

ОТЗЫВ

об автореферате диссертации Лисицы Вадима Викторовича
«Численные методы и алгоритмы расчета волновых сейсмических полей в
средах с локальными осложняющими факторами»,
представленной на соискание учёной степени доктора физико-математических
наук по специальности 05.13.18 — математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ

При конечно-разностной дискретизации дифференциальных уравнений одна из основных подзадач — усреднение коэффициентов уравнения. При неудачном усреднении конечно-разностная схема может плохо аппроксимировать дифференциальное уравнение, что приводит к получению физически неестественного приближённого «решения». В случае близких мне электрических и электромагнитных геофизических задач были разработаны специальные аккуратные методы вычисления сеточной электропроводности. Если их не применять, а наивно вычислять средние арифметические значения в рамках сеточной ячейки, то, особенно при высокой контрастности, можно получить в схеме значительный ток, текущий через хорошо изолирующий слой, чего быть не должно.

Диссертационная работа В. В. Лисицы посвящена разработке численных методов моделирования сейсмических волновых процессов. Особенности работы являются отсутствие необходимости усреднения, а также рассмотрение и дискретизация в данном куске среды того дифференциального уравнения, которое минимально необходимо для описания поля именно в этом куске. Имеется в виду, что разные куски среды имеют разные физические свойства, такие как анизотропия (влечёт расширение шаблона сетки), вязкоупругость (влечёт потерю оператором симметричности), повышенная трещиноватость (порождающая интенсивное рассеяние), и незачем усложнять вычисления, обсчитывая не имеющие место свойства. Естественно, при таком подходе жизненно необходимо правильно оформлять стыки этих кусков среды. Для решения поставленных в работе задач В. В. Лисица разработал методы измельчения сеток для конечно-разностных схем, комбинирования разных конечно-разностных схем и комбинирования разрывного метода Галёркина с методом конечных разностей. В основе всех предложенных диссертантом комбинированных методов лежит приближённая минимизация коэффициентов сеточных отражений от границ раздела разных подсеток. Этот оригинальный способ комбинирования разных численных схем для решения линейных гиперболических уравнений оказался эффективным; он естественен в свете того, что ложные отражения от интерфейсов — основное визуальное отражение вычислительных ошибок, связанных с совместным использованием разных численных методов и/или подсеток в таких задачах.

Диссертация, помимо введения, содержит четыре главы.

В первой главе разрабатываются и/или исследуются конечно-разностные схемы, основанные на локальном пространственном и/или временном измельчении шагов сетки. В частности, обсуждаются спектральные критерии и способы обеспечения устойчивости схем. Глава завершается описанием результатов численных экспериментов.

Отличительной особенностью второй главы является учёт возможной анизотропии включений, что влечёт усложнение схем. Численно определяется порядок сходимости. На границе расчётной области ставятся поглощающие конечно-разностные граничные условия с помощью варианта PML. Эта глава также завершается описанием результатов численных экспериментов.

В третьей главе к условиям добавляется наличие поглощения, что усложняет задачу и-за потери оператором симметричности. Рассматриваются только трансверсально изотропные среды. Приведена методика подбора параметров адаптивной декомпозиции расчётной области.

В четвёртой главе рассматриваются среды со сложными границами раздела. В аналогичных электромагнитных задачах с прямоугольными сетками приходится определять главное направление тензора электропроводности и делать прямое вращение до усреднения и обратное после усреднения. Диссертанту удалось этого избежать благодаря подстраиванию его сеток под границы раздела однородных кусков, в результате чего в каждой ячейке физические параметры постоянны. Платой за это является необходимость аккуратного оформления стыков кусков среды путём комбинирования разрывного метода Галёркина с методом конечных разностей, что диссертант и проделал.

В работе рассмотрены основные осложняющие вычисления факторы: скопления мелкомасштабных неоднородностей, анизотропия, вязкоупругие среды, рельеф земной поверхности. Представленные результаты свидетельствуют о том, что диссертант справился с этими осложняющими факторами, что актуально для сейсмического моделирования и обработки сейсмических данных.

Диссертант успешно проиллюстрировал математические утверждения результатами численных экспериментов, так что нет сомнения в том, что алгоритмы, сформулированные в диссертации, могут использоваться при решении практических сейсмических задач.

Основные результаты диссертации доложены на международных конференциях, а также должным образом опубликованы в большом количестве статей.

При чтении автореферата у меня возникли следующие вопросы и замечания.

- На каких компьютерах были проведены численные эксперименты? В случаях распараллеливания что можно сказать о его качестве?
- Вероятно, упомянутая в автореферате спектральная фильтрация является некорректной (в позитивном смысле) задачей. Если это так, то какая регуляризация применялась и сколько значащих цифр терялось из-за некорректности?
- Какого рода анизотропия предполагается в четвёртой главе? В двух предыдущих главах рассмотрены разные степени анизотропности.
- В автореферате имеется несколько технических описок, список которых послан диссертанту напрямую.

Перечисленные замечания не носят принципиального характера и не снижают впечатления от автореферата. Я не сомневаюсь в высокой научной и практической значимости полученных диссертантом результатов.

Насколько я могу судить по автореферату, рассматриваемая диссертация является законченным научным исследованием, посвящённым актуальной вычислительно-математической проблеме разработке численных методов моделирования волновых процессов в сложных геологических средах. Я считаю, что работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а Лисица Вадим Викторович заслуживает присуждения ему учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Доктор физико-математических наук,
начальник отдела развития технологий
математического моделирования
АО «Центральная геофизическая экспедиция»
123298, г. Москва, ул. Народного Ополчения,
д. 38, корп. 3
Телефон: +7 (499) 192-80-80, доб. 7114
E-mail: lknizhnerman@gmail.com

Книжнерман Леонид Аронович

31 января 2018 г.

Даю своё согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, их дальнейшую обработку и передачу в соответствии с требованиями Минобрнауки России.

Книжнерман Леонид Аронович

31 января 2018 г.

Подлинность подписи Л. А. Книжнермана удостоверяю.
Директор по работе с персоналом

 И. И. Кокоткина/