

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В. Н. КАРАЗІНА

**МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ
ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ CUDA**

Монографія

Харків – 2017

Рецензенти:

В. О. Міщенко – д.т.н., доцент, професор кафедри моделювання систем і технологій ХНУ імені В. Н. Каразіна;

О. Г. Толстолузька – д.т.н., с.н.с., професор кафедри теоретичної та прикладної системотехніки ХНУ імені В. Н. Каразіна;

І. Г. Марченко – д.ф.-м.н., професор, провідний науковий співробітник ННЦ ХФТІ.

*Затверджено до друку рішенням Вченої ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 6 від 24.04.2017 р.)*

М 74 **Моделювання** фізичних процесів із використанням технології CUDA :
монографія / І. В. Гущин, В. М. Куклін, О. В. Мішин, О. В. Приймак. – Х. : ХНУ
імені В. Н. Каразіна, 2017. – 116 с.
ISBN 978-966-285-420-6

Представлені результати моделювання явищ виникнення хвиль аномально великої амплітуди внаслідок розвитку модуляційної нестійкості. Вивчено характер зверхвипромінення електронних згустків, що рухаються в плазмі. Розроблено модель динаміки конвективного шару і структурно-фазових переходів, що виникають у ньому. Розглянуто особливості застосування технології CUDA для моделювання складних фізичних процесів. Обговорюються методи опису і підходи для представлення даних.

Видання призначене для фахівців у сфері моделювання фізичних явищ і студентів старших курсів природничо-наукових і комп'ютерних факультетів університетів.

УДК 519.6, 004.272

ISBN 978-966-285-420-6

© Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2017

© Гущин І. В., Куклін В. М., Мішин О. В., Приймак О. В., 2017

© Дончик І. М., макет обкладинки, 2017

ЗМІСТ

Від авторів	5
Розділ 1. Верифікація S-теорії модуляційних нестійкостей хвильового поля з використанням технології CUDA	7
1.1. Проблеми опису нестійкості інтенсивних хвильових полів у предметній області.....	7
1.2. Математичні моделі опису модуляційних нестійкостей хвильового поля.....	7
1.3. Застосування технології CUDA для опису процесів модуляційної нестійкості	13
1.4. Результати моделювання.....	16
Висновки.....	23
Розділ 2. Моделювання руху згустку електронів у плазмі з використанням технології CUDA	24
2.1. Актуальність задачі в предметній області	24
2.2. Розробка математичної моделі процесу. Кільватерне поле окремої частинки	26
2.3. Формалізація математичної моделі процесу	29
2.4. Умови застосовності опису	30
2.5. Застосування технології CUDA для моделювання процесу	32
2.6. Результати моделювання: випромінювання згустку малої щільності за рахунок розвитку дисипативної нестійкості	36
2.7. Результати моделювання: випромінювання згустку великої щільності за рахунок розвитку дисипативної нестійкості	38
Висновки.....	42
Розділ 3. Моделювання структурно-фазових переходів у тонких конвективно нестійких шарах рідини і газу з використанням технології CUDA	44
3.1. Актуальність проблеми в предметній області.....	44
3.2. Опис моделі	46
3.3. Особливості застосування технології CUDA для опису процесу конвекції.....	48
3.4. Результати чисельного моделювання	52
Висновки.....	58

Розділ 4. Основи використання обчислювальної технології CUDA.....	60
4.1. Використання GPU	
для обчислень загального призначення	60
4.2. Вступ до CUDA.....	61
4.3. Модель програмування CUDA	62
4.4. Версії обчислювальних можливостей CUDA та CUDA Toolkit	64
Висновки.....	66
Розділ 5. Навчальні приклади використання CUDA.....	67
5.1. Два основні застосування CUDA	67
5.2. Створення власних функцій.....	67
5.3. Виклик власних функцій.....	69
5.4. Виклик бібліотечних функцій.....	71
5.5. Динамічний паралелізм	71
5.6. Уніфікована віртуальна пам'ять.....	72
5.7. Використання кількох GPU для обчислень	73
5.8. Атомарні операції	73
5.9. Багатовимірні сітки і блоки	74
5.10. Точність обчислень на CUDA.....	75
5.11. Оптимізація обчислень на CUDA.....	75
Висновки.....	77
Розділ 6. Розробка паралельних алгоритмів для задачі Коші	78
6.1. Можливість розпаралелювання обчислень на рівні даних	78
6.2. Розпаралелювання обчислень з урахуванням особливостей задачі Коші	79
6.3. Реалізація явного методу Ейлера на CUDA	82
6.4. Поліпшення алгоритму явного методу Ейлера на CUDA шляхом об'єднання сіток потоків.....	83
6.5. Реалізація явного методу Рунге–Кутти на CUDA.....	84
Висновки.....	86
Список літератури.....	88
Додатки	96