



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ПУЛЬСАР»

«ПУЛЬСАР — 2017»

**ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА.
СЛОЖНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ
БЛОКИ РЭА**

МАТЕРИАЛЫ XV НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

27–29 СЕНТЯБРЯ 2017
МОСКВА-ДУБНА

МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ;
ГК «РОССИЙСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»;
АО «РОССИЙСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»;
АКАДЕМИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК ИМЕНИ А.М. ПРОХОРОВА;
АО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ПУЛЬСАР»;
ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ
ИМЕНИ В.А. КОТЕЛЬНИКОВА РАН;
ФИНАНСОВЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РФ;
МОСКОВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МИРЭА);
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»;
ИНСТИТУТ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОЙ
ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ РАН

**ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА.
СЛОЖНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ
БЛОКИ РЭА**

*Материалы
XV научно-технической конференции*

**27-29 сентября 2017 г.
г. Москва — Дубна**

УДК 621.38:621.3.049.77:621.382.049.77
ББК 32.85+32.852
ISBN 978-5-9907327-0-4

ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА.
СЛОЖНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ БЛОКИ РЭА:
Материалы научно-технической конференции. –
М.: АО «НПП «Пульсар», 2017. – 350 с.

Сборник составлен по материалам докладов XV Всероссийской научно-технической конференции «Твердотельная электроника. Сложные функциональные блоки РЭА» (27-29 сентября 2017 г., Москва — Дубна).

Материалы даны в авторской редакции.

Ответственные за выпуск: Ю.В. Колковский, В.Ф. Синкевич,
А.А. Шаповалов, В.М. Миннебаев, Е.В. Каевицер, А.О. Миннебаева

Подписано в печать 14.09.2017
Формат 60x84^{1/16}. Бумага офсетная № 1 – 80 гр.
Печ. л. – 13,38
Тираж 300 экз. Заказ № 59

Отпечатано в типографии АО «НПП «Пульсар»
г. Москва, Окружной проезд, д. 27

© АО «НПП «ПУЛЬСАР», 2017 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА ИСПОЛЬЗУЕМОЙ СГЛАЖИВАЮЩЕЙ ПРОЦЕДУРЫ НА СКОРОСТЬ СХОДИМОСТИ И ВРЕМЯ СЧЕТА АЛГЕБРАИЧЕСКОГО МНОГОСЕТОЧНОГО МЕТОДА

Г.З. Гарбер, А.М. Зубков, К.А. Иванов
АО «НПП «Пульсар», г. Москва

В работе представлены результаты исследования различных типов сглаживающей процедуры при расчете поля температур в трехмерной области пространства.

Все итерационные алгебраические методы делятся на одноуровневые (односеточные) и многосеточные. К односеточным методам относятся:

- метод Якоби и его модификации;
- методы расщепления по координатным направлениям;
- методы сопряженных градиентов.

Одноуровневый итерационный метод имеет хорошую сходимость с высокочастотными компонентами в разложении вектора ошибки и имеет плохую сходимость с плавными низкочастотными компонентами в разложении ошибки. Многосеточный метод использует эту особенность для ускорения скорости сходимости.

Многосеточный метод, строящий вспомогательные задачи на грубых сетках, как и сами грубые сетки, без участия пользователя компьютерной программы называется алгебраическим многосеточным. Некоторые детали реализации алгебраического многосеточного метода описаны в [1],[2],[3]. Обычный одноуровневый итерационный метод в терминах многосеточной технологии называется сглаживателем. Сглаживатель - это один из компонентов многосеточного метода.

Рассмотрим принцип работы многосеточного алгоритма на примере двух сеток: подробной и грубой.

После небольшого числа итераций одноуровневого метода вектор невязки становится гладким и его можно эффективно аппроксимировать на более грубой сетке. Грубая сетка может быть получена удалением каждой второй сеточной линии в подробной сетке. Решение вспомогательной системы на грубой сетке переводит плавные (медленно сходящиеся) компоненты вектора ошибки начального приближения в разряд быстроосциллирующих и эффективно подавляемых одноуровневым итерационным методом.

В работе протестированы разные сглаживатели и исследованы полученные в результате тестирования: скорость сходимости и быстродействие многосеточного метода. Рассмотрены следующие методы

сглаживания: взвешенный метод Якоби, метод Рунге – Кутты 3-го и 5-го порядков и их C-F версии.

Зависимость скорости сходимости алгебраического многосеточного метода от типа используемой сглаживающей процедуры представлена на Рис.1.

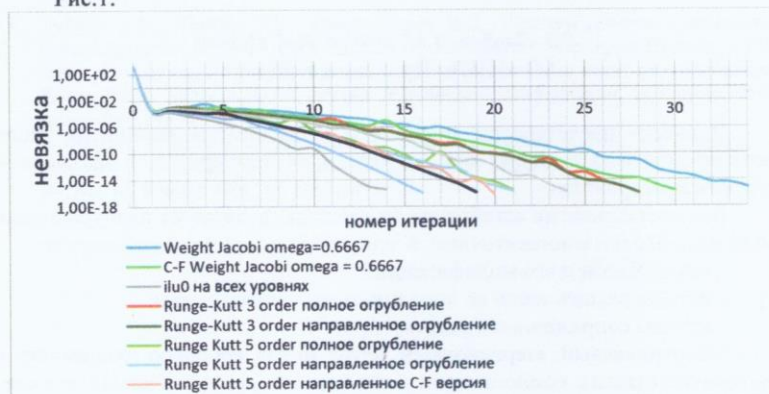


Рис. 1. Зависимость скорости сходимости алгебраического многосеточного метода от типа используемой сглаживающей процедуры

Наибольшую скорость расчёта продемонстрировала C-F версия взвешенного метода Якоби. Сходимость достигается за 30 итераций алгоритма. C-F версия взвешенного метода Якоби сокращает число циклов, требующихся для достижения сходимости, на 11% по сравнению версий взвешенного метода Якоби без специального порядка обхода узлов сетки. Это подтверждает полезность C-F упорядочивания узлов в итерационном процессе и аналогичных ему.

Различные реализованные сглаживающие процедуры дают возможность настраивать скорость расчёта и стабильность (скорость) сходимости во время решения задач по нахождению поля температур в трёхмерных областях.

1. К.А. Иванов. Однопоточная реализация многосеточного метода с magic интерполяцией. Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы. Выпуск 1 (240) 2016, с. 19-36.
2. HSL_MI20: an efficient AMG preconditioner. J. Boyle, M.D. Mihajlovich and J.A. Scott, December 2007
3. Методы ускорения газодинамических расчётов на неструктурированных сетках. Под редакцией проф. В.Н. Емельянова, М. ФИЗМАТЛИТ, 2014
4. Библиотека на языке FORTRAN. SPARSKIT 2. Y.Saad/ Итерационные методы для разреженных линейных систем, Ю.Саад, М. МГУ 2013 в переводе Х.Д. Икрамова