Технологии сейсморазведки, № 4, 2016, с. 100–101 **http://ts.sbras.ru**

doi: 10.18303/1813-4254-2016-4-100-101

РЕЦЕНЗИЯ НА МОНОГРАФИЮ В.М. БАБИЧ, А.П. КИСЕЛЕВА “УПРУГИЕ ВОЛНЫ. ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ТЕОРИЯ”

Василий Михайлович Бабич – заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор, доктор физико-математических наук, лауреат большого количества премий, например, премии В.А. Фока и др. Алексей Прохорович Киселев – профессор, доктор физико-математических наук. Авторы монографии признаны специалистами мирового уровня по использованию асимптотических методов в теории упругих волн. Теория линейных высокочастотных упругих волн актуальна в настоящее время, поэтому издание фундаментальной работы на эту тему является значимым событием в области геофизики. Книга безусловно будет востребована специалистами, которые занимаются теорией распространения сейсмических волн в сложных средах и задачами моделирования сейсмических волновых процессов. Монография была опубликована в 2014 г. в издательстве “БВХ-Петербург”. Журнал “Технологии сейсморазведки” публикует фрагмент текста.

“Книга является руководством по современной теории высокочастотных упругих волн. Эта теория, с одной стороны, важна для сейсмики, акустики и других приложений, с другой – тесно связана с современными асимптотическими методами математической физики, римановой и финслеровой геометриями, вариационным и тензорным исчислениями, функциональным анализом. Теорию линейных высокочастотных упругих волн сейчас можно считать более или менее завершенной, поэтому систематическое изложение ее основ представляется нам своевременным <...>

Изложение во многом базируется на оригинальных работах авторов. Оно имеет две особенности. Это, во-первых, введение в качестве фундаментального понятия локально-плоских волн. Во-вторых, это систематическое использование вариационных соображений <...>

Охарактеризуем содержание глав книги.

Первая глава посвящена введению в классическую линейную эластодинамику. Вывод уравнений и граничных условий базируется на естественном предположении, что любой объем внутри упругой среды можно рассматривать как механическую систему, к которой применим принцип Гамильтона.

Во второй главе мы переходим к простейшим и вместе с тем важнейшим волновым решениям – плоским волнам.

Первая часть главы посвящена объемным плоским волнам в однородных средах. Излагается классическая в сущности теория плоских волн в изотропной и анизотропной средах, вводятся понятия волнового вектора, фазовой и групповой скоростей. Изучение плоских волн дает толчок к введению для неоднородной среды понятия локальной скорости, позволяющего четко сформулировать теоремы об области влияния и теоремы единственности. Теоремы эти доказаны для общей анизотропной среды с компактными включениями в предположении некоторой гладкости решения. Далее изучается отражение–преломление и так называемый обмен (конверсия) на простейшей границе упругого тела – свободной границе изотропного полупространства. Приводится решение задачи о падении на такую границу нестационарной волны произвольной формы, требующее в случае полного внутреннего отражения рассмотрения сопряженных гармонических функций.

Во второй части главы изучаются плоские поверхностные волны. После изложения теории классических волн Рэлея и Лява рассматриваются волны в слоистых изотропных и анизотропных средах. Устанавливается ряд существенных фактов о плоских поверхностных волнах в слоистой среде, в частности, теорема о групповой скорости. Глава заканчивается вариационным доказательством существования волны Рэлея в однородном анизотропном полупространстве.

Основное место в главе 3 занимают вопросы, связанные с полями точечных источников в безграничной изотропной среде. Сначала напоминаются простейшие сведения из теории обобщенных функций. Дальше по отдельности рассматриваются гармонические и нестационарные источники... Отмечено, что поля точечных источников в дальней зоне напоминают плоские волны, но имеют аномалии поляризации. Такие аномалии в дальнейшем систематически исследуются в рамках лучевого метода. Приведены различные варианты теорем единственности для волн, уходящих на бесконечность. В случае общей анизотропии доказана теорема о принципе предельного поглощения, выделяющем уходящее решение для среды с затуханием <...>

Глава 4 является основой высокочастотной теории. В ней подробно излагаются классические результаты лучевого метода для изотропной среды. Теория уравнения эйконала (или, по принятой в сейсмике терминологии, кинематика) строится на классической вариационной основе. Кратко намечена теория комплексного эйконала. Вводится фундаментальное понятие *локальной плоской волны*. Это понятие дает возможность смотреть на распространение волны как на быстрый процесс, описываемый локальной плоской волной, характеристики которой (такие, как вектор скорости, фаза, амплитуда) меняются относительно медленно. Для плотности энергии локальной плоской волны выводится уравнение Умова, которое можно интерпретировать как уравнение неразрывности *энергетической жидкости*. Классическая теория этого уравнения позволяет найти главные приближения для интенсивностей волн *P* и *S*. Они содержат “произвольные” множители, т. н. *дифракционные коэффициенты*. Чтобы определить их, требуется дополнительная информация о, как говорят в сейсмике, динамике волнового процесса. Рассмотрены высшие приближения. В частности, выписаны формулы для аномально поляризованных составляющих. Коротко рассмотрена задача об отражении поля, заданного лучевым разложением, от криволинейной свободной границы. Формулы лучевого метода проинтерпретированы в терминах римановой геометрии, азы которой изложены тут же. В конце главы выведены явные выражения для геометрического расхождения, необходимые при вычислении амплитуд <...>

Глава 5 обобщает лучевой метод для объемных волн на неоднородную анизотропную среду. Здесь, в отличие от главы 4, уравнение эйконала (кинематика) изучается на основе теории характеристик. Высшие приближения рассмотрены в предположении, что локальная плоская волны невырождена. Продемонстрировано, что в анизотропном случае существенную роль играет финслерова геометрия.

Глава 6 посвящена вычислению дифракционных коэффициентов для точечных источников. Показано, как с помощью элементарных соображений локальности найти главные (по принятой терминологии – нулевые) приближения для любого точечного источника в плавно-неоднородной изотропной среде. Решены непростые задачи о нахождении в такой среде волны *S* от центра расширения и волны *P* от центра вращения. Для этого привлечена техника погранслоя.

Глава 7 посвящена лучевому описанию наделавшей в начале 1980-х годов много шума "нелучевой" *S**-волны. Она связана с эффектом полного внутреннего отражения и возникает в закритической области от близкого к границе раздела точечного источника, который возбуждает волны *P*. Авторам удалось получить выражение для волны *S** в рамках лучевого метода с использованием трюка, основанного на теореме взаимности.

В последней, *8 главе*, построены лучевые формулы для рэлеевской волны, распространяющейся вдоль гладкой поверхности анизотропного неоднородного тела. Выведен соответствующий аналог уравнения Умова. Его анализ позволяет найти интенсивность волны Рэлея в первом приближении. Получено явное выражение для возникающего в процессе распространения приращения фазы, называемого теперь фазой Берри. Рассмотрен частный случай изотропного неоднородного тела, когда формулы, оставаясь чрезвычайно громоздкими, допускают большие упрощения <...> Книгу завершает небольшое приложение, содержащее сведения из геометрии поверхностей и тензорного анализа, которые необходимы для понимания последней главы."

Профессор, доктор физико-математических наук
Б.М. Каштан,
профессор, доктор физико-математических наук
В.Н. Троян