

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 14

МАЙ, 1978

ВЫПУСК 2

РЕЦЕНЗИИ

В. Г. Горбацкий. Космическая газодинамика, 360 стр., «Наука», М., 1977.

В современных астрофизических исследованиях методы космической газодинамики играют, по-видимому, решающую роль. В самом деле, именно привлечение идей и математического аппарата космической газодинамики позволяет, например, понять сущность процессов и явлений, происходящих в атмосфере и короне ближайшей к нам звезды — Солнца: грануляция и наблюдаемые поля скоростей связываются с конвективными движениями, происходящими во внешних слоях оболочки Солнца, нагрев (и само существование) хромосферы и короны — с движением в атмосфере Солнца ударных и магнитогидродинамических волн. Да и сам солнечный ветер — поток частиц солнечной плазмы — является классическим примером гидродинамического явления. Излишне подчеркивать, что все упомянутые здесь явления в большей или меньшей мере типичны и для других звезд.

Тем более очевидно, что лишь с помощью космической газодинамики (или магнитогазодинамики) можно объяснять такие впечатляющие явления, как хромосферные вспышки на Солнце, вспышки Сверхновых или «просто» пульсации звезд. Лишь в рамках идей космической газодинамики можно решить и вопросы о динамическом состоянии межзвездной среды — о характере существующих в ней движений, об особенностях взаимодействия с ней расширяющихся оболочек Сверхновых и т. д.

И достаточно перелистать страницы докладов, заслушанных на первом или втором симпозиуме по космической газодинамике (а такие симпозиумы за последние тридцать лет проводились регулярно каждые три года), чтобы убедиться, насколько далеко вперед шагнула космическая газо-

динамика как в подходе к постановке задач (в моделировании того или другого явления), так и в разработке методов их решения. Нельзя не заметить, что за эти тридцать лет центр тяжести сместился от поисков аналитических решений к численному интегрированию уравнений космической газодинамики с помощью мощных электронных вычислительных машин.

Этот непрерывный поиск все новых, более совершенных методов решения задач космической газодинамики, более адекватного моделирования явления постоянно допускал возможность еще и еще раз ставить вопрос о том, насколько правильной является только что построенная модель. Многие исследователи, видимо, приходили к выводу о том, что обобщая эти методы и полученные с их помощью результаты в виде монографий, может быть, еще преждевременно. Этим, вероятно, и следует объяснять тот факт, что число книг — обзоров и монографий — по космической газодинамике все время оставалось крайне ограниченным. Примером сказанному может быть хотя бы тот факт, что до сих пор все еще нет монографии, в которой была бы исчерпывающе изложена теория пульсаций переменных звезд. И это несмотря на то, что к настоящему времени достигнуты неоспоримые успехи как в разработке в общей теории колебаний звезд, так и в понимании (значительной степени благодаря пионерским работам С. А. Жевакина) сущности происходящих здесь явлений, проведено огромное количество расчетов с помощью вычислительных машин.

Поэтому выход книги В. Г. Горбачьего является весьма своевременным. Книга состоит из шести глав. В первых трех излагаются методы космической газодинамики, в последующих — результаты их применения в исследованиях межзвездной среды и звезд.

В главе 1 («Основные понятия газодинамики») речь идет прежде всего о величинах, которыми определяется состояние газа, здесь находим определения таких фундаментальных для газодинамики понятий, как энергия системы, температура, удельная теплоемкость и др. Далее приводится система уравнений газовой динамики, записанная как в эйлеровых, так и в лагранжевых координатах, которая на следующих страницах обобщается на случай движения газа в присутствии магнитного поля; приведены решения, которыми описывается плоское изэнтропическое движение газа. Здесь же обсужден вопрос об образовании ударной волны, приведены соотношения, выполняющиеся на фронте ударной волны, затронута проблема структуры фронта ударной волны, обсуждено влияние высвечивания энергии с фронта на величину скачков параметров на фронте ударной волны. В последнем параграфе изложены принципы, лежащие в основе метода автомодельных решений уравнений газодинамики.

В главе 2 («Газодинамическая устойчивость») описаны методы исследования устойчивости — метод малых возмущений и обобщенный вариационный принцип. Далее обсуждаются вопросы устойчивости равновесных

газовых конфигураций, причем большое внимание уделено проблеме устойчивости быстро вращающихся конфигураций, которая представляет интерес для теории звездной эволюции и происхождения тесных двойных систем. В этой же главе находим критерий Джинса и влияние на последний различных факторов, в том числе силы Кориолиса, магнитного поля и др. Подробно описаны условия развития неустойчивости Релея—Тейлора и Кельвина—Гельмгольца, условия устойчивости тангенциальных разрывов в сжимаемой жидкости и, наконец, проблема устойчивости ударных волн.

В главе 3 («Турбулентность, конвективная и тепловая неустойчивости») изложены общие представления о закономерностях турбулентного движения и подробно описаны методы его исследования. Обсуждена возможность генерации и усиления магнитных полей турбулентным движением. Далее рассмотрена проблема конвективной неустойчивости в космических условиях с учетом таких специфических факторов, как сжимаемость среды, переменность плотности, преобладание лучистой теплопроводности, влияние магнитных полей и др. Здесь же обсуждены проблемы, связанные с описанием переноса энергии конвекцией, отмечаются недостатки приближенных теорий, основывающихся на понятии длины перемешивания. И, наконец, изложена теория тепловой неустойчивости и ее применимость для объяснения таких наблюдаемых явлений, как протуберанцы, уплотнения в планетарных туманностях и т. д.

В главе 4 («Газодинамика межзвездной среды») обсуждается роль тепловой неустойчивости в определении структуры межзвездной среды, причем в качестве источников нагрева межзвездного газа рассматриваются космические лучи, мягкое рентгеновское излучение, коротковолновое излучение звезд и столкновения между газовыми облаками. Обсуждая особенности макроскопического движения межзвездного газа, автор отмечает, что полученные в последние годы данные ставят под сомнение концепцию облачной структуры межзвездной среды и что отсутствие теории сверхзвуковой турбулентности не позволяет пока с определенностью решить вопрос о характере движения газа в туманностях. Далее идет речь о структуре межзвездных ударных волн, возникающих, в частности, при столкновениях облаков нейтрального водорода, как без, так и с учетом магнитного поля. Здесь же изложены полученные в последние годы результаты исследования взаимодействия оболочек Сверхновых с межзвездным газом, а также динамические проблемы, связанные с движением областей ионизованного водорода (ионизационных фронтов).

В главе 5 («Движение газа в звездах») обсуждены отдельные задачи газодинамики звезд и звездных оболочек, причем прежде всего описан подход к расчетам структуры внешних конвективных зон, изучение которых, как справедливо отмечает автор, в большой степени стимулировало развитие космической газодинамики. Далее автор останавливается на газодина-

мической основе проблемы колебаний звезд, на теории центральных и периферических взрывов в звездах, излагает основные результаты исследований ударных волн, распространяющихся во внешних слоях звезд. В последнем параграфе изложена задача о нестационарном истечении с поверхности звезды газа, нагретого ударной волной, и проблема звездного ветра.

И, наконец, в главе 6 («Течения во вращающихся звездах и в тесных двойных системах») изложены современные представления о влиянии вращения на движения газа в осесимметричных звездных конфигурациях; обсуждены динамика оболочек быстро вращающихся звезд типа Ве и влияние динамических приливов на состояние звезды, входящей в тесную двойную систему; рассмотрены особенности движения газовых потоков в тесных двойных системах и динамика существующих в этих системах дискообразных оболочек звезд. Книга завершается обсуждением теории нестационарной конвекции и проблемы энергетической неустойчивости компонент тесных двойных систем.

Переходя к общей оценке книги, отметим прежде всего, что главное внимание в ней уделено физическим идеям, тогда как результаты конкретных расчетов изложены в ней очень сжато. Первое свидетельствует о несомненном достоинстве и полезности книги, во втором же можно было бы усмотреть ее слабую сторону. Так, количество иллюстраций (а их в книге всего 19) следует считать явно недостаточным, их число можно было бы по крайней мере утроить. Но здесь, безусловно, приходится считаться с тем, что при таком подходе объем книги пришлось бы увеличить в полтора-два раза.

Можно, конечно, поставить вопрос и о том, насколько оправданным является включение в монографию проблемы устойчивости равновесных конфигураций, в частности, быстро вращающихся конфигураций несжимаемой жидкости (§ 2 гл. 2), или же проблемы динамических приливов в звезде, являющейся компонентом тесной двойной системы (§ 3 гл. 6), ведь они относятся скорее к области небесной механики, чем к космической газодинамике. Но именно здесь и приходится иметь в виду, что читатель пока весьма ограничен в своем выборе литературы не только по этим, но и многим другим вопросам, сжатое изложение которых находим в отдельных главах и параграфах книги.

Есть несколько более частных замечаний. Так, на стр. 45 уместно было бы подчеркнуть, что условия сохранения (1.139)—(1.141), выполняющиеся на фронте ударной волны, следуют из записанных ранее в дифференциальной форме уравнений непрерывности, движения и закона сохранения энергии. На стр. 47 говорится об уменьшении скорости ударной волны, если нет компенсации энергии, затраченной волной на нагревание газа. Следовало добавить, что речь идет о движении ударной волны в однородной среде, так как, например, движение достаточно сильной ударной волны

в неоднородной среде будет ускоренным. При обсуждении типов ионизационных фронтов следовало дать выражения для критических значений плотностей ρ_D и ρ_R . Далее, при изучении вопроса о строении конвективной зоны звезды (стр. 222) читателю нелегко сориентироваться, из каких соображений формулой (5.14) вводится величина отношения энергии, перенесенной элементом, к энергии, потерянной им на излучение за время движения. Следовало более подробно описать свойства волн охлаждения, движущихся внутрь оболочек Сверхновых при их разлете (стр. 250).

В целом книга В. Г. Горбачьего будет очень полезным пособием для тех астрономов, физиков и механиков, которые интересуются применением газодинамических методов в астрофизике, она, несомненно, будет стимулировать дальнейшие работы в этом направлении.

И. А. КЛИМИШИН