Проблемы с описанием замкнутой системы с комплексной скоростью

Якубовский Е.Г.

e-mail yakubovski@rambler.ru

Турбулентная комплексная скорость может возникнуть внезапно без оказания внешнего воздействия. Ламинарный поток при превышении критического числа Рейнольса может сохраняться ламинарным неустойчивым и внезапно перейти к устойчивому турбулентному потоку. Возникает мнимая часть скорости, которая не сохраняется даже при отсутствии внешнего воздействия. Значение мнимой части сохраняется, но мнимая часть определяет дисперсию процесса, и постоянная мнимая часть определяет мгновенные колебания с амплитудой равной мнимой части, и частотой определяемой мнимой скоростью и координатой. Мнимые колебания не сохраняются и не подчиняются законам сохранения энергии или импульса. Значение комплексной скорости сохраняется без внешнего воздействия. Но энергия не сохраняется без учета мнимой части, т.к. из квадрата действительной части скорости вычитается квадрат мнимой части скорости. Если не учесть мнимый член, то в турбулентном режиме закон сохранения энергии с действительной скоростью не выполняется. Мнимый член квадрата скорости приводит к не сохраняющемся колебанием кинетической энергии, так как физический смысл мнимой части - это дисперсия скорости.

Трехмерная комплексная скорость потока возникла при описании турбулентного потока, и мнимая часть имеет физический смысл среднеквадратичного значения скорости потока, при действительной части, описывающей среднее значение скорости потока. Имеются и другие величины, описываемые с помощью комплексных чисел, но с точностью до множителя, равного мнимой единице. Важно, чтобы мнимая часть могла иметь разные знаки. Возникла комплексная скорость, как комплексная координата положения равновесия и имеет точное значение действительной и мнимой части. В квантовой механике аналог координаты положения равновесия - собственное значение переменной, которое имеет строго определенное значение. Это накладывает ограничение на существование других значений параметров. Координата положения равновесия не имеет таких ограничений, так как мнимая часть является дисперсией параметра, и комплексная величина определяет среднее и дисперсию. Т.е. делает невозможным законы сохранения комплексных величин из-за мгновенных пульсаций мнимой части – равной среднеквадратичному отклонению. Если координата положения равновесия действительная, то имеется ограничение на знание других величин, в согласии с квантовой механикой.

Существует понятие ламинарного – действительного детерминированного значения величин, и турбулентного – комплексного значения. Причем граница между ними резкая, возникновение мнимой части. При мнимой части, равной нулю, получается двойной корень. Действительное решение становится неустойчивым, образуясь из течения Пуазейля, со скоростью или числом Рейнольдса, пропорциональной безразмерному давлению T

$$R = -R_{cr} + \sqrt{R_{cr}^2 + \alpha T} = \frac{\alpha T}{2R_{cr}} + o(T)\,. \qquad (1)$$

Образуется устойчивое решение, которое переходит в комплексное при росте давления

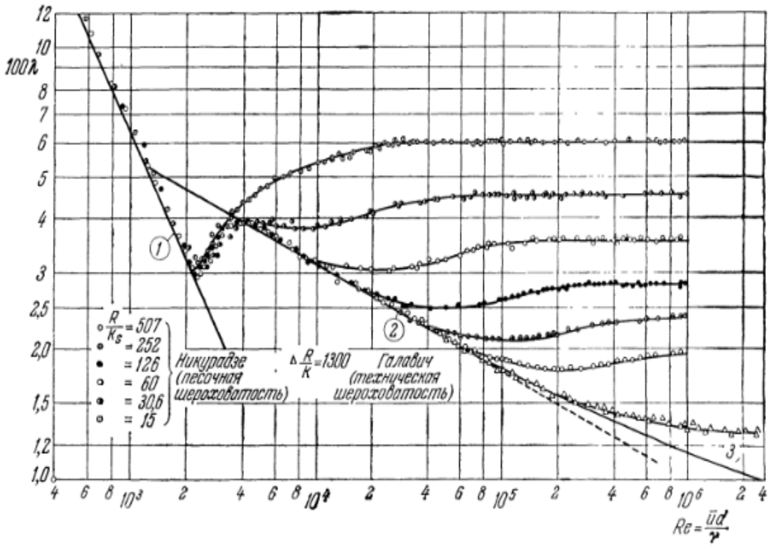
$$R = R_{cr} - \sqrt{R_{cr}^2 - \alpha T} = \frac{\alpha T}{2R_{cr}} + o(T)\,. \qquad (2)$$

Уравнение (1) неустойчивое в районе равенства членов $R_{cr}^2 = \alpha T$, так как заканчивается устойчивый линейный режим и давление становится пропорциональным квадрату скорости. . Формулы (1) и (2) получены см. [2]

и описывают потоки в трубах, но справедливы в общем случае. Тогда с ростом давления, квадратично растет и скорость, что приводит к росту давления. Если в линейном случае это допустимо, то в нелинейном приводит к неустойчивости. Формула определяющая давление через скорость для несжимаемой жидкости имеет вид

$$\Delta p = -\rho \frac{\partial V_i}{\partial x_k} \frac{\partial V_k}{\partial x_i} = -\rho \frac{\partial^2 V_i V_k}{\partial x_k \partial x_i}$$

Переход из неустойчивого состояния (1) в комплексное решение (2) не подчиняется закону сохранения энергии, возникает мнимая часть вместо действительной части, которая равнялась нулю. Переход из турбулентного состояния в ламинарное и обратно сопровождается изменением энергии и структуры системы. Переход из ламинарного состояние в турбулентное и обратно, это фазовый переход и, требуется энергия фазового перехода.



На рисунке виден скачок производной коэффициента сопротивления $\lambda = \frac{\Delta p}{\rho V^2 / 2}$ при критическом значении числа Рейнольдса. Решение меняется от $R = R_{cr} - \sqrt{R_{cr}^2 - \alpha T}$ до решения $R^2 = R_{cr}^2 + \sqrt{\alpha T^2 - R_{cr}^2 T \gamma}$, непрерывным образом, но со скачком производной. Причем имеем безразмерное давление $T \sim \Delta p$ и число Рейнольдса потока $R = Va/\nu$. Имеем скачок с бесконечной интегрируемой производной относительно давления и обобщенную интегрируемую функцию в зависимости от числа Рейнольдса

$$\Delta\frac{d\lambda}{dT}=\frac{\Delta pa^2}{\rho R_{cr}^3\nu^2}\left(\frac{R_{cr}^2-2\alpha T}{2\sqrt{\alpha T^2-R_{cr}^2T}\gamma}-\frac{\alpha}{2\sqrt{R_{cr}^2-T}}\right)=-\frac{\Delta pa^2}{\rho R_{cr}\nu^2}\frac{-R_{cr}^2+2\alpha T+\alpha\gamma\sqrt{T}}{2(\alpha T^2-R_{cr}^2T)^{1/2}\gamma}=$$

$$=\frac{\Delta pa^2}{\rho R_{cr}\nu^2}\frac{-1-\gamma/\sqrt{T}}{2(R^2-R_{cr}^2\pm i0)}\to\pm i\pi\frac{\Delta pa^2}{\rho R_{cr}\nu^2}\frac{1+\sqrt{\alpha}\gamma/R_{cr}}{2}\delta(R^2-R_{cr}^2)$$

Система (2) устойчивая, так как с ростом давления переходит в комплексную плоскость и растет мнимая часть скорости. И то и другое получаются из уравнения Навье-Стокса, имея линейный прообраз - течение Пуазейля. Надо сказать, что решение (2) это общий вид ламинарного решения, переходящего в турбулентное комплексное при давлении $R_{cr}^2=\alpha T$ и при критическом числе Рейнольдса. Вывод этих решений см. в [2]. При повышении числа Рейнольдса выше критического возможно существование действительного решения, которое скачком может перейти в комплексное решение. Это говорит о возможном не сохранении энергии и импульса. Причем имеется счетное количество значений коэффициента α, определяющее счетное значение энергии и импульса и между ними возможен переход.

Если ламинарное значение величины точное, без дисперсии и детерминированное, то комплексное значение вероятностное и имеет дисперсию. И то, и другое получается, как решение дифференциальных, нелинейных уравнений в частных производных, которые сводятся к системе обыкновенных дифференциальных уравнений с бесконечным количеством неизвестных.

Рассмотрим систему квазилинейных уравнений второго порядка

$$\frac{\partial^2 U_k}{\partial t^2}+\sum_{l,n=1}^{L}[a_{0nl}(x_1,...,x_3)+\sum_{s=1}^{L}a_{1nls}(x_1,...,x_3)U_s+...]\frac{\partial^2 U_k}{\partial x_l\,\partial x_n}+$$
$$+\sum_{l=1}^{L}[b_{0l}(x_1,...,x_3)+\sum_{s=1}^{L}b_{1ls}(x_1,...,x_3)U_s+...]\frac{\partial U_k}{\partial x_l}+ \qquad .$$
$$+[c_0(x_1,...,x_3)+\sum_{s=1}^{L}c_{1s}(x_1,...,x_3)U_s+...]U_k=d_k(x_1,...,x_3),k=1,...,L$$

Решение ищем с помощью подстановки в дифференциальное уравнение функции $\mathbf{U}(t,x_1,...,x_3)=\sum\limits_{n=0}^{\infty}\mathbf{b}_n(t)\varphi_n(x_1,...,x_3)$. При этом величина $d_k(x_1,...,x_3)$, это внешнее воздействие. Для решения этого уравнения подставляем разложение функции решения в уравнение в частных производных, умножаем на величину $\varphi_s(x_1,...,x_3)$ и интегрируем по пространству. Получим дифференциальное уравнение (1). Функции $\varphi_n(x_1,...,x_3)$ выберем синусоидальными, тогда если решение непрерывная функция, то коэффициенты ряда убывают как величина $1/n^2$, и процесс редукции возможен. Можно выбрать эти функции равными ламинарному решению, тогда решение содержит один член с вычисленным комплексным коэффициентом и одним значением энергии. При умножении на степень этих функций и интегрировании по пространству получается счетный набор решений и значений энергии.

Задача сводится к исследованию нелинейной системы обыкновенных дифференциальных уравнений со второй производной по времени, где при действительных аргументах $b_1,...,b_N$ уравнение имеет однозначную правую часть

$$\frac{d^2 b_s}{dt^2}=F_s(b_1,...,b_N),s=1,...,N. \qquad (3)$$

Возможно система уравнений в частных производных сводится к системе обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. Систему (3) можно свести к системе обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка, система нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка отличается от преобразованной системы (3) наличием координат положения равновесия.

В случае системы линейных дифференциальных уравнений в частных производных она имеет первые интегралы в действительной плоскости и описывает ламинарное решение. Но иногда она сводится к нелинейному уравнению в частных производных, например, уравнение квантовой механики Шредингера и Клейна-Гордона сводятся к нелинейному уравнению Навье-Стокса. Волновое уравнение тоже сводится к нелинейному уравнению. Оператор Лапласа допускает нелинейное представление с помощью подстановки $\frac{\partial^2 \psi}{\partial x_l^2} = \psi[\frac{\partial^2 \ln \psi}{\partial x_l^2} + (\frac{\partial \ln \psi}{\partial x_l})^2]$, используя $u_l = \frac{\partial \ln \psi}{\partial x^l}$ в безразмерном виде см. [1]. Полученное нелинейное уравнение допускает ламинарное и турбулентное решение. Нелинейное уравнение допускает линейное ламинарное решение, например, течение Пуазейля в гидродинамике.

Если ламинарное действительное решение уравнения второго порядка производной по времени допускает первый интеграл с кинетической и потенциальной энергией, то комплексное решение требует учета излучения как дискретного, так и непрерывного см. [1]. При этом комплексное решение имеет счетное количество комплексных значений энергии и импульса, а у ламинарного действительного решения значение действительной энергии непрерывно. Но у турбулентных комплексных решений изменение квантовых чисел вызывает изменение в материальных и полевых значениях интеграла энергии, при их постоянной сумме. Первый интеграл содержит действительный и мнимый член, но так как мнимый член непосредственно не описывается действительными координатами, а требует комплексных координат, действительный интеграл энергии не существует. Действительные величины не сохраняются, при наличии мнимой части. Та же ситуация с импульсом. Полевая часть энергии зависит от целого числа минус комплексная константа и равна действительной константе. При большом квантовом числе асимптотика энергии и импульса описывается формулой. Импульс излучения комплексный

$$\mathrm{H}_l(c_l,h_l,a_l)=\frac{\mathrm{Im}(N^2)\,\mathrm{Re}\frac{1}{F_l(-N^2)}-\mathrm{Re}\,N^2\,\mathrm{Im}\frac{1}{F_l(-N^2)}}{|N|^4}.$$

$$p_{n_l^s}=\frac{i}{2c_l}=-\frac{i}{2N^2};N^2=b^2(n_l^s-i\eta)^2$$

Материальная кинетическая и потенциальная часть энергии равна

$$H_l=(\frac{dc_l}{dh_l})^2/2-\int_{c_l^0}^{c_l}D(c_l)dc_l.$$

Сумма полевой и материальной части равна константе P_l

$$\mathrm{H}_l(c_l,h_l,a_l)+H_l=P_l=const.$$

Возможно изменение квантового числа, от которого зависит полевая часть энергии. При этом материальная часть энергии скачком изменится, при неизменной сумме. Если не учитывать полевую часть энергии, определяемую мнимой частью действия, то материальная часть и суммарное значение энергии может скачком измениться.

Приведем пример нарушений законов физики при не учете мнимой части турбулентного течения. Сила тяги гидродинамической системы определяется интегралом по замкнутой поверхности

$$F_i=\oint(p\delta_{ik}+\rho V_iV_k)df_k.$$

Скорость у задней части реактивного двигателя больше, чем у передней части, что приводит к силе, совпадающей по направлению со скоростью. Давление газов внутри двигателя не передается внешней среде. Т.е. тяга направлена в противоположную сторону относительно реальной возникающей силы. Если же учесть мнимую часть турбулентной скорости, то из квадрата действительной части вычитается квадрат мнимой части и тяга направлена в нужную сторону. Мнимая часть квадрата скорости приводит к высокочастотным колебаниям действующей силы.

Причем мнимая часть - это дисперсия величины и значит мнимая часть определяет мгновенные действительные колеблющиеся значения, которые не сохраняются. Первый интеграл содержит значение дисперсии и среднего, являющихся мнимой и действительной частью первого интеграла как энергии, так и импульса. Мнимая часть может иметь два знака – плюс и минус, выбор которых определяет либо затухание, либо рост величины.

Выводы

Интеграл энергии и импульса является комплексным и не учет мнимой части может привести к не сохранению энергии. При этом мнимая часть определяет дисперсию процесса, которая проявляется в появлении мгновенных импульсов и энергии, которые не сохраняются. При этом полевая часть энергии или импульса, это комплексная константа, зависящая от квантовых чисел. При равенстве нулю полевой части первого интеграла, материальная часть является действительной. Выводы основаны на статье [1].

Литература

1. Якубовский Е.Г. Решение систем обыкновенных нелинейных уравнений второго порядка с учетом дискретного излучения. «Энциклопедический фонд России», 2017,19стр., http://russika.ru/userfiles/390_1530405340.pdf
2. Якубовский Е.Г. Исследование решения уравнения Навье – Стокса II. «Энциклопедический фонд России», 2017, 64стр., http://russika.ru/userfiles/390_1525989389.pdf