Посвящаю своей любимой дочери
М. О. Шлёнской

ПРЕДИСЛОВИЕ

Неравновесным является газ, в котором молекулы распределены неравномерно по объему. При релаксации градиенты концентрации молекул выравниваются. Газ переводит в неравновесное состояние быстрое линейное силовое воздействие за время, меньшее времени релаксации. Нагружение газа возбуждает поступательные степени молекул, затем энергия перераспределяется равномерно по внутренним степеням свободы до равновесного значения за время молекулярной релаксации $t_r \sim 10^{-12}$–10^{-14} с. Но на этом релаксация газа не заканчивается, а переходит в вязкоупругую релаксацию за время, значительное большее t_r.

Деформации частиц массы газа dm происходят не мгновенно, их задерживают силы вязкого сопротивления по закону Ньютона и уравнениям теории вязкоупругости, реологии и коллоидный физики. Разлет в разные стороны молекул и частиц массы газа тормозят силы вязкости и инерции (инерционные массовые силы), а также взаимные столкновения и столкновения с молекулами окружающей неподвижной среды на пути длины свободного пробега. Движение частиц массы сопровождается микровихрями, линейными и крутильными колебаниями, продольными и поперечными деформациями газа как гелеобразной среды. Силы линейной упругости препятствуют разлету молекул в зонах сжатия бегущих волн звука.

В традиционной газодинамике и акустике вязкоупругие свойства газа обычно не учитывались, в расчетах реальный газ считался равновесным. Отклонение результатов расчета от опытных данных учитывали поправочными коэффициентами в метеорологии, аэродинамике, баллистике, физической хи-

мии — теорией фугитивности, в теории теплообмена использовали полуэмпирические соотношения.

Учет свойств неравновесного газа позволяет решить так называемую нулевую проблему акустики — моделировать образование слабой звуковой и ударной волн, усиление громкости звука раструбом и рупором, описать сохранение формы вихря, смерча (торнадо) и циклона под действием центробежных, разрушающих, сил, увеличение жесткости газа ультразвуком (в стоматологии при удалении зубного камня), улучшить технологию опреснения морской воды кавитацией, описать зависимость скорости звука от частоты, переход газа (например, метана) в твердое состояние, моделировать аэродинамические коэффициенты C_x и C_y, учесть тепломассообменные критерии подобия, работу сопла Лаваля в дозвуковом расчетном режиме, моделировать возникновение звуков флейты, труб органа, заменить скаляр давления тензором напряжений в теориях фугетивности и других практически важных случаях.

Неравновесный газ обладает свойством, запоминать единицы потока информации (речи, музыки, шумов, пения птиц) и переносить их от генератора звука до слушателя.

Линейно-упругие свойства неравновесного газа были впервые учтены в уравнениях Навье–Стокса, однако без упоминания тензора напряжений и их релаксации.

Некоторые важные дополнения и уточнения к теории неравновесного газа изложены в приложениях П1–П25.

Отзывы и пожелания читателей можно направлять по адресу masha.shlensky@gmail.com.