

данными: кривой энерговыделения [6] и световыми кривыми, построенными по разным видеозаписям [7,8].

Литература

1. Opik E.J. *Physics of meteor flight in the atmosphere*. New York, Interscience Publishers Inc., 1958. 174 p.
2. Григорян С.С. *Движение и разрушение метеоритов в планетных атмосферах* Космич. исслед. 1979. Т. 17. № 6. С. 875-893.
3. Melosh H.J. *Atmospheric breakup of terrestrial impactors* Proc. Lunar Planet. Sci., 12A.1981. P. 29-35.
4. Hills J.G., Goda M.P. *The fragmentation of small asteroids in the atmosphere* Astronomical J. 1993. Vol. 105. No 3. P. 1114-1144.
5. Бронштэн В.А. *Физика метеорных явлений*. М.: Наука, 1981. 416 с.
6. Brown P.G., Assink J.D., Astiz L., et al. *A 500-kiloton airburst over Chelyabinsk and an enhanced hazard from small impactors*
7. Borovicka J., Spurny P., Brown P., et al. *The trajectory, structure and origin of the Chelyabinsk asteroidal impactor*. Nature. 2013. Vol. 503. P. 235-237.
8. Попова О.П., Дженнискенс П., Глазачев Д.О. *Фрагментация Челябинского метеороида. Динамические процессы в геосферах*. Сборник научных трудов ИДГ РАН. Вып. 5. Геофизические эффекты падения Челябинского метеороида. М.: ГЕОС, 2014. С. 59-78.

Моделирование волновой динамики стратифицированных сред

¹В. В. Булатов, ²Ю. В. Владимиров

Институт проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН

¹internalwave@mail.ru

²vladimyura@yandex.ru

Доклад посвящен изложению фундаментальных проблемам математического моделирования волновой динамики природных стратифицированных сред (океан, атмосфера). В докладе представлены основные математические модели, описывающие процессы возбуждения и распространения внутренних и поверхностных гравитационных волн в стратифицированных по вертикали, неоднородных по горизонтали и нестационарных средах, изложены асимптотические методы, являющихся обобщением пространственно временного лучевого метода (метода геометрической оптики, метода ВКБ). Внутренние и поверхностные гравитационные волны изучаются уже достаточно давно, и по данной тематике опубликовано значительное число работ. В настоящее время возникают новые направления в математическом исследовании этих волн. Во-первых, стало понятным, что в поле внутренних и поверхностных волн могут появляться аномально большие короткоживущие волны-убийцы, природа которых напоминает природу волн-убийц на поверхности моря. Во-вторых, сдвиговые течения внутренних волн приводят к большим изгибающим моментам на опоры морских платформ, что уже приводит к деформации подводных технологических конструкций в ряде районов Мирового океана. В стадии разработки находится система мониторинга интенсивных внутренних и поверхностных волн (аналогичная системе мониторинга цунами), которая основана на фундаментальных результатах математического моделирования волновой генерации. В-третьих, внутренние волны способны вызвать транспорт донных наносов в глубоководных районах, где эффект поверхностных волн на дно минимален. Наконец, классические задачи гидродинамики о взаимодействии внутренних и поверхностных гравитационных волн по-прежнему остаются актуальными. На распространение внутренних и поверхностных гравитационных волн существенное влияние оказывают как неоднородность и нестационарность гидрофизических полей, так и изменение рельефа дна. При этом точные аналитические решения основных волновых задач получаются только в случае, если распределение плотности морской воды (рельеф дна) описываются достаточно простыми модельными функциями. Когда характеристики океанической среды (форма профиля дна) произвольны, можно построить только численные решения соответствующих задач. Однако последнее не позволяет качественно анализировать характеристики волновых полей, особенно на больших расстояниях,

что необходимо для решения, например, проблемы обнаружения внутренних волн дистанционными методами, в том числе с помощью средств аэрокосмической радиолокации. В этом случае описание и анализ волновой динамики можно осуществить только на основе асимптотических моделей и аналитических методов их решения, изложенных в докладе. Построенные математические модели волновой динамики позволяют описывать поля внутренних и поверхностных волн для реальных гидрофизических параметров сред. Универсальный характер предложенных асимптотических методов моделирования волновой динамики позволяет не только эффективно рассчитывать волновые поля, но и, кроме того, качественно анализировать полученные решения. Тем самым открываются широкие возможности анализа волновых картин в целом, что важно и для правильной постановки математических моделей волновой динамики, и для проведения экспресс оценок при натурных измерениях волновых полей. Особая роль разработанных асимптотических методов обусловлена тем обстоятельством, что основные параметры природных стратифицированных сред (океан, атмосфера), как правило, известны приближенно, и попытки их точного численного решения по исходным уравнениям гидродинамики с использованием таких параметров могут привести к заметной потере точности получаемых результатов. Помимо фундаментального интереса построенные математические модели представляют значительную ценность для практики, поскольку позволяют решать задачи моделирования волновых гидрофизических полей в широком классе приложений (В.В.Булатов, Ю.В.Владимиров. Волны в стратифицированных средах. М.: Наука, 2015).

Устойчивость упругой трубки с протекающей внутри неньютоновской жидкостью, имеющей локально ослабленный участок

В. В. Веденеев, А. Б. Порошина

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
vasily@vedeneev.ru*

Задача об устойчивости упругих трубок, содержащих текущую жидкость, имеет ряд практических приложений. Изгибные