

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ МЕХАНИКА ЖИДКОСТЕЙ – УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ И ПРОГНОЗА ИЗМЕНЧИВОСТИ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ

Чашечкин Ю.Д.¹

¹ – ФГБУН Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва,
chakin@ipmnet.ru

Аннотация. Обсуждаются результаты согласованных теоретических и лабораторных исследований ряда течений. Анализируются проблемы переноса подхода на природные системы с учетом перспектив развития информационных технологий, эволюции методик контактных и дистанционных наблюдений.

Ключевые слова: атмосфера, океан, динамика, структура, фундаментальные уравнения, полные решения, численное моделирование, лабораторный эксперимент, следы, вихри, волны, лигаменты

Совершенствование вычислительных технологий, техники наблюдений и лабораторного моделирования открывает качественно новые возможности анализа состояний и прогноза изменчивости взаимодействующих природных систем – атмосферы и гидросферы Земли согласованными аналитическими и численными методами. Большие вычислительные ресурсы, позволяют проводить прямой анализ систем фундаментальных уравнений на основе законов сохранения. При этом сохраняется единое содержание используемых символов и в теории, и в эксперименте, позволяющее проводить количественное сравнение данных и оценкой погрешности [1]. Изучаемая среда характеризуется термодинамическими потенциалами и их производными – такими традиционными параметрами, как плотность, температура, давление и др., а также кинетическими коэффициентами.

Хотя все элементы набора фундаментальных уравнений были известны с середины XIX века, анализ полных решений системы на их основе с учетом условия совместности впервые был выполнен в [2]. Важное место в анализе поведения систем занимает учет процессов передачи энергии, которые могут протекать быстро (при освобождении доступной потенциальной или химической энергии), медленно (диффузионные процессы и диссипация) и с умеренными скоростями (перенос с потоком или волнами различной природы).

Масштабно и параметрически инвариантная классификация инфинитезимальных компонентов течений включает тонкоструктурные лигаменты и волны. Компоненты, свойства которых определяются характером и степенью энергонасыщенности процессов, делятся на две группы – медленные крупномасштабные волны и быстрые тонкие волокна или оболочки. Учет нелинейности, а, следовательно, и взаимодействия компонентов, дополняет классификацию вихрями. Поскольку характерные пространственные и временные масштабы волн и лигаментов, образующих две разделенные группы, не являются кратными, все виды течений, и самые медленные, и наиболее быстрые, оказываются структурированными и нестационарными.

Примеры структур течений около препятствий, рассчитанных в единой постановке для четырех видов жидкостей (сильно и слабо стратифицированной, потенциально и актуально однородной) во всем диапазоне параметров от ползучих течений, индуцированных диффузией на препятствии, до нестационарных вихревых, и их эволюции приведены в [3]. Влияние диссипативных, трансляционных и быстрых атомно-молекулярных процессов на динамику процесса растекания капли в жидкости и

перераспределение вещества прослежено в [4]. Учет энергетики и сложной внутренней структуры позволяет проследить взаимовлияние физических и химических процессов и в природных [5], и в лабораторных условиях формирования, эволюции и диссипации широкого класса течений – конвективных (концентрационных, тепловых, и многокомпонентных), спутных (за препятствиями различной формы), волновых (для акустических, а также гравитационных поверхностных и внутренних волн).

Большой практический интерес представляет разработка методик переноса на природные условия методов масштабно и параметрически инвариантного описания течений на основе системы фундаментальных уравнений, отдельные части которых могут тестироваться на существующих лабораторных установках.

Литература

1. Chashechkin Yu. D. Differential fluid mechanics – harmonization of analytical, numerical and laboratory models of flows // *Mathematical Modeling and Optimization of Complex Structures. Springer Series “Computational Methods in Applied Sciences”* V. 40. 2016. P. 61-91. DOI: 10.1007/978-3-319-23564-6-5
2. Chashechkin Yu.D. Singularly perturbed components of flows – linear precursors of shock waves // *Math. Model. Nat. Phenom.* 2018. Vol. 13. No. 2. P. 1-29. doi.org/10.1051/mmnp/2018020
3. Chashechkin Yu. D., Zagumennyi Ia. V. Formation of waves, vortices and ligaments in 2D stratified flows around obstacles // *Physica Scripta.* 2019. doi:10.1088/1402-4896/ab0066.
4. Чашечкин Ю.Д., Ильиных А.Ю. Полосчатые структуры в картине распределения вещества капли по поверхности принимающей жидкости // *Доклады РАН.* 2018. Т. 481. № 2. DOI: 10.1134/S1028335818070066
5. Чашечкин Ю.Д., Розенталь О.М. Физическая природа неоднородности состава речных вод // *Доклады РАН.* 2019. Том 485 № 2. С. 194-197. DOI: 10.1134/S1028334X19020107.

DIFFERENTIAL FLUID MECHANICS – UNIVERSAL INSTRUMENT FOR ASSESSING THE STATUS AND PREDICTION OF THE OF NATURAL SYSTEMS VARIABILITY

Chashechkin Y.D.¹

¹ – *Ishlinskiy Institute for Problems of Mechanics of the RAS, Moscow, chakin@ipmnet.ru, yulidch@gmail.com*

Abstract. The results of coordinated theoretical and laboratory studies of a number of flows including diffusion induced, convective, wavy, around obstacles, are discussed. The problems of the transfer of the approach to natural systems are analyzed taking into account the perspectives for the development of information technologies, methods for contact and remote observations.

Keywords: atmosphere, ocean, dynamics, structure, fundamental equations, complete solutions, numerical simulation, laboratory experiment, traces, jets, vortices, waves, ligaments