



ЛЕВ ВАСИЛЬЕВИЧ ОВСЯННИКОВ

(К восьмидесятилетию со дня рождения)

22 апреля 1999 года исполнилось 80 лет выдающемуся российскому ученому, внесшему большой вклад в развитие механики и прикладной математики, академику Льву Васильевичу Овсянникову. Его классические результаты в динамике жидкости со свободными границами и трансзвуковой газовой динамике носят принципиальный характер и лежат в основе активно развиваемых научных теорий. Групповой анализ дифференциальных уравнений – фундаментальное научное направление на стыке математики и механики, в котором Льву Васильевичу принадлежит ряд основополагающих результатов, – является сегодня мощным универсальным инструментом исследования математических моделей механики и физики. Научная школа Л.В. Овсянникова широко известна в мировой науке. С подробным описанием научной деятельности Л.В. Овсянникова можно ознакомиться по публикациям, посвященным 70-летию со дня рождения [1, 2]. Поэтому в данной статье авторы хотели бы подробнее рассказать о некоторых примечательных фактах из его жизни и научной деятельности в 90-е годы.

Лев Васильевич Овсянников родился в приволжском городе Васильсурске. В 1937 г. он поступает на механико-математический факультет Московского университета, но учебу прерывает война. В первые месяцы войны он, вместе с другими студентами МГУ, работает на строительстве оборонительных сооружений под Москвой. Осенью 1941 г. Л.В. Овсянников заканчивает университет и направляется в качестве слушателя в Ленинградскую военно-воздушную инженерную академию. После ее окончания, в 1945 г. он становится адъюнктом Академии, а затем до 1953 г. преподает в ней и в Ленинградском университете. К этому периоду относятся его выдающиеся научные результаты в теории трансзвуковых течений газа, которым была посвящена и защищенная им в 1949 г. кандидатская диссертация. Отметим лишь некоторые из них. Л.В. Овсянников впервые обнаружил и детально исследовал особенности течения газа на прямой звуковой линии, создал метод расчета таких течений. Ему принадлежит замечательный по красоте и важности результат: при истечении дозвуковой струи газа с критической скоростью на границе выравнивание потока происходит на конечном расстоянии от отверстия. Этот факт, получивший в трансзвуковой газовой динамике название теоремы Овсянникова, был одним из первых результатов сформировавшегося позднее научного направления – локализации решений вырождающихся нелинейных дифференциальных уравнений.

В это же время происходит знакомство Л.В. Овсянникова с классическими работами Ли по теории непрерывных групп преобразований. Примечательно, что его интерес к этой тематике был инициирован подстрочным примечанием в фундаментальном трактате Дарбу "Leçons sur la théorie générale des surfaces", который он штудировал, будучи адъюнктом. В этом примечании со ссылкой на работы Ли говорилось о группе, допускаемой дифференциальным уравнением. Такое сочетание алгебры и анализа привлекло внимание молодого исследователя. Второй камень в фундамент нового научного направления был заложен при занятиях газовой динамикой. В ней к этому времени был накоплен большой набор точных решений, однако их отыскание основывалось на интуиции и субъективных соображениях "простоты" решения.

В конце 40-х начале 50-х гг. интерес к газовой динамике был во многом инициирован задачами аэродинамики и физики взрыва. Отличное знание газовой динамики и глубокое понимание сути газодинамических явлений, присущие Льву Васильевичу, и его интерес к газовой динамике носили не только академический характер. Значителен вклад Л.В. Овсянникова в укрепление ядерного щита нашей Родины. В 1953–56 гг. он работал в научно-исследовательском коллективе, руководимом академиком М.А. Лаврентьевым [3]. Перед коллективом была поставлена задача разработки ядерного заряда для артиллерийского снаряда. Требования по габаритам и прочности, предъявляемые к изделию, создавали трудности принципиального, а не только технического характера. Интересно, что решения задачи обжатия заряда и задач газовой динамики, порученных Л.В. Овсянникову и С.В. Иорданскому, сопровождалась расчетами на первой большой отечественной ЭВМ БЭСМ-1, разработанной под руководством академика С.А. Лебедева в Институте точной механики и вычислительной техники. Создание первого отечественного ядерного снаряда для артиллерии, известного как РДС-41, было большим научно-техническим достижением и явилось важным вкладом в укрепление обороноспособности страны. Л.В. Овсянников, в составе коллектива из пяти ведущих исполнителей, был удостоен в 1958 г. Ленинской премии. Сотрудничество Л.В. Овсянникова с академиком М.А. Лаврентьевым было продолжено затем в Московском физико-техническом институте в пору его создания, а затем в Новосибирске во время организации и становления Сибирского отделения АН СССР и Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева, директором которого Л.В. Овсянников был в 1976–86 гг.

В Институте гидродинамики Лев Васильевич продолжил начатые ранее исследования по групповому анализу дифференциальных уравнений. В 1961 г. он защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. Развита им теория, позволяющая конструктивно использовать свойства симметрии для построения точных решений дифференциальных уравнений, была изложена в монографии [4]. Фундаментальный труд [5] издан в США в 1982 г. Цикл исследований Л.В. Овсянникова по групповому анализу дифференциальных уравнений был удостоен в 1987 г. Государственной премии СССР (совместно с Н.Х. Ибрагимовым).

С начала 90-х гг. Лев Васильевич напряженно и плодотворно занимается реализацией уникальной научной программы ПОДМОДЕЛИ, концепция которой и первые результаты работы по ней применительно к модели газовой динамики были опубликованы в ПММ [6]. Принципиальные наиболее значимые итоги работы руководимого им коллектива примерно за шесть лет описаны в статье, публикуемой в этом выпуске журнала [7]. В программе реализуется общий теоретико-групповой подход к математическим моделям для исчерпания всех возможностей точного упрощения больших математических моделей за счет максимального использования заложенных в них свойств симметрии. Такое упрощение, в основе которого лежат теоретико-групповые методы, достигается переходом к подмоделям, описывающим классы точных частных решений исходной модели. В итоге формируется полный атлас, перечень подмоделей для их использования при решении конкретных физических задач, обладающих определенной симметрией.

Фактически все известные сегодня точные решения уравнений газовой динамики

имеют теоретико-групповую природу. Результаты работы по программе ПОДМОДЕЛИ показывают, что они составляют лишь малую часть, видимую верхушку айсберга. Массивы точных решений насчитывают *тысячи* представителей, причем это число достаточно условно, поскольку многие из них зависят еще и от произвольных функций, что многократно увеличивает их количество.

При построении инвариантных и частично инвариантных решений (подмоделей) важно находить среди них существенно различные, которые не могут быть преобразованы одно в другое некоторой обратимой заменой переменных. Оказывается, различным решениям соответствуют классы подобных подалгебр алгебры инвариантности, зависящие, вообще говоря, от некоторого числа вещественных параметров. Поэтому задача перечисления различных подмоделей сводится к построению совокупности представителей классов подобных подалгебр максимальной алгебры инвариантности большой модели. Эта совокупность называется оптимальной системой подалгебр.

Большой объем необходимой при этом работы иллюстрируется, например, построенной Л.В. Овсянниковым оптимальной системой подалгебр алгебры инвариантности уравнений газовой динамики с общим уравнением состояния [6]. Эта алгебра является типичной для моделей механики сплошных сред алгеброй Галилея, расширенной оператором равномерного растяжения. Составленный перечень содержит свыше 200 представителей, для получения каждого из которых требовалось несколько страниц вычислений. Затем по горячим следам Лев Васильевич читает в Новосибирском университете спецкурс "Оптимальные системы подалгебр алгебр Ли", излагая полученные результаты и отшлифовывая до конца алгоритм построения оптимальных систем. Такая форма работы характерна для Льва Васильевича: своими исследованиями он намечает ориентиры для своих учеников и последователей. Так, оптимальные системы подалгебр для расширений основной алгебры Галилея в случае политропного газа насчитывают тысячи представителей и составлялись учениками Льва Васильевича на основе разработанного им алгоритма уже с применением компьютеров [8, 9]. Подчеркнем, что каждый из этих представителей является потенциальным источником точных решений уравнений газовой динамики.

Замечательно, что среди них имеются примеры физически интересных решений, которые невозможно получить из интуитивных соображений симметрии. Таковыми являются частично инвариантные решения, общая теория которых изложена в монографии [5]. Они обобщают классические инвариантные решения и отличаются тем, что для них только часть искомым функций имеет инвариантное представление, а оставшиеся, так называемые "лишние" функции, зависят от всех независимых переменных и удовлетворяют переопределенной системе дифференциальных уравнений. Приведение этой системы в инволюцию, т.е. получение условий совместности, сопряжено, как правило, со значительными трудностями. Примером частично инвариантного решения относительно классической группы вращений является решение типа особого вихря [10]. Оно характерно тем, что в нем радиальная компонента скорости сферически симметрична, но касательная к сферам компонента скорости отлична от нуля. "Лишней" функцией является угол, образованный проекцией вектора скорости на сферу с ее меридианами. Решение, называемое особым вихрем, выделяется, кроме того, специальными начальными данными, обеспечивающими однозначность и определенность решения на всей сфере. В качестве примера получено решение, описывающее движение газа, занимающего вначале сферический слой конечной толщины, который сжимается в виде тороподобного тела и коллапсирует к кольцу на плоскости экватора в конечный момент времени.

Интересно отметить, что известные канадские математики, рассматривавшие отдельные частные решения уравнений газовой динамики, не смогли справиться с анализом совместности переопределенной системы уравнений, описывающей особый вихрь. Лев Васильевич очень изящно преодолел трудности приведения системы в инволюцию, получил точные решения, причем как для газа, так и для идеальной несжимаемой жидкости и описал их поведение. Эта задача ярко характеризует

высокий уровень математических исследований Л.В. Овсянникова и глубокое понимание им физического содержания решения.

Представляет интерес частично инвариантная подмодель, описывающая так называемые барохронные движения газа, в которых давление зависит только от времени [11, 12]. Одномерные решения такого вида известны в классической газовой динамике, однако при исследовании многомерных движений в них обнаруживаются новые эффекты. Траектории частиц газа в барохронном движении являются прямыми линиями. Для них типичен коллапс плотности (обращение ее в бесконечность) в конечный момент времени на многообразии пониженной размерности. Характеристический коноид, отвечающий за распространение звуковых возмущений, построенный на барохронных решениях, имеет особенность вблизи многообразия коллапса: коноид схлопывается по этому многообразию для легкосжимаемых газов.

Львом Васильевичем открыт [13] интересный класс инвариантных решений, описывающих установившиеся двумерные течения политропного газа с замкнутыми линиями тока, обладающие дискретной симметрией при вращении вокруг начала координат.

Высокий научный уровень создается Л.В. Овсянниковым и в неформальных коллективах исследователей, организуемых им для решения актуальных научных задач. Так, коллективная монография [14], объединившая чистых математиков, механиков и экспериментаторов, служит примером комплексного подхода к описанию такого сложного явления как нелинейные волновые процессы. Эта книга представляет широкий спектр результатов о волновых движениях, от доказательств корректности и строгого обоснования точных математических моделей, построения приближенных моделей и математической оценки их адекватности, до их экспериментальной проверки. Уединенные волны типа возвышения и впадины в двухслойной жидкости, волны типа гладкой ступеньки (бор), являющиеся решениями уравнений второго приближения теории мелкой воды, были исследованы аналитически и получены в экспериментах.

Цикл работ Л.В. Овсянникова "Нелинейная теория неустановившихся движений идеальной жидкости со свободной границей", в котором сформировано новое направление исследования движения идеальной жидкости в точной нелинейной постановке, удостоен Золотой медали им. М.А. Лаврентьева с премией 1989 г. В них построен адекватный математический аппарат, ключевое звено которого – теорема существования и единственности решения задачи Коши для квазидифференциального оператора в шкалах банаховых пространств. В качестве приложений была доказана корректность задачи Коши – Пуассона в точной нелинейной постановке и дано обоснование приближенных теорий волн – линейной и мелкой воды.

Обширный арсенал математических методов, тонкое понимание физики явлений – всем этим он щедро делится с учениками и коллегами. Самое главное, чему учит Лев Васильевич – умению освободить задачу от всего лишнего, наносного, чуждого ей ("очистить от мусора", как он образно выразился в докладе на одной из конференций). Это происходит при повседневном общении, на активно работающем семинаре, на научных конференциях, где не только доклады Льва Васильевича, но и его реплики, яркие комментарии запоминаются слушателям. Стремление к раскрытию сути задачи, пониманию ядра ее сложности – важная черта его научной и педагогической работы, организационной деятельности и повседневной жизни. Его беззаветная преданность науке, истинный патриотизм, проявляющийся в конкретных делах, а не в громких словах, высокая требовательность к себе и постоянная готовность помочь коллеге, ученику – это черты, присущие настоящему ученому, патриоту России.

Многочисленные ученики и коллеги Льва Васильевича, редколлегия и редакция журнала сердечно поздравляют Льва Васильевича Овсянникова с юбилеем и желают ему крепкого здоровья и радости новых творческих успехов.

В.М. Титов, А.П. Чупахин

ЛИТЕРАТУРА

1. Лев Васильевич Овсянников (К семидесятилетию со дня рождения) // ПММ. 1989. Т. 53. Вып. 2. С. 179–183.
2. К семидесятилетию со дня рождения Л.В. Овсянникова // ПМТФ. 1989. № 2. С. 3–4.
3. Негин Е.А., Голусова Л.П., Куличков Г.Д. и др. Советский атомный проект. Нижний Новгород – Арзамас-16: Изд-во Нижний Новгород, 1995. 296 с.
4. Овсянников Л.В. Групповые свойства дифференциальных уравнений. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1962. 238 с.
5. Овсянников Л.В. Групповой анализ дифференциальных уравнений. М.: Наука, 1978. 399 с.
6. Овсянников Л.В. Программа ПОДМОДЕЛИ. Газовая динамика // ПММ. 1994. Т. 58. Вып. 4. С. 30–55.
7. Овсянников Л.В. Некоторые итоги выполнения программы ПОДМОДЕЛИ для уравнений газовой динамики // ПММ. 1999. Т. 63. Вып. 3. С. 362–372.
8. Головин С.В. Оптимальная система подалгебр для алгебры Ли операторов, допускаемых уравнениями газовой динамики в случае политропного газа: Препринт № 5–96. Новосибирск: Ин-т гидродинамики СО РАН, 1996. 32 с.
9. Черевко А.А. Оптимальная система подалгебр для алгебры Ли операторов, допускаемых системой уравнений газовой динамики с уравнением состояния $p = f(S)\rho^{5/3}$: Препринт № 4–96. Новосибирск: Ин-т гидродинамики СО РАН, 1996. 40 с.
10. Овсянников Л.В. Особый вихрь // ПМТФ. 1995. Т. 36. № 3. С. 45–52.
11. Овсянников Л.В., Чупахин А.П. Регулярные частично инвариантные подмодели уравнений газовой динамики // ПММ. 1996. Т. 60. Вып. 6. С. 990–999.
12. Чупахин А.П. Барохронные движения газа. Общие свойства и подмодели типов (1,2) и (1,1): Препринт № 4–98. Новосибирск: Ин-т гидродинамики СО РАН, 1998. 66 с.
13. Овсянников Л.В. Плоские течения газа с замкнутыми линиями тока // Докл. РАН. 1998. Т. 361. № 1. С. 51–53.
14. Овсянников Л.В., Макаренко Н.И., Налимов В.И. и др. Нелинейные проблемы теории поверхностных и внутренних волн. Новосибирск: Наука, 1985. 318 с.

Д о п о л н е н и е

к списку работ Л.В. Овсянникова, опубликованному в ПММ, 1989. Т. 53. Вып. 2

1985

Нелинейные проблемы теории поверхностных и внутренних волн. Новосибирск: Наука. 318 с. (Совм. с Н.И. Макаренко, В.И. Налимовым, В.Ю. Ляпидевским, П.И. Плотниковым, И.В. Стуровой, В.И. Букреевым, В.А. Владимировым.)

1990

Ред. Лаврентьев М.А. Избранные труды. Математика и механика. М.: Наука. 600 с. (Совм. с Н.Н. Боголюбовым, В.С. Владимировым и др.)

1991

Об асимптотическом представлении уединенных волн // Докл. АН СССР. Т. 318. № 3. С. 556–559.

Точные результаты в теории волн на воде // Тр. Всесоюз. конф. "Нелинейные явления". М.: Наука. С. 133–139.

1992

Программа ПОДМОДЕЛИ. Новосибирск: Ин-т гидродинамики СО РАН. 11 с.

1993

О свойстве x -автономии // Докл. РАН. Т. 330. № 5. С. 559–561.

Об оптимальных системах подалгебр // Докл. РАН. Т. 333. № 6. С. 702–704.

The group analysis algorithms // Modern Group Analysis: Advanced in Analytical and Computational Methods in Mathematical Physics. Dordrecht: Cluwer, P. 277–289.

The symmetry of isentropic ideal gas flows // Abstr. Int. Workshop on Advances in Analytical Methods in Aerodynamics, Poland, Miedzyzdroje, 1993. P. 41.

Об оптимальных системах подалгебр // Тр. XI Российского коллоквиума "Современный групповой анализ и задачи математического моделирования", Самара, 1993. Самара: Изд-во Самар. ун-та. С. 9–10.

1994

Программа ПОДМОДЕЛИ. Газовая динамика // ПММ. Т. 58. Вып. 4. С. 30–55.

Изобарические движения газа // Дифференц. уравнения. Т. 30. № 10. С. 1792–1799.

The group analysis purposes // Lie Group and their Appl. V. 1. N 1. P. 193–202.

On the optimal systems of subalgebras // Lie Group and their Appl. V. 1. N 2. P. 18–26.

Особый вихрь // Тез. Междунар. школы-семинара "Аналитические методы и оптимизация процессов жидкости и газа САМГОП-94", Арзамас, 1994. С. 87.

1995

Особый вихрь // ПМТФ. Т. 36. № 3. С. 45–52.

Двойные звуковые волны // Сиб. мат. журн. Т. 36. № 3. С. 611–618.

Регулярные и нерегулярные частично инвариантные решения // Докл. РАН. Т. 343. № 2. С. 156–159.

Regular partially invariant submodels of gas dynamics equations // J. Nonlin. Math. Phys. V. 2. N 3–4. P. 236–246. (Совм. с А.П. Чупахиным.)

1996

Инвариантные интегральные законы сохранения // Докл. РАН. Т. 351. № 5. С. 599–602.

Регулярные частично инвариантные подмодели уравнений газовой динамики // ПММ. Т. 60. Вып. 6. С. 990–999. (Совм. с А.П. Чупахиным.)

Регулярные типа (2,1) подмодели уравнений газовой динамики // ПМТФ. Т. 37. № 2. С. 3-13.

1997

Каноническая форма инвариантных подмоделей газовой динамики. Препринт № 3-97. Новосибирск: Ин-т гидродинамики СО РАН.

Partially invariant solutions to gas dynamics equations // Abstr. Int. Conf. Modern Group Analysis VII. Lie Groups and Contemporary Symmetry Analysis. Sophus Lie Conference Center. Nordfjordeid, Norway, 1997. P. 49.

Развитие механики жидкостей и газов в ИГиЛ СО РАН в 1986-1996 годы // ПМТФ. Т. 38. № 4. С. 3-27. (Совм. с Б.А. Луговцовым.)

1998

Плоские течения газа с замкнутыми линиями тока // Докл. РАН. Т. 361. № 1. С. 51-53.

Об иерархии инвариантных подмоделей дифференциальных уравнений // Докл. РАН. Т. 361. № 6. С. 740-742.

1999

Некоторые итоги выполнения программы "ПОДМОДЕЛИ" для уравнений газовой динамики // ПММ. Т. 63. Вып. 3. С. 362-372.