

О НЕКОТОРЫХ ТЕНДЕНЦИЯХ СОВРЕМЕННОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Бразалук Ю.В., канд. физ.-мат. наук, Губин А.И., канд. техн. наук, доцент,

Евдокимов Д.В., Малая Ю.А., канд. техн. наук

Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара,

Университет таможенного дела и финансов

Украина

Abstract. Computer modeling (mathematical modeling and numerical simulation) has become the most powerful tool of scientific analysis in natural, technical and social sciences. However a lot of difficulties exist in computer modeling in reality, in particular, mathematical models and numerical algorithms usually belong to pure mathematical abstractions and cannot include any other kind of information beside the strictly formulated problems. Nevertheless, the modern science accumulate a huge amount of information as results of experimental investigations, analytical and approximated analytical problem solution and so on, the mentioned scientific results cannot be used in computer modeling. It is shown that this disadvantage can be overcome in the case of linear problems. For example, similar situation for linear hydrodynamic problems under small Reynolds number (Stokes flow) and high Reynolds number (potential flow) can be handled by application of boundary element method together with some iterative procedures. However there is not similar successive way in the case of nonlinear problems.

Ключевые слова: КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, ПОГРЕШНОСТЬ РАСЧЕТА, ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ, ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ.

Введение. В настоящее время компьютерное моделирование, то есть, исследование природных, технических и социальных эффектов, объектов и процессов при помощи их количественных компьютерных аналогий, приобрело решающее значение для развития многих, если не большинства, наук, став, де факто, стандартом и основным инструментарием релевантных количественных исследований. Следовательно, прогресс множества областей науки и техники напрямую зависит от развития математических моделей и

методов их алгоритмической реализации как в целом, так и в отношении данных областей, что и определяет исключительно высокую актуальность тематики настоящего исследования. К сожалению, методики компьютерного моделирования, несмотря на многолетнюю историю развития, еще не свободны от существенных недостатков, которые предстоит преодолеть, чтобы достигнуть прогресса в большинстве областей человеческой деятельности.

Основной материал. Основная гносеологическая схема компьютерных исследований имеет следующий вид (на примере природных и технических процессов): на основе общих количественных законов естествознания (например, законов сохранения), результатов экспериментальных исследований и наблюдений, с использованием качественного анализа, эвристических соображений и разного рода гипотез строится физическая модель процесса (не исключено, что таких моделей несколько); затем на основе каждой физической модели формулируются одна или несколько математических моделей изучаемого процесса; после этого к задачам, сформулированным в рамках предложенных математических моделей, применяются известные и вновь разработанные аналитические, приближенные аналитические и численные алгоритмы; программное обеспечение, разработанное на основе примененных подходов, тестируется с целью получения эвристических оценок как качества программного продукта, так и качества примененного алгоритмического подхода; в случае если тестирование программного обеспечения показало удовлетворительные результаты, проводятся расчеты актуальных задач с последующим анализом полученных результатов. При этом математическая модель в подавляющем большинстве случаев является исключительно математической абстракцией, не допуская включения в себя каких-либо результатов меньшего уровня строгости. Кроме того, уже довольно давно в численном анализе доминирует тенденция представлять численный алгоритм также строгой математической абстракцией. Такая практика сложилась довольно давно, преследуя цель обеспечить применение строгого математического аппарата для исследования соответствующих расчетных схем. Успехи теоретического исследования расчетных алгоритмов, достигнутые к настоящему времени, весьма велики,

однако даже сейчас, когда прошло столько времени с момента начала интенсивного теоретического исследования расчетных схем и алгоритмов, трудно припомнить исчерпывающе полно изученный вычислительный алгоритм. С другой стороны, в настоящее время значительная часть полученных ранее теоретических оценок свойств вычислительных алгоритмов, с точки зрения практического их применения, представляется недопустимо грубой. Более того, на начальных этапах развития математического и численного моделирования уровень вычислительной техники позволял иметь дело только с простейшими задачами, сейчас же сложность рассматриваемых задач выросла многократно, в некоторых областях на порядок или два порядка; в одной задаче могут взаимодействовать вычислительные процессы, совершенно различные по логике, структуре, организации и свойствам, отражающие настолько же различные математические модели. В таком случае нередко оказывается, что погрешность одного вычислительного процесса служит возмущением для другого, и наоборот, чего практически не было на начальном классическом этапе развития численного анализа. Преодоление указанных проблем с неконтролируемым накоплением погрешности является одной из основных целей современного компьютерного моделирования, но надо признать, что прогресс в этой области еще весьма далек от желаемого.

Хотелось бы кратко остановиться еще на одном негативном моменте, общем для математического и численного моделирования в технических и естественных науках. После формулировки математической модели внести какие-либо изменения в процесс решения невозможно, выбор формы области, числовых параметров задачи или граничных условий является просто выбором частного случая реализации математической модели, но, как правило, математическая модель или ее частный случай жестко и взаимнооднозначно соответствует программному модулю, его реализующему. Однако в докомпьютерную эпоху, и сейчас этот процесс продолжается, были накоплены громадные объемы экспериментальных, аналитических и приближенных аналитических данных, описывающих те же объекты моделирования. Современные численные методы вообще не предполагают, что какие-то из подобных результатов могут быть интегрированы в расчет, но и

интегрирование таких результатов на этапе формулировки математической модели исключительно сложно, поскольку должно происходить при помощи решения сложных обратных задач, и, в целом, проблематично. В общем случае нелинейных задач, входящих в общую математическую модель, до настоящего времени не было сделано даже попыток соединения разнородной информации в едином расчете. Однако для линейных задач, в частности, для линейных задач гидромеханики на основании обобщенных методов Блоха-Гиневского (для бесконечно больших чисел Рейнольдса) и Смолуховского (для малых чисел Рейнольдса) [1 – 3] благодаря применению метода граничных элементов удалось получить весьма обнадеживающие результаты по учету дополнительных, неформализованных данных в процедуре расчета. Особенно удобна такая комбинация различных видов решения в случае, когда аналитическое решение известно в виде соответствующей функции Грина, которая непосредственно включается в расчетный процесс метода граничных элементов. В случае, когда аналитическое представление для функции Грина построить не удастся, можно пользоваться ее дискретным аналогом, построенным при помощи метода граничных элементов.

Выводы. Указанные общие недостатки методов компьютерного моделирования существенно затрудняют использование данного подхода для высокоточного расчета исследуемых процессов, снижают эффективность их численного моделирования и делают весьма проблематичными возможности прогнозных расчетов на длительные промежутки времени. Вероятно, для их преодоления в общем случае существенно нелинейных задач потребуются использование средств искусственного интеллекта, однако для линейных задач определенного прогресса удалось достичь при помощи метода граничных элементов. Для слабо нелинейных задач, по теоретическим представлениям, перспективным представляется использование асимптотических подходов совместно с методом граничных элементов, однако авторам неизвестны подобные практические попытки. Программные продукты, разработанные с учетом внесимого извне дополнительного эталонного знания, уже нельзя отнести к классическим компьютерным моделям, скорее, они относятся к новому поколению программных продуктов – виртуальным моделям.

Литература

1. Бразалук Ю.В., Евдокимов Д.В., Поляков Н.В. Численная реализация обобщенного метода Блоха-Гиневского. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія Механіка*. Вип. 17. Т. 1. Д.: Изд-во ДНУ, 2013. С. 35-51.
2. Блох Э.Л., Гиневский А.С. О движении системы тел в идеальной жидкости. *Качка и управляемость судна*. Л.: НТО суд. пром., вып. 47. 1963.
3. Гончаренко М.П., Евдокимов Д.В., Кочубей А.А. Решение задач гидродинамического взаимодействия малых частиц методом М. Смолуховского. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, 2014, № 3(50). С. 249-253.

References

1. Brazaluk Iu.V., Yevdokymov D.V., Poliakov M.V. Chisltnnaya realizatsiya obobschennogo metoda Bloha-Ginevskogo. *Visnyk Dnipropetrovs'kogo universytetu. Seriya Mehanika*. Vyp. 17, 17. Т. 1. Д.: Izd-vo DNU, 2013, S. 35-51.
2. Bloh E.L., Ginevskiy A.S. O dvizhenii sistemy tel v ideal'noy zhidkosti. *Kachka i upravlttaemost' sudna*. L.: NTO sud. prom., vyp. 47. 1963.
3. Goncharenko M.P., Yevdokymov D.V., Kochubey A.A. Reshenie zadach gidrodinamicheskogo vzaimodeystviya malyh chastits metodom M. Smoluhovskogo. *Visnyk Hersons'kogo natsional'nogo tehnichnogo universytetu*. 2014, № 3 (50). S. 249-253.