

Xflow —

новый программный комплекс для моделирования физических процессов, связанных с гидрогазодинамикой и тепломассообменом

MSC Software

XFlow
Computational Fluid Dynamics

23 мая 2011 года корпорация MSC.Software, следуя стратегии дальнейшего расширения и обновления линейки программных продуктов, объявила о стратегическом партнерстве с компанией Next Limit Technologies для совместного развития и продвижения программного комплекса Xflow, предназначенного для решения задач гидрогазодинамики и тепломассообмена.

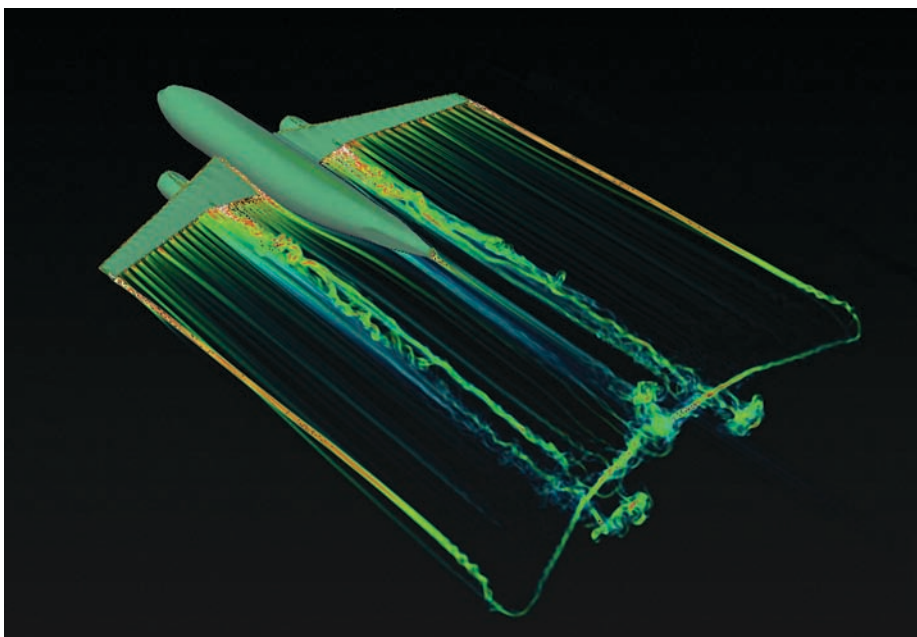
XFlow — это мощная инновационная технология вычислительной гидрогазодинамики (Computational Fluid Dynamics — CFD), использующая запатентованный и основанный на методе частиц ("particle-based") лагранжьев подход для решения традиционно сложных проблем гидрогазодинамики на всех этапах проектирования и доводки будущих изделий.

Программный продукт Xflow предназначен для моделирования течения газов, жидкостей и решения задач тепломассообмена.

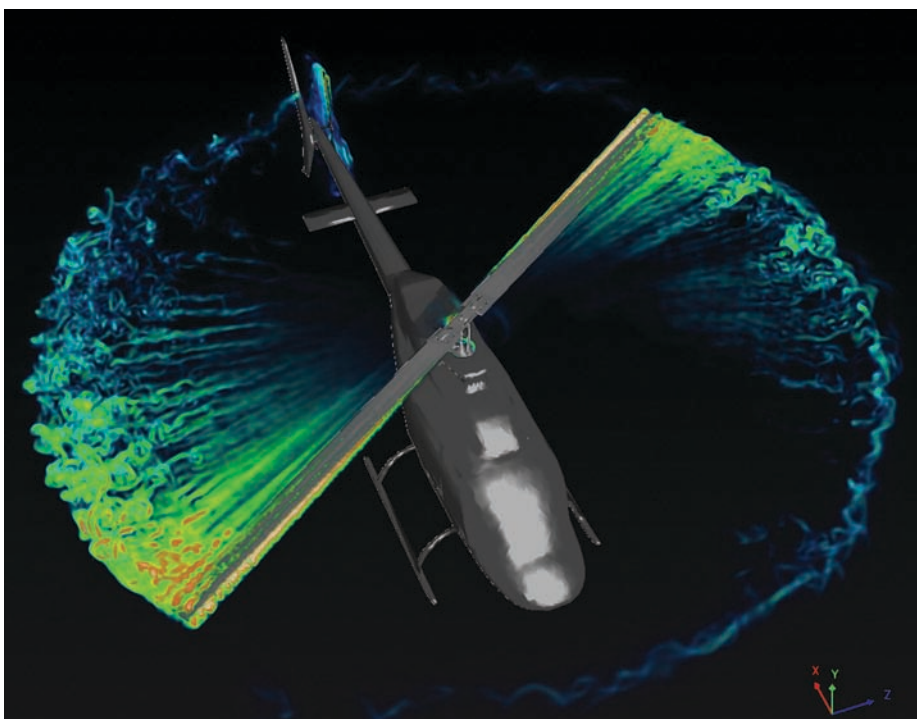
Можно одновременно учесть кинематику и динамику конструкции, физику многофазных течений, дозвуковые и сверхзвуковые явления, акустику и взаимодействие конструкции с жидкостью.

Разработанный специально для инженеров и расчетчиков, нуждающихся в получении быстрого и точного решения, XFlow позволяет осуществлять сложное численное моделирование в простой и понятной форме, избавляет пользователя от необходимости задания большого числа алгоритмических параметров и традиционно трудоемкого процесса построения газодинамических сеток на сложной геометрии.

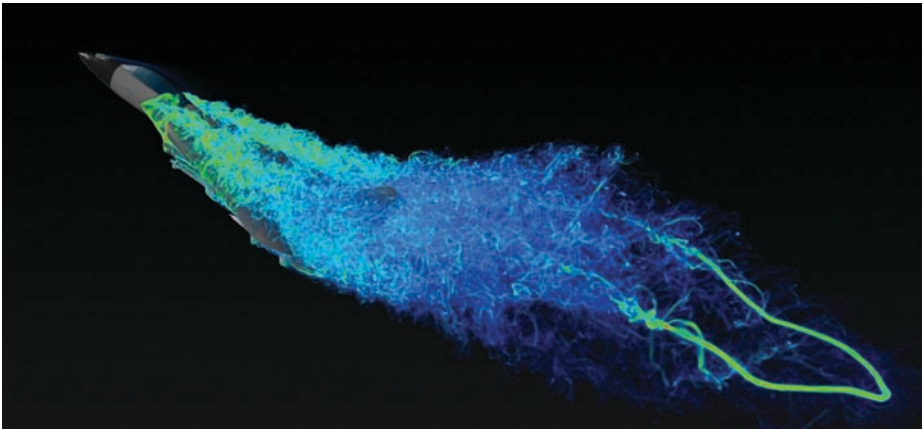
Компании, занимающиеся проектированием и доводкой изделий в аэрокосмической автомобильной и других отраслях, вынуждены тратить дни и даже недели рабочего времени на подготовку расчетных моделей. Точность получаемой "сеточной" геометрии при этом, как правило, далека от точности исходной CAD-модели. Результаты расчета в системах, использующих сеточные методы, всегда уступают результатам, полученным "бессеточными" методами, реализованными



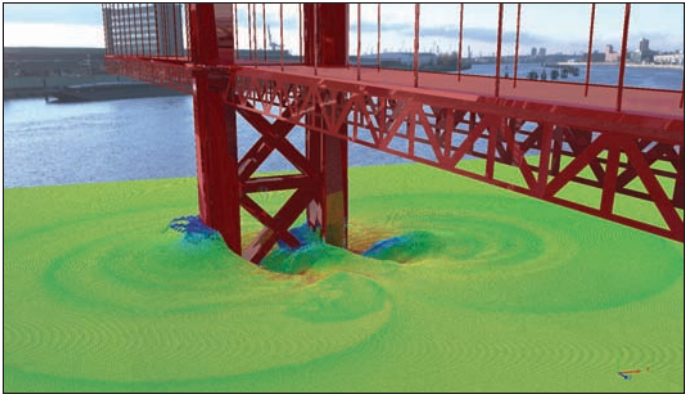
Аэродинамический расчет пассажирского самолета. Визуализация турбулентного следа



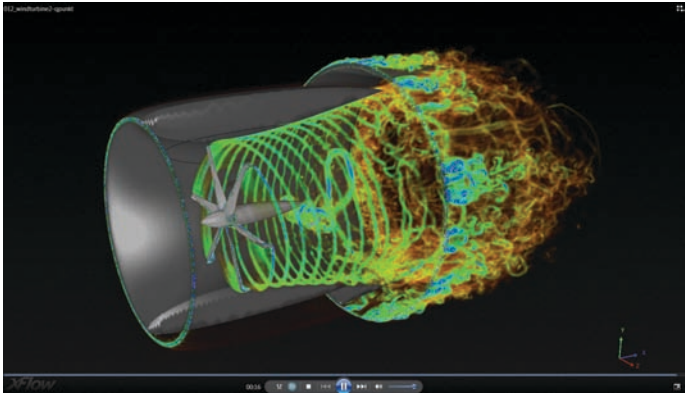
Аэродинамический расчет несущего и хвостового винтов вертолета



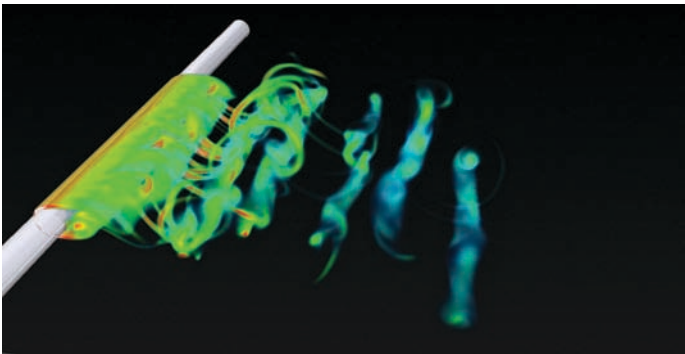
Аэродинамический расчет многоцелевого истребителя-бомбардировщика при выполнении фигур высшего пилотажа



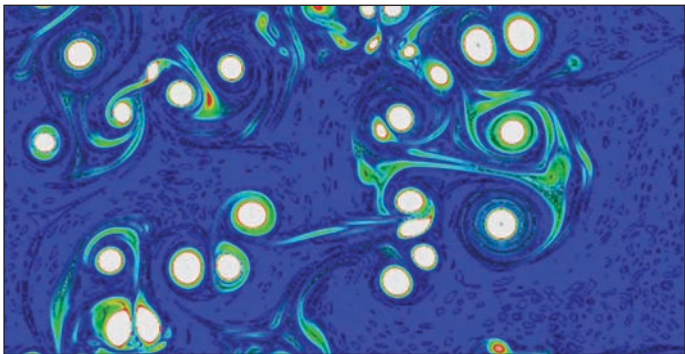
Расчет гидродинамических нагрузок на опоры мостового сооружения



Расчетная модель метеорологического устройства



Тестовая модель Xflow. Моделирование возникновения областей неустойчивости при обтекании гладких цилиндрических объектов – вихревая дорожка Кармана

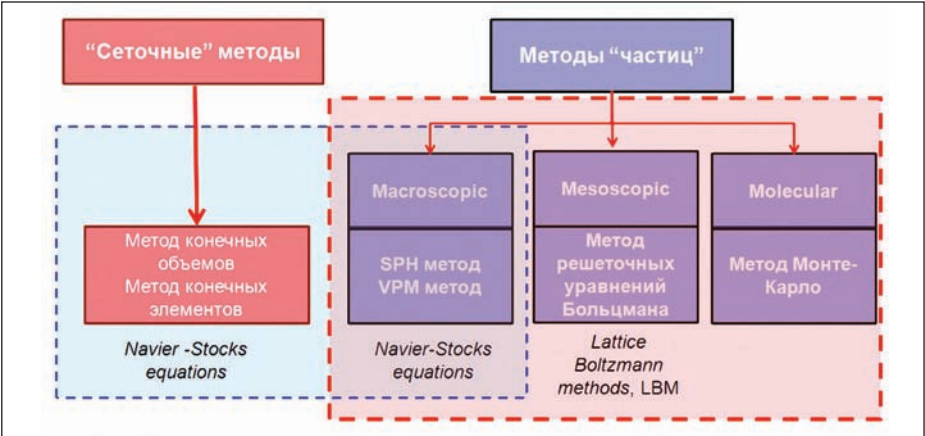


Явление возникновения дискретных вихрей в вязких средах – модель Xflow

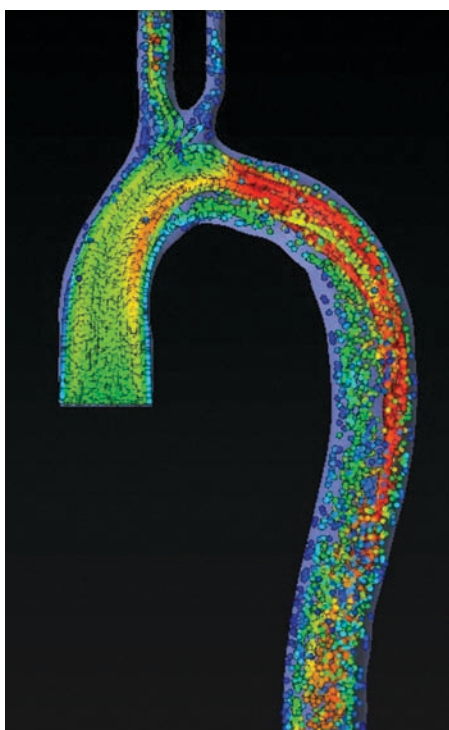
в CFD-системах нового поколения, к которым относится и Xflow. Бессеточный подход ("Meshless approach") к моделированию в рамках XFlow основан на использовании метода частиц, который не требует построения конечно-элементной области, ограничивающей течение газа или жидкости, и, соответственно, позволяет моделировать геометрию любой сложности. XFlow одинаково хорошо работает как с абсолютно жесткими, так и с упругими деформируемыми, а также движущимися телами. Программный комплекс нетребователен к качеству исходной геометрии объекта. Технология моделирования, заложенная в Xflow, значительно превосходит уже су-

ществующие технологии на основе частиц, такие как SPH, MLSPH, XSPH, RKPM.

Новый, основанный на методе частиц кинетический алгоритм "Particle-based kinetic solver" позволяет эффективно решать уравнения Больцмана для газов и жидкостей. Традиционные "сеточные" CFD-пакеты ограничиваются решением уравнений Навье-Стокса и описывают поведение жидкости или газа на макроскопическом уровне, который не может охватить те физические явления, которые происходят на молекулярном или микроскопическом уровне. На микроскопическом уровне жидкость можно представить набором частиц, взаимо-



Области применения численного моделирования для расчета физических процессов с использованием сеточных и бессеточных методов



Модель ламинарного течения в кровеносной системе человека. Движение потока крови по аорте

действие между которыми происходит по законам квантовой или классической механики. Однако такой подход трудно реализуем на практике, поскольку решение прикладных задач прямым численным моделированием невозможно из-за чрезвычайно высоких требований, предъявляемых к вычислительным ресурсам.

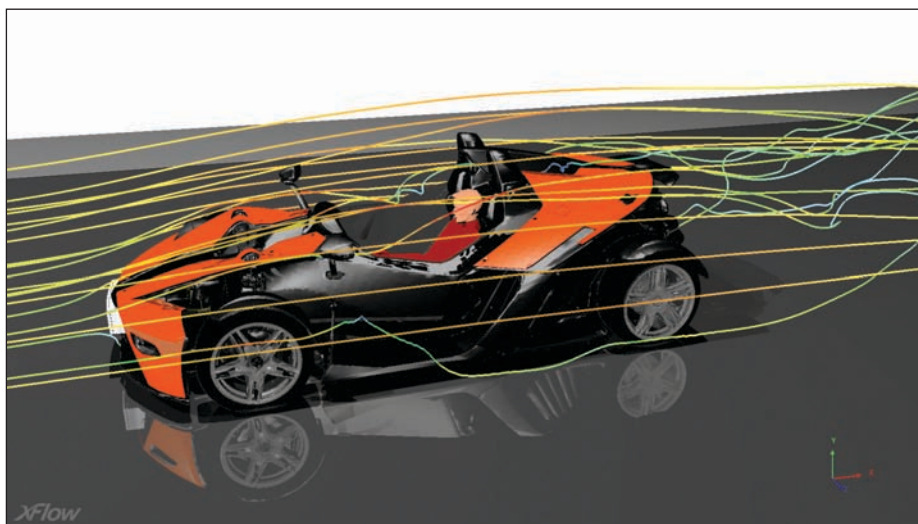
Но эффективное решение данной проблемы все же существует, и заложено оно в основу программного расчетного комплекса Xflow. Это — метод решеточных уравнений Больцмана. Такой подход предлагает статистическая физика, которая вместо рассмотрения движения каждой из частиц оперирует функцией вероятностного распределения нахождения частиц в некоем элементарном объеме в момент времени t .

В Xflow локальные плотность, скорость и плотность внутренней энергии вычисляются непосредственно из функции распределения. С другой стороны, для связи внутренней энергии с температурой используется уравнение состояния. Для учета переноса энергии за счет столкновений частиц применяется оператор

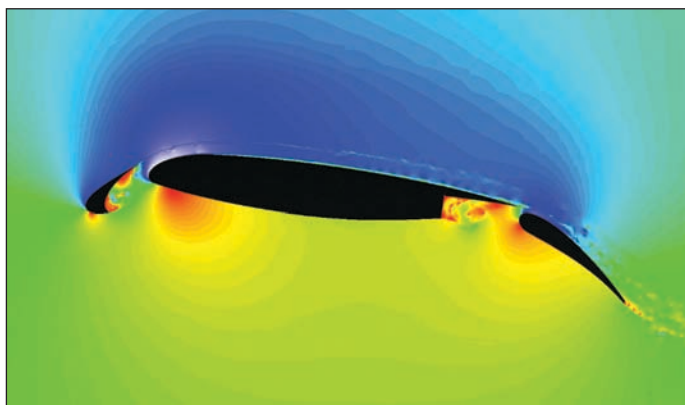
столкновений BGK, названный по именам создателей (Бхатнагар-Гросс-Крук), который определен таким образом, чтобы точно соблюдались законы сохранения массы, импульса и энергии. Здесь следует отметить, что в оператор столкновений, который использует Xflow при решении задач гидрогазодинамики и тепломассообмена, входит функция равновесного распределения, соответствующая распределению Максвелла-Больцмана. И, несомненно, одним из преимуществ метода Lattice Boltzman является выбор оператора столкновений, который наиболее точно моделирует микродинамику исследуемой среды.

Коэффициенты переноса в Xflow вычисляются автоматически в явном виде, что обеспечивает намного более точные результаты по сравнению с теми, которые можно получить, используя традиционные CFD-решения, оперирующие упрощенными формами уравнений Навье-Стокса и полуэмпирическими зависимостями. Заложенный в Xflow метод решеточных уравнений Больцмана, базирующийся на кинетической теории газов (физической теории, которая объясняет макроскопическое поведение и свойства газов из статистического описания микроскопических молекулярных процессов), обеспечивает точность расчетов, сравнимую с точностью методов прямого численного моделирования DNS (Direct Numerical Simulation), не уступая в скорости системам, основанным на решении уравнений Навье-Стокса.

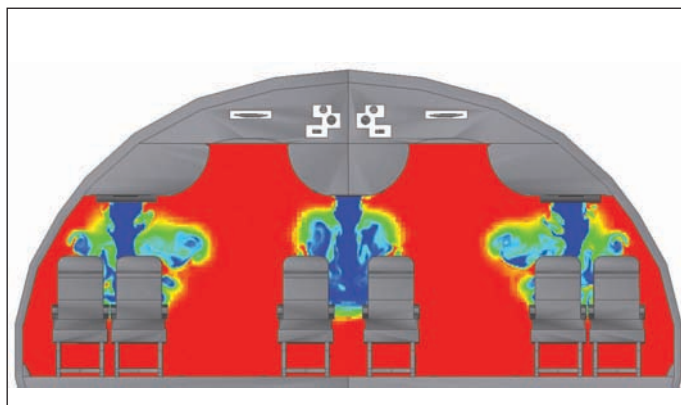
В Xflow внедрена последовательность решения, применяющая LES-метод (Large Eddy Simulation) или "метод больших вихрей" для моделирования турбулентных течений, а также эффективную неравновесную модель для расчета пограничного слоя. LES-метод занимает промежуточное положение между моделями, использующими осредненные уравнения Рейнольдса и DNS. Дополнительных уравнений нет. Нестационарные уравне-



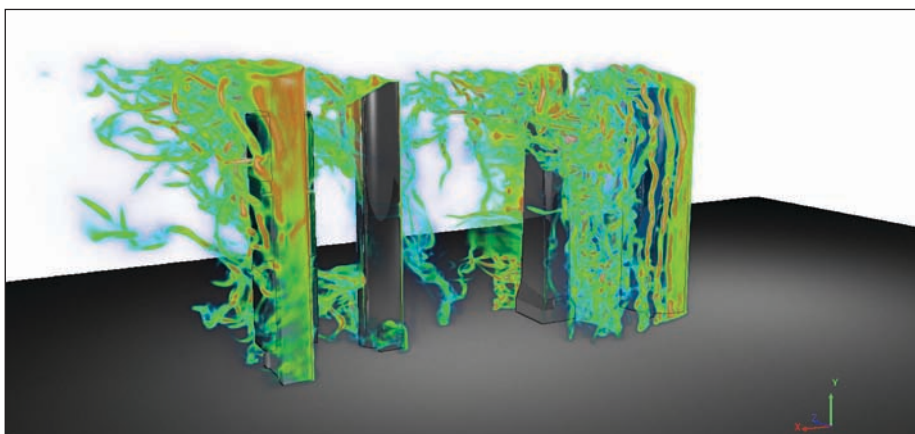
Аэродинамический расчет кузова спортивного автомобиля



Аэродинамический расчет модели крыла самолета: возникновение отрывных зон и зон турбулентности



Расчет системы кондиционирования и вентиляции в салоне пассажирского самолета



Анализ ветровой нагрузки на высотные здания и сооружения

ния решаются в явном виде с очень мелким шагом по времени, а вихревые области, размеры которых меньше, чем размеры расчетной ячейки, заменяются эмпирическими моделями. Точность LES-моделей существенно выше, чем у моделей, использующих RANS-методы. Именно поэтому Xflow позволяет получить наиболее точную картину распределения скоростей, давлений в пограничном слое, идеально подходит для моделирования отрывных зон и явлений возникновения дискретных вихрей. Как следствие, современный бессеточный подход к моделированию позволяет анализировать взаимодействие областей скачков уплотнения и пограничного слоя на трансзвуковых и сверхзвуковых режимах, не добавляет искусственной турбулентной вязкости в сдвиговых областях за пределами турбулентного следа и обеспечивает получение хорошего результата как вблизи исследуемого объекта, так и на расстоянии от него во всем диапазоне чисел Рейнольдса для ламинарных и турбулентных течений.

XFlow идеально подходит для работы с большими и сложными моделями, имеет достаточно простые и интуитивно понятные настройки для проведения анализа конструкций с вращающимися и движущимися частями, граничными условиями в виде закреплений, вынужденных перемещений и т.п. Кроме того, пользователю предоставляется ряд уникальных инструментов для моделирования контактного взаимодействия. XFlow позволяет производить тепловые расчеты, моделировать прохождение потока сквозь пористые материалы, использовать модели неньютоновских жидкостей, задавать комплексные граничные условия, например, при прохождении потока через проточные части лопаточных машин.

Еще одной особенностью XFlow является возможность автоматически изменять параметры численного интегрирования непосредственно во время расчета, улуч-

шая качество получаемых результатов в проблемных областях — зонах с высокой степенью турбулентности, пограничных слоях и других местах, обычно характеризующихся высокими градиентами давлений, скоростей и температур. Плотность и размер частиц в расчетном домене могут изменяться как автоматически, так и вручную на этапе подготовки модели к расчету.

Для расчета пограничного слоя XFlow использует единую неравновесную модель. Данный подход универсален и работает всегда. Для пользователей это означает, что теперь отпала необходимость выбирать между различными математическими моделями и постоянно учитывать ограничения, связанные с работой каждой из расчетных схем.

XFlow поддерживает многопроцессорность, причем скорость выполняемых расчетов с увеличением числа процессоров растет практически линейно.

"Выбор XFlow был обусловлен его инновационным подходом к моделированию проблем CFD и превосходными возможностями в области визуализации, — заявил Кен Велч, глава отдела разработки программного обеспечения MSC.Software. — Это технология будущего, и мы прогнозируем огромный всплеск интереса к данному продукту в среде сегодняшних и будущих клиентов MSC. Технология XFlow органично вписывается в уже существующую линейку инженерного программного обеспечения MSC и существенно образом дополняет ее.

Таким образом, корпорация MSC.Software предлагает своим пользователям наиболее полное комплексное решение для проведения структурного анализа, расчета гидрогазодинамики и теплообмена, анализа динамики и кинематики сложных многомассовых систем, а также моделирования систем управления".

Корпорация MSC.Software совместно с компанией Next Limit предлагает по

своей сути революционный подход к расчетному моделированию проблем гидрогазодинамики и теплообмена в виде полнофункционального программного комплекса Xflow, который, с одной стороны, значительно (в десятки и сотни раз!) сокращает время подготовки к анализу благодаря отсутствию необходимости построения конечно-элементной модели исследуемого объекта, а с другой — предоставляет пользователям возможность получить наиболее точное решение той или иной гидрогазодинамической проблемы за счет использования метода решеточных уравнений Больцмана для широкого диапазона течений жидкостей или газов. И несмотря на то, что Xflow является абсолютно новым продуктом на рынке CFD (официальный выход состоялся только в этом году), им уже заинтересовались крупные авиастроительные концерны и корпорации. Так, фирма Lockheed Martin уже использует его для решения своих инженерных задач. Заинтересованность по поводу приобретения Xflow выразили специалисты КБ Туполева, МВЗ Миля, ФГУП ММП "Салют", ЦАГИ, ЦНИИ им. Академика Крылова и ряд других российских предприятий и НИИ.

20 сентября 2011 г. в Москве состоялся научно-технический семинар "Специализированные решения компании MSC.Software для предприятий аэрокосмической отрасли", на котором присутствовали руководители ведущих аэрокосмических предприятий России. На семинаре был представлен совместный доклад специалистов НИИ Механики МГУ им. Ломоносова А.К. Такмазяна и корпорации MSC.Software В.В. Широкова — "Расчет волнового обтекания погруженных объектов несжимаемой жидкостью с разрушением свободной поверхности в пакете XFlow". Авторы представили одну из прикладных задач гидродинамики, в ходе решения которой Xflow зарекомендовал себя с наилучшей стороны, продемонстрировав полную сходимость с экспериментом и аналитическим решением.

Дополнительную информацию по программному комплексу Xflow можно получить в Московском офисе корпорации MSC.Software (тел.: (495) 363-06-83) либо на официальных сайтах MSC: www.mssoftware.com и www.mssoftware.ru.

Валерий Широков,
технический консультант
MSC.Software RUS