

Программный комплекс FlowVision

Аксенов Андрей Александрович, Дядькин Александр Анатольевич, Ющенко Алексей Юрьевич, Москалев Игорь Владимирович;

(ООО ТЕСИС)

Будет представлен программный комплекс FlowVision 3.10.01 – обзор последних новшеств, а также будет представлен разрабатываемый на базе FlowVision ПК КомпасFlow

Программный комплекс CSPH&VD³
с автоматической балансировкой вычислительной нагрузки
для параллельного гидродинамического моделирования веществ
в экстремальных состояниях методом сглаженных частиц с использованием
решения задачи Римана на межчастичных контактах

Егорова М.С.[@], Дьячков С.А., Мурзов С.А., Григорьев С.Ю.,
Паршиков А.Н., Жаховский В.В.
[@]egorova.maria.serg@gmail.com
ФГУП ВНИИА им. Н.Л. Духова

Использование бессеточного лагранжевого метода гидродинамики сглаженных частиц (SPH) является оптимальным способом моделирования гидродинамических задач, где происходит образование кумулятивных струй, капель, пузырей, вращательных и сдвиговых течений сжимаемых сред, так как методы частиц не требуют отслеживания контактных поверхностей и свободных границ. Использование формулировки SPH с решением задачи Римана (CSPH, контактный SPH) расширяет возможности стандартного метода SPH, позволяя корректно воспроизводить эффекты сжатия-растяжения частиц. Простота формулировки метода способствует прозрачной программной реализации, а ограниченная область межчастичного взаимодействия идеально подходит для эффективной параллелизации кода с декомпозицией по пространству.

Применение известных алгоритмов параллелизации, основанных на статической декомпозиции расчетной области, приводит к плохой балансировке вычислительных ресурсов, так как эти алгоритмы не учитывают пространственное перераспределение вещества в рассматриваемых задачах. Для решения этой проблемы мы разработали высокоэффективный программный комплекс CSPH&VD³ (Voronoi dynamical domain decomposition), который использует динамическую декомпозицию моделируемых образцов между вычислительными процессами с помощью ячеек диаграммы Вороного.

Предлагаемый алгоритм определяет разбиение моделируемого образца на ячейки Вороного, каждая из которых обрабатывается соответствующим вычислительным элементом (CU – computational unit). В ходе моделирования для каждого CU нагрузка измеряется как отношение времени расчета взаимодействия между частицами к полному времени работы на шаг интегрирования (включая время на коммуникации между CU). Алгоритм задает движение центров ячеек Вороного, соответствующих менее загруженным CU, в сторону более загруженных, что приводит к перераспределению частиц между ними и выравниванию нагрузки. Таким образом, уменьшается время ожидания межпроцессорных коммуникаций и, в итоге, уменьшается время всего моделирования.

На примере течения вещества с сильными изменениями формы и пространственными неоднородностями плотности продемонстрирована гораздо более высокая эффективность использования ресурсов по сравнению со статической декомпозицией. Мы также приводим тесты, показывающие сходимость алгоритма VD³ для систем с начальным дисбалансом с количеством частиц до 10^8 , распределенных между 10^3 CU, а также практически идеальное сильное масштабирование.

С помощью CSPH&VD³ становится возможным получить решение многих фундаментальных и прикладных задач гидродинамики сплошных сред со свободными границами и разрывами сплошности, а также движением веществ с высокой плотностью энергии.

Код CABARET-STAGES

Готов Вячеслав Юрьевич, ..ИБРАЭ РАН

Доклад посвящен проблемам численного моделирования турбулентных течений при неполном разрешении спектра турбулентных пульсаций с помощью беспараметрического метода КАБАРЕ. Приведены примеры расчетов свободных (задача о распаде вихря Тейлора-Грина) и пристеночных турбулентных течений (течение в круглой трубе). Результаты расчетов сравниваются с DNS расчетами других авторов и экспериментальными данными, также проводится кросс-верификация с коммерческим кодом Star-CCM+, использующим различные RANS/LES модели турбулентности. Рассматриваются вопросы о сходимости решений, влияния схемной диссипации на разрешенные масштабы, критериях выбора сеток. Предложены некоторые новые подходы для снижения консервативности при выборе сеток в области пограничного слоя – гибридная КАБАРЕ+SISM модель и модификация процедуры расчета потоковых переменных в схеме КАБАРЕ в пристенной ячейке. Также приводятся расчеты некоторых экспериментальных стендов по теплообмену с жидкометаллическим теплоносителем (свободная конвекция натрия в цилиндрической полости, смешение разнотемпературных потоков сплава Розе в тройнике, определение КГС дросселя).

Новая версия пакета VP2/3 с использованием гибридных сеток из разномасштабных структурированных блоков с неструктурированными вставками

Исаев С.А., Баранов П.А., Судаков А.Г. (оба - СПбГУГА), Калинин Е.И., Мазо А.Б. (оба КФУ), Усачов А.Е. (МК ЦАГИ)

Ранее на предыдущих CFD Уикендах представлялся программный комплекс VP2/3, основанный на многоблочных вычислительных технологиях (МВТ) с применением разномасштабных структурированных сеток с их частичным наложением [1]. Пакет VP2/3 развивается более двадцати лет. Положенная в его основу концепция позволяет использовать близкие к ортогональным фрагментарные сетки простой топологии, масштабы которых связаны со характерными структурными особенностями задачи, например, с пограничными и сдвиговыми слоями, зонами распространения вихревых дорожек, областями расположения крупномасштабных вихрей. Накоплен значительный опыт использования пакета, обоснована его приемлемая точность, несмотря на наличие систематических ошибок, обусловленных пересчетом зависимых переменных с сетки на сетку в пристеночных ячейках подобластей в местах их наложения. Обычно применяется линейная интерполяция. В [2] показано, что ошибки, связанные с неконсервативностью, невелики. Тем не менее, была предложена концепция композитных, гибридных сеток, в которые зоны пересечения структурированных сеток заполняются неструктурированными вставками и нет необходимости вводить интерполяционные процедуры. Сконструирован генератор таких гибридных сеток 2.5 размерности [3]. На его базе создана кардинально новая версия пакета VP2/3. Она записана полностью на алгоритмическом языке C++. Для распараллеливания по ядрам компьютера применяется программа Repartition.exe. Обработка результатов в значительной мере базируется на пакете Tecplot. В комплексе также имеется блок обработки информации, во многом повторяющий возможности предыдущей версии. Продемонстрирован пример применения комплекса для моделирования вихревой интенсификации теплообмена овально-траншейными углублениями в развитии работы [4].

1. Исаев С.А., Баранов П.А., Усачов А.Е. Многоблочные вычислительные технологии в пакете VP2/3 по аэротермодинамике. Саарбрюкен: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. 316с.
2. Исаев С.А., Судаков А.Г., Баранов П.А., Жукова Ю.В., Усачов А.Е. Анализ погрешностей многоблочных вычислительных технологий при расчете циркуляционного течения в квадратной каверне с подвижной крышкой для $Re=1000$ // Инженерно-физический журнал. 2013. Т.86. №5. С.1064-1079.
3. Kalinin E. I., Mazo A. B. and Isaev S. A. Composite mesh generator for CFD problems // 11th International Conference on "Mesh methods for boundary-value problems and applications" IOP Publishing IOP. Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2016. 158. 6p.
4. Isaev S.A., Schelchikov A.V., Leontiev A.I., Gortyshov Yu.F., Baranov P.A., Popov I.A. Tornado-like heat transfer enhancement in the narrow plane-parallel channel with the oval-trench dimple of fixed depth and spot area // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2017. Vol.109. P. 40-62.

QGDFoam – Реализация КГД-алгоритмов в открытой библиотеке OpenFOAM

М.В. Крапошин ¹⁾, Е.В Смирнова ^{1,2)}, Д.А. Рязанов ^{1,3)}, Т.Г. Елизарова ⁴⁾, М.А. Истомина ⁴⁾

¹⁾ Институт Системного Программирования им. В.П. Иванникова РАН

²⁾ Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана

³⁾ Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова

⁴⁾ Институт Прикладной Математики им. М.В. Келдыша РАН

С целью расширения области применения и круга пользователей КГД-алгоритмов авторами выполняются работы по реализации аппроксимации уравнений квазигазодинамики в открытой библиотеке OpenFOAM. Использование библиотеки OpenFOAM в качестве платформы для программной реализации уравнений квазигазодинамики позволит:

1. упростить реализацию параллельной версии кода;
2. расширить область применимости КГД-уравнений за счет сопряжения их аппроксимации с различными стандартными модулями библиотеки OpenFOAM (движение сеток, лучистый теплообмен, химическая кинетика и пр.);
3. повысить качество исходного кода за счет расширения круга пользователей;
4. упростить разработку новых моделей (КГиД, мелкой воды и др.) сплошных сред;
5. использовать программную реализацию в учебном процессе.

Разработанная авторами реализация КГД-алгоритмов QGDFoam совместима с OpenFOAM версией 4.1 и доступна для скачивания в интернет-архиве исходных кодов GitHub: <https://github.com/unicfdlab/QGDSolver>. Реализация была протестирована для серии 1Д и 2Д тестов с известным эталонным аналитическим или численным решением. Выполнено качественное сравнение с модулем моделирования сжимаемых вязких течений rhoCentralFoam. Были рассмотрены два способа аппроксимации КГД-слагаемых. Ведётся разработка и тестирование 3Д версии.

КОМПЛЕКС ПРОГРАММ SIGMAFLOW. 2017.

Литвинцев К.Ю.

Гаврилов А.А., Дектерев А.А., Сентябов А.В., Филимонов С.А.
Институт теплофизики СО РАН им. С.С. Кутателадзе
Красноярский филиал

Комплекс программа SigmaFlow – это универсальный некоммерческий программный продукт для решения широкого класса задач гидродинамики, тепломассообмена и горения, развиваемый специалистами красноярского филиала института теплофизики СО РАН и кафедры теплофизики Сибирского федерального университета.

В комплекс программ SigmaFlow входят модули для: построения геометрии расчетного объекта; создания расчетных сеток; проведения вычислений; анализа результатов моделирования. Программа позволяет выполнять высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах под управлением Windows или Linux операционных систем. Численная методика, заложенная в программу, основывается на методе конечного объема для неструктурированных сеток. Связь между полями скорости и давления реализуется при помощи процедуры расщепления. Системы разностных уравнений решаются итерационным способом с применением многосеточных методов.

Доклад посвящен новым возможностям программы SigmaFlow развиваемым в 2017 году, это:

- развитию инструмента построения расчетной сетки;
- разработке моделей и методов расчета для задач с подвижными телами и дисперсных потоков;
- развитию версии программы для расчета на multi-gpu кластерных системах;
- созданию специализированной программы для расчета химического реактора;
- развитие специализированной программы для расчета течения буровых растворов;
- созданию свободно распространяемой версии программы SigmaFW.

Код Jet3D: итоги в 2017 года

Аюпов Р.Ш., Бендерский Л.А., Любимов Д.А., Жигалкин А.С., Польшняков Н.А., Терехова А.А., Честных А.О.

В 2017 году была разработана и протестирована новая версия метода RANS/ILES. Основное отличие заключалось в изменении способа выбора положения перехода от RANS к ILES. В новой версии положение перехода определялось не только на основе размеров текущей ячейки и расстояния до твердой стенки, но и с привлечением значений параметров течения в центре рассматриваемой ячейки. Для определения положения перехода были использованы соотношения, построенные на основе аналогичных соотношений для метода IDDES. Были выполнены тестовые расчеты с помощью новой версии метода.

Большая часть расчетов была проведена по старой версии кода. Выполнены тестовые расчеты по распаду однородной изотропной турбулентности. Основным же акцентом делались расчеты высокоскоростных течений со сложной структурой разрывов для объектов реалистической геометрии. Были проведены расчеты воздухозаборников (ВЗ) различного типа, как дозвуковых, так и сверхзвуковых. В ходе расчетов получены турбулентные характеристики течений, для некоторых вариантов геометрии ВЗ исследовались спектральные свойства пульсаций давления на стенках канала ВЗ при различной степени дросселирования. Была также исследована эффективность газодинамического управления течением в ВЗ с помощью синтетических струй. Продолжилось изучение взаимодействия пары нерасчетных сверхзвуковых струй с газоотбойником: исследовались спектральные характеристики пульсаций давления на поверхности аэродрома и на газоотбойнике в зависимости от скорости ветра и расстояния от сопел до газоотбойника. Был детально исследован старт пристеночной сверхзвуковой струи. Были проведены расчеты сверхзвуковых струй и их акустических характеристик из сопел разной геометрии при разном перепаде давления в сопле и с разной полной температурой на входе в сопло. Получено влияние переменной теплоемкости воздуха течение, уровень турбулентных пульсаций и акустические характеристики горячей нерасчетной сверхзвуковой струи. Для струи из прямоугольного асимметричного сопла высокоскоростного летательного аппарата на режиме взлета исследовано влияние температуры на входе в сопло и малых изменений геометрии сопла на течение и уровень турбулентности в струе. Получено хорошее совпадение с данными эксперимента.

Пакет программ HSFlow и модуль анализа устойчивости пограничных слоев HSFlow Stability (HSFS)

Образ Антон Олегович, ЦАГИ, МФТИ

Разработан пакет программ для анализа устойчивости трехмерных сжимаемых пограничных слоев. Входными данными для кода устойчивости HSFS являются ламинарные поля течений, полученные каким-либо решателем уравнений Навье-Стокса с поддержкой формата CGNS на структурированных многоблочных сетках (например, HSFlow). Выходными данными являются: положение линии начала ламинарно-турбулентного перехода, вычисленное на основе $e-N$ метода, а также характеристики неустойчивых мод пограничного слоя, приводящие к переходу. С учетом данной информации реализованы гибридные LST-RANS модели расчета ламинарно-турбулентных режимов течения в коде HSFlow.

Код ZOOM. Нестационарный метод Галёркина с разрывными базисными функциями

Михайлов С.В., Подаруев В.Ю., Трошин А.И.

(ФГУП «ЦАГИ», г. Жуковский)

Представлены краткие характеристики реализованного метода Галёркина с разрывными базисными функциями (РМГ) применительно к решению нестационарных задач с использованием вихреразрешающих подходов. Выделены некоторые особенности, связанные с нестационарностью и вычислением диффузионных потоков методом Bassi & Rebay 2. Приведены особенности реализации программы, используемые средства языка и сторонние библиотеки, а также параллельные модели, поддерживаемые кодом. Представлены графики масштабируемости программы на суперкомпьютере и коротко обсуждена проблема записи (а также способ её решения) средствами MPI/O при использовании параллельной файловой системы Lustre. Более подробно рассмотрены следующие верификационные тесты: «Вихрь Тэйлора-Грина», «Периодические холмы», включая оценки вычислительной эффективности схемы РМГ и сравнение с методом конечного объёма. Представлены результаты расчётов круглых дозвуковых струй и сравнение LES и RANS подходов при моделировании турбулентных струй.

Комплекс программ SINF/Flag-S-2017

Е.М.Смирнов, Д.К.Зайцев, Е.В.Колесник, А.А.Смирновский (СПбПУ)

Дается краткая характеристика конечно-объемного кода SINF/Flag-S, номинально второго порядка точности, оперирующего неструктурированными сетками с ячейками произвольной геометрии; значения рассчитываемых переменных приписываются центрам ячеек. Параллелизация кода осуществлена по методу «domain-decomposition» и с применением библиотеки MPI.

В первой части сообщения представляются достижения по реализации вихреразрешающих RANS/LES подходов и опыт их применения к расчету отрывных турбулентных течений несжимаемой жидкости с теплообменом. В сопоставлении с результатами, полученными по коду ANSYS Fluent, рассматривается качество расчетов валидационной направленности для двух задач: статистически двумерного течения за обратной ступенькой и существенно трехмерного течения в оригинальной тестовой конфигурации, где взаимодействие отрывного течения со встречной струей иной температуры обеспечивает особо высокий уровень скоростных и температурных пульсаций в пристенной области. Обсуждаются возможные причины (вычислительного и «модельного» характера) оставшихся расхождений между расчетными и экспериментальными данными.

Вторая часть сообщения охватывает вопросы реализации в коде численных схем для расчетов сверх- и трансзвуковых течений со скачками уплотнения. Представляются результаты сопоставительных, многовариантных тестовых расчетов по оценке качества решения уравнений Эйлера по схеме Роу, номинально второй порядок точности которой достигается посредством применения различных подходов к реконструкции переменных и различных ограничителей. Обсуждается проблема ухудшения качества решения в окрестности изломов обтекаемой стенки и его чувствительность к способу восстановлению давления на стенке.

НОВЫЙ АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ НА СФЕРЕ В ПРИБЛИЖЕНИИ МЕЛКОЙ ВОДЫ НА ОСНОВЕ СХЕМЫ КАБАРЕ

Головизнин В.М.¹, Залесный В.Б.², Соловьёв А.В.³

- 1) *Лаборатория инструментальной математики, ВМК МГУ. e-mail: gol@ibreae.ac.ru*
 2) *Институт вычислительной математики РАН, e-mail: vzalesny@yandex.ru*
 3) *Институт безопасного развития атомной энергетики РАН, solovjev@ibrae.ac.ru*

Рассматривается новый подход к построению вычислительных алгоритмов для задач динамики атмосферы и океана. В качестве исходных, выбраны законы сохранения массы и момента количества движения на произвольном участке сферы S . В предположении о малости толщины жидкости по отношению к радиусу сферы, для ровного дна и отсутствия вращения сферы законы сохранения имеют следующий вид:

$$\iint_S \frac{\partial h}{\partial t} ds + \iint_{\partial S} h(\vec{w} \cdot \vec{n}) dl = 0 \quad (1)$$

$$\rho_0 \iint_S \frac{\partial}{\partial t} [h(\vec{r} \times \vec{w})] ds + \rho_0 \iint_{\partial S} h(\vec{r} \times \vec{w})(\vec{w} \cdot \vec{n}) dl + \frac{\rho_0 g}{2} \iint_{\partial S} h^2(\vec{r} \times \vec{n}) dl = 0 \quad (2)$$

Здесь \vec{r} - радиус-вектор точки сферы, $h(\vec{r}, t)$ - $|\vec{r}|$ - глубина слоя жидкости, $\vec{w}(\vec{r}, t)$ - вектор скорости, \vec{n} - единичный вектор внешней нормали, ds - элемент площади сферы, dl - элемент длины на сфере, $\rho_0 = const$ - плотность жидкости.

Для четырёхугольной криволинейной сетки на поверхности сферы, образованной отрезками больших окружностей, уравнения (1) - (2) можно со вторым порядком точности аппроксимировать дифференциально-разностной схемой:

$$\frac{\partial h_c}{\partial t} S_c + \sum_{k \in G_c} h_k(\vec{w}_k, \vec{n}_k) L_k = 0 \quad (3)$$

$$\left(\vec{r} \times \frac{\partial h \cdot \vec{w}}{\partial t} \right)_c S_c + \sum_{k \in G_c} h_k(\vec{w}_k, \vec{n}_k) [(\vec{w}_k, \vec{n}_k)(\vec{r}_k \times \vec{n}_k) l_k + (\vec{w}_k, \vec{\tau}_k)(\vec{r}_k \times \vec{\tau}_k) L_k] + \frac{g}{2} \sum_{k \in G_c} h_k^2(\vec{r}_k \times \vec{n}_k) l_k = 0 \quad (4)$$

где l_k - длина отрезка хорды, L_k - длина геодезической линии, $\vec{n}_k, \vec{\tau}_k$ - нормаль и тангенциаль к грани ячейки S_c .

Уравнения (3) – (4) реализованы в виде схемы класса КАБАРЕ, проведены расчёты тестовых задач. Показано отсутствие диссипации для задачи о неподвижном вихре. На примере задачи о распространении акустического возмущении на сфере показано сохранение полной энергии.

Литература

1. Головизнин В.М., Зайцев М.А., Карабасов С.А., Короткин И.А. Новые алгоритмы вычислительной гидродинамики для многопроцессорных вычислительных комплексов. 2013, Москва, из-во Московского университета, 467 с.

INMOST, Ani3D

Терехов Кирилл Михайлович, Коньшин Игорь Николаевич
ИВМ РАН

Выступление посвящено текущему развитию программного пакета INMOST для построения параллельных кодов математического моделирования на сетках общего вида. Представлены возможности данного пакета для работы и модификации сеток, решения систем линейных уравнений, автоматической сборки матрицы Якоби в точечном и блочном форматах, последние наработки по компоновке многофизических моделей. Представлено применение данного пакета для построения моделей с различной физикой: линейной упругости, трехфазной фильтрации, Навье-Стокса; а так же применение данного пакета в связке с программным комплексом GPRS - в совмещенной задаче на упругость, температуру и композиционный состав нефти в качестве инструмента для дискретизации на сетках общего вида; в связке с библиотекой Ani3D - в задаче Навье-Стокса с аппроксимацией конечными-элементами.

Сопоставление результатов численного моделирования с помощью модели Рейнольдсовых напряжений (RSM) и моделей турбулентности турбулентной вязкости (S-A, k- ϵ , SST) для двумерного течения

Усачов А.Е. НИМК ФГУП «ЦАГИ», Исаев С.А. (СПб ГУГА), Баранов П.А. (СПб ГУГА), Харченко В.Б. (СПб ГУГА).

С помощью модели для напряжений Рейнольдса численно моделировалось двумерное течение в плоском канале с круговой каверной, которая расположена на стенке канала. Результаты численного сравнивались с результатами численного моделирования для четырех моделей турбулентности: Спаларта-Аллмареса с коррекцией источникового члена, realizable k- ϵ модель турбулентности, модель турбулентности SST-Ментера, transition SST-Ментера с четырьмя уравнениями, а также с экспериментальными данными, полученными в НИИ Механики МГУ.

РАЗВИТИЕ CFD КОДА GIDR-3M ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ КИПЕНИЯ НЕДОГРЕТОЙ ЖИДКОСТИ.

В.В. Даничев¹, М.Н. Загуменный¹, Л.П. Смирнов¹, В.С. Устинов¹, А.И. Федюшкин²

¹НИИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия

²Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва, Россия

Код GIDR-3M применяется для расчета стационарных и нестационарных процессов теплообмена в ядерных энергетических установках (ЯЭУ). Программа обеспечивает в трехмерной постановке получение основных теплофизических характеристик потока теплоносителя: вектор скорости, давление, температуру, как самого теплоносителя, так и температуру твердых стенок конструкций. Разработка первой версии программы, которая является полностью отечественным продуктом, началась в 1997 г.

Возможности моделирования включают: принудительная и естественная конвекция, несжимаемая или слабо сжимаемая среда, теплообмен излучением, ламинарные и турбулентные течения (к-ε модель) и теплообмен, а также течения с вращением типа ротор статор, горение и перенос массовых фракций химических веществ, решение в приближение пористого тела, плавление и затвердевание.

Код GIDR-3M прошел процедуру аттестации в Научно-техническом центре по ядерной и радиационной безопасности (НТЦ ЯРБ). Регистрационный номер аттестационного паспорта ПС 271, дата выдачи 18.02.2010.

С использованием данного кода выполнен цикл исследовательских работ по моделированию динамических процессов в реакторах транспортного назначения, при движении теплоносителя в режиме естественной конвекции.

В настоящее время продолжаются работы по адаптации кода для моделирования многофазных течений (кипение недогретой жидкости).

Проблема подкипания теплоносителя первого контура (кипения недогретой жидкости) в активной зоне является актуальной для реакторов типа ВВЭР. Трехмерный CFD расчет позволяет получить локальные характеристики потока теплоносителя, температуры топлива и оболочек твэлов. От паросодержания зависят нейтронно-физические характеристики реактора, водно-химический режим теплоносителя и др. Локальный перегрев оболочек твэлов влияет на надежность активной зоны.

Проведены верификационные расчеты процесса подкипания теплоносителя для, топливной сборки FRIGG (FT-ба), состоящей из шести электрически нагреваемых стержней в цилиндрическом сосуде давления. Результаты расчета сравнены с аксиальными и поперечными экспериментальными распределениями паровой фракции.

Код ТИС для расчета течений многоматериальных сред

Меньшов И.С., Захаров П.П., Козырев А.А., Евтушенко Г.И.

ФГУП ВНИИА им. Н.Л. Духова

Код ТИС является неотчуждаемым кодом для численного решения фундаментальных и прикладных задач, в которых расчетная область содержит несколько веществ, отделенных друг от друга контактными границами. Задачи рассчитываются в гидродинамическом приближении. Тип используемых сеток - эйлеровы, структурированные, неструктурированные, динамически-локально адаптивные. Для простых областей используется внутренний генератор сеток, сторонний генератор - ICEM CFD. В основе численной схемы лежит метод С.К. Годунова конечного объема сквозного счета контактных границ. Тип распараллеливания - одноуровневый MPI. Языки программирования Fortran, C и C++.