

Программа 3.5.3. Гидродинамические явления в природных и технических системах (водотоках и водоемах, нефте- и газопроводах, пористых средах, тепловых энергетических установках) (координатор член-корр. РАН В. В. Пухначев)

В Институте гидродинамики им. М. А. Лаврентьева впервые предложен метод решения связанных задач о соударении упругих конструкций с тонким слоем жидкости (рис. 23). Показано, что удар по тонкому слою жидкости более опасен, чем удар по глубокой воде, поскольку деформации и напряжения в случае тонкого слоя жидкости значительно выше. Для гибких оболочек впервые описаны три различных режима протекания процесса удара: при большой скорости удара оболочка не проникает в жидкость, а «распластывается» по ее поверхности; при средней оболочка достигает дна, однако это происходит не в точке на оси симметрии, а на некотором удалении от нее, происходит захват жидкости оболочкой; в случае низкой скорости удара оболочка проникает в жидкость, изменяя свою форму, в нижней части прогибаясь к центру, но при этом она не достигает дна, начинается возвратное движение.

Для явных двухслойных по времени разностных схем получены достаточные условия, при которых они с повышенным порядком аппроксимируют ε -условия Гюгоню на нестационарных ударных волнах. На примерах разностных схем Лакса—Вендроффа, МакКормака и Русанова (имеющих гладкие функции численных потоков) показано, что (в отличие от TVD-схемы Хартена, функции численных потоков которой являются лишь липшиц-непрерывными) такие схемы сохраняют повышенный порядок слабой сходимости при сквозном расчете нестационарных ударных волн и, как следствие, сохраняют повышенную точность в областях их влияния (рис. 24). Методом численного эксперимента показана более высокая точность компактной схемы, обладающей повышенным порядком слабой аппроксимации, по сравнению с явными двухслойными по времени разностными схемами, имеющими лишь первый порядок слабой аппроксимации.

Развит метод двухмасштабной гомогенизации для одномерного стационарного переноса ионов под действием приложенного градиента давления и постоянного электрического поля. Путем перехода к масштабу, большему, чем размер одной поры, производится процедура усреднения уравнений для случая горизонтальных течений между тонкими твердыми прослойками. Получены макроуравнения, которые представляют собой уравнение Пуассона для поперечного индуцированного электрического поля и обобщенный закон фильтрации Дарси. Коэффициенты в макроуравнениях вычисляются на основе решения микроуравнений.

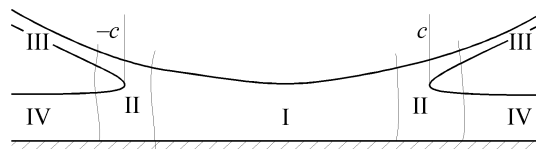


Рис. 23. Схема декомпозиции области течения при ударе оболочкой.

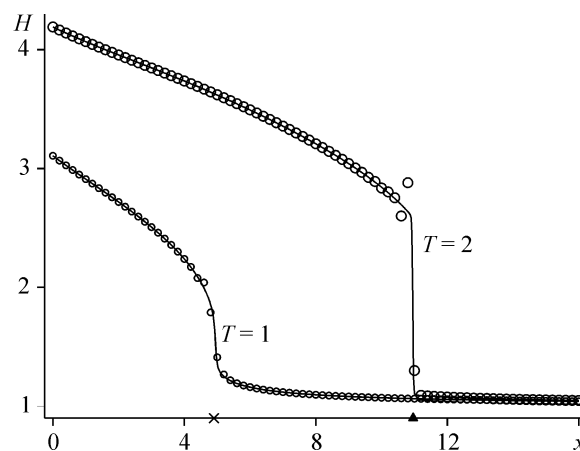


Рис. 24. Результаты расчетов по схеме Лакса—Вендроффа начально-краевой задачи для системы уравнений «мелкой воды».