платы аппаратных модулей системы межпроцессорных обменов (СМПО). В рамках работы исследованы характеристики (материалы, конструктивное исполнение, количество линий передач) объединительной платы с линиями передачи сигналов со скоростью 25 Гбит/с для определения реализуемости и целесообразности (с учетом доступных технологий) ее применения в отечественной коммуникационной системе – СМПО. Объединительная плата предназначена для замены части кабельных соединений со смежными адаптерными блоками внутри адаптерной сборки за счет организации связей высокоскоростных каналов, выполненных на печатной плате.

В ходе выполнения НИР исследованы варианты:

- трассировки дифференциальных пар последовательных интерфейсов передачи данных со скоростью 25 Гбит/с;

- размещения высокочастотных разъемов и разъемов питания (мощностью 100 Вт каждый) на плате;

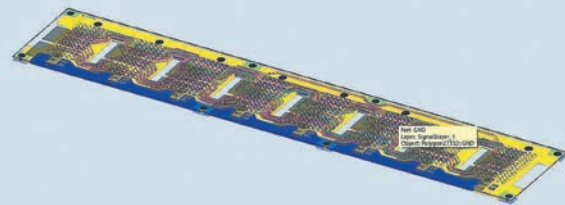


Фрагмент рисунка слоя тестовой платы с шириной проводника 75 мкм

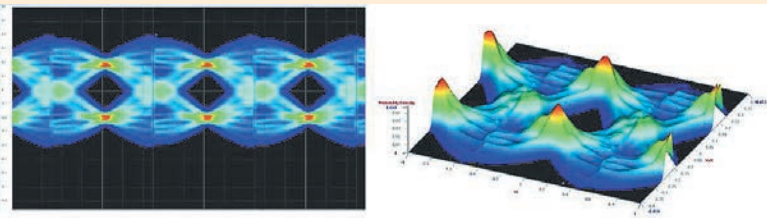
- конструкции платы с учетом окон для потока охлаждающего воздуха.

Спроектированы два варианта многослойных печатных плат с разным стеклом слоев, проведено моделирование высокоскоростных сигналов. Продемонстрирована возможность отказа от дорогостоящих

импортных материалов. Данная разработка печатного узла, обеспечивающая качественное прохождение сигналов со скоростью 25 Гбит/с и спроектированная с учетом обеспечения возможности ее изготовления на мощностях института, станет уникальной российской разработкой.



Спроектированная многослойная печатная плата



Моделирование сигналов

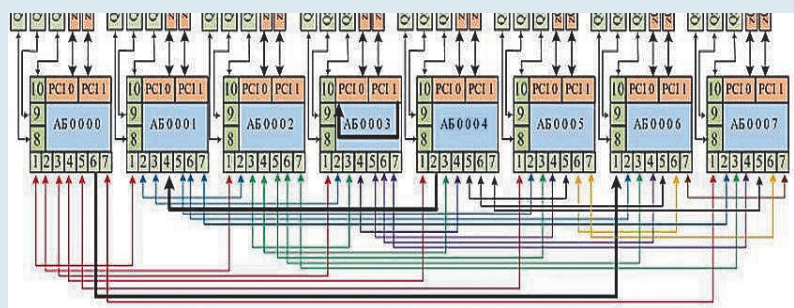


Схема соединения блоков

## ТЕХНОЛОГИЯ «ТОНКОГО КЛИЕНТА» «СИНЕРГИЯ-ТК»

«Синергия-ТК» – программный модуль, работающий в сетях с терминальной архитектурой, который переносит все или большую часть задач по обработке и защите информации на сервер.

Серверная часть модуля «Синергия-ТК» предоставляет среду виртуализации для работы операционных систем и прикладных программ и управляется с помощью комплекса средств управления. На сервере установлены необходимые программы, хранятся данные и выполняются вычисления; это решает задачи консолидации вычислительных ресурсов в рамках многоуровневой защищенной информационной инфраструктуры.

Клиентская часть «Синергия-ТК» представляет собой прикладную программу, которая запускается на терминалах (физических автоматизированных рабочих местах) для решения конкретных задач пользователя.

В программном модуле «Синергия-ТК» реализован комплекс средств защиты, обеспечивающий возможность обработки информации ограниченного доступа, в том числе составляющей государственную тайну.

## КОМПЛЕКС ВИРТУАЛИЗАЦИИ «СИНЕРГИЯ-ГИПЕРВИЗОР»

Комплекс виртуализации «Синергия-Гипервизор» разрабатывается в рамках реализации проекта по созданию комплекса программ в защищенном исполнении «Система полного жизненного цикла изделий "Цифровое предприятие"».

«Синергия-Гипервизор» является движущей силой концепции виртуализации, позволяя физическому хост-компьютеру управлять не-

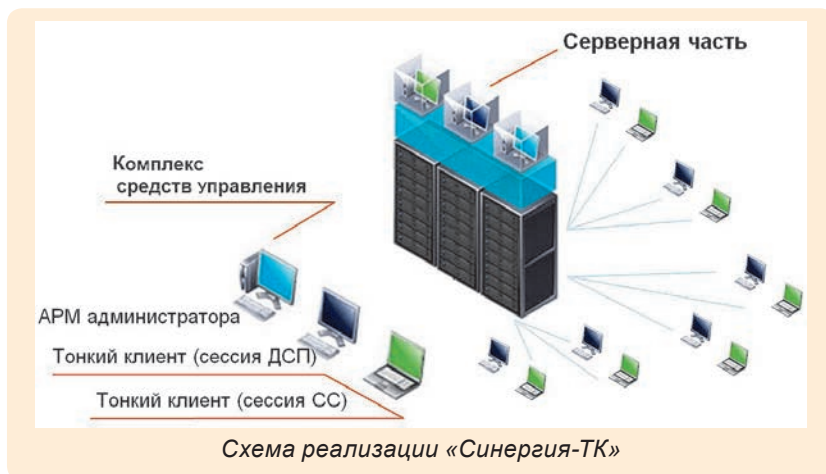


Схема реализации «Синергия-ТК»



Схема реализации «Синергия-Гипервизор»

сколькими виртуальными компьютерами, что помогает максимально эффективно использовать вычислительные ресурсы: память, пропускную способность сети и количество циклов процессора.

Комплекс виртуализации «Синергия-Гипервизор» эффективен для создания защищенных систем автоматизированных распределенных и облачных вычислений, что позволяет обрабатывать информацию ограниченного доступа, в том числе составляющую государственную тайну.

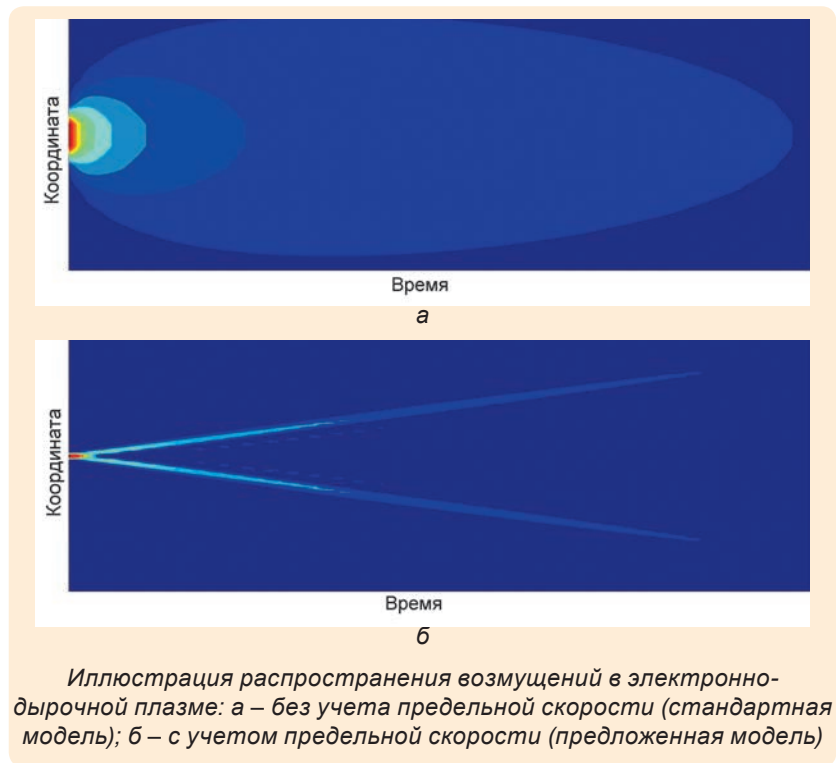
## НОВАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕХОДНЫХ ИОНИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕМЕНТАХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Основной тенденцией развития микроэлектроники является уменьшение топологиче-

ских норм. Это улучшает функциональные характеристики интегральных схем, однако снижает сбоеустойчивость при воздействии тяжелых заряженных частиц космического пространства и атмосферных нейтронов, что является критически важным для космических аппаратов и авиационной техники. Новые физические эффекты, проявляющиеся в элементах субмикронных интегральных схем, в частности баллистический перенос носителей заряда, приводят к росту погрешностей результатов моделирования переходных ионизационных процессов, необходимых для расчета сбоев и отказов изделий микроэлектроники при воздействии ионизирующих излучений. Поэтому актуальной задачей является разработка новых численных моделей переход-

ных ионизационных процессов в полупроводниковых структурах.

По тематике Национального центра физики и математики в НИИИС им. Ю. Е. Седакова разработана диффузионно-дрейфовая модель в локально-неравновесном приближении для анализа релаксации возбуждений в электронно-дырочной плазме при прохождении тяжелых заряженных частиц через чувствительный объем элементов интегральных схем, первичных атомов отдачи при воздействии нейтронных потоков или лазерного излучения пикосекундной длительности, имитирующего их. Предложенная модель имеет широкую область применимости для описания быстропотекающих релаксационных процессов, корректно учитывает баллистический предел скорости носителей заряда, что необходимо для расчета вероятности сбоев и отказов изделий микро- и нанoeлектроники при воздействии ионизирующих излучений.



На рисунках показано распространение возмущений в электронно-дырочной плазме без учета предельной скорости (стандартная модель) и с ее учетом (предложенная модель). Скорость распространения возмущения постоянна на иллюстрации пред-

ложенной модели и стремится к бесконечности в начальный момент времени, что нефизично и демонстрирует недостаточную точность на иллюстрации стандартной модели.