

где Γ — простой замкнутый контур, лежащий в верхней λ -полуплоскости и охватывающий точку $\lambda = i$. Выберем касательный вектор τ так, чтобы $(\tau, \lambda) = 45^\circ$, тогда матрица (6) примет вид

$$\begin{bmatrix} i-2 & i & -3i & i \\ -4-3i & -2+i & -3i+6 & i-2 \end{bmatrix}.$$

Нетрудно видеть, что все миноры второго порядка этой матрицы равны нулю. Следовательно, задача (3), (4) нерегуляризуема. Теорема доказана.

Заключение. В работе доказывается невыполненность условия регуляризуемости краевой задачи типа наклонной производной для одной эллиптической системы второго порядка на плоскости. Последнее означает, что либо однородная задача имеет бесконечно много линейно независимых решений, либо для разрешимости неоднородной задачи требуется бесконечно много линейно независимых условий разрешимости.

Список цитируемых источников

1. Жадан, М. И. Задача типа наклонной производной для эллиптических систем второго порядка / М. И. Жадан, А. Т. Усс // Доклады АН БССР. — 1983. — Т. XXVII. — № 6. — С. 489—491.
2. Бицадзе, А. В. О единственности решения задачи Дирихле для эллиптических уравнений с частными производными / А. В. Бицадзе // Успехи мат. наук. — 1948. — Т. 3. — Вып. 6. — С. 211—212.
3. Жадан, М. И. Гомотопическая классификация и регуляризуемость некоторых классов эллиптических систем и краевых задач : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.01.02 / М. И. Жадан ; Ин-т математики АН БССР. — Минск, 1983. — 111 л.
4. Боярский, Б. В. О первой краевой задаче для систем уравнений эллиптического типа второго порядка на плоскости / Б. В. Боярский // Bull. del'Acad. Pol. des Sciences. Ser. des Sciences Math., Astron. et Phys. — 1959. — Vol. 7. — № 9. — P. 565—570.
5. Агранович, М. С. Эллиптические сингулярные интегро-дифференциальные операторы / М. С. Агранович // Успехи мат. наук. — 1965. — Т. 20. — Вып. 5. — С. 3—120.

УДК 539.612

Т. И. Болашенко

Учреждение образования «Могилевский государственный университет продовольствия», Могилев

СОЗДАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВАМИ ПЕРЕСЫЩЕННЫХ СРЕД В ПЛОСКОМ КАНАЛЕ С СЕТЧАТЫМ НАГРЕВАТЕЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ

Введение. В физике аэродисперсных систем для изучения процессов гомогенной и гетерогенной конденсации, создания наноразмерных частиц важно иметь возможность не только создавать и поддерживать среду в состоянии пересыщения, но и осуществлять контроль и по мере необходимости управлять величиной пересыщения. Можно выделить несколько методов получения устойчивых пересыщений: адиабатическое расширение газовой смеси, турбулентное смещение газов, использование особенностей молекулярной диффузии и теплопроводности в каналах различной формы [1, с. 767]. При адиабатическом расширении смеси газов возникающее пересыщение зависит от степени и скорости расширения, а также характеристик инертного газа и активной компоненты. Если пересыщенная среда создается смешением разнотемпературных потоков, то изменение величины пересыщения реализуется путем изменения температуры или скоростей смешивающихся потоков, а также увеличением или уменьшением концентрации активной компоненты. При использовании плоского или цилиндрического каналов управление пересыщением основано на различии в скоростях молекулярного переноса тепла и массы. Если температура стенок плоского или цилиндрического канала, на стенках которого вещество активной компоненты газового потока находится в состоянии насыщения, линейно возрастает по направлению течения газовой смеси, то пересыщение внутри канала монотонно возрастает. Замена линейного профиля температуры стенок кусочно-линейной функцией с изотермическим участком позволяет получать постоянные вдоль оси каналов пересыщения. Меняя темп нагрева на линейных участках, можно управлять величиной пересыщения.

Основная часть. Устройством для образования пересыщенной среды в результате молекулярной диффузии и теплопроводности может служить плоский канал, стенки которого находятся при различных температурах и покрыты насыщенным раствором одной из компонент газовой смеси. Температуры стенок канала поддерживаются постоянными, а пространство между стенками заполнено неконденсирующимся газом. При этом жидкость и неконденсирующийся газ выбраны таким образом, что плотность газовой смеси уменьшается от нижней поверхности к верхней. Это способствует исключению конвекции. Вместе с тем изменить профиль и величину пересыщения в таком канале можно только путем нагревания или охлаждения стенок канала. Такой

способ управления давно известен [2, с. 176], но он является достаточно инерционным, поскольку требует значительного времени для перестройки теплового режима. В настоящей работе предлагается иной способ, который заключается в возможности влиять на пересыщение с помощью некоторого дополнительного элемента, не оказывающего сопротивления молекулам газа при их движении в канале и способного нагреваться.

Для оценки этого способа рассмотрена задача о тепло- и массообмене в плоском щелевом горизонтально расположенном канале, между поверхностями которого помещен нагревательный сетчатый элемент (сетка) толщиной, которая значительно меньше ширины канала. Для удобства решения задачи сделаны следующие предположения: температура верхней стенки выше, чем нижней, обе стенки являются смачиваемыми, а пары активной компоненты вблизи поверхностей стенок являются насыщенными. Кроме того, предполагается, что размер ячеек сетки сравним с ее толщиной, которая, в свою очередь, мала по сравнению с высотой канала, а теплопроводность сетки значительно превышает теплопроводность газа. Указанные предположения позволяют считать температуру сетки постоянной по ее толщине. Задача о переносе тепла и массы решена в приближении отсутствия естественной конвекции, явлений термодиффузии и диффузионной теплопроводности. В результате решения системы уравнений с соответствующими граничными условиями получены профили температуры, концентрации и пересыщения в двух выделенных областях: верхняя стенка канала — сетка и сетка — нижняя стенка канала.

В рамках сделанных предположений уравнения переноса тепла и массы являются независимыми. Поэтому изменение температуры сетки не влияет на процессы массопереноса, а распределение пересыщения активной компоненты в области «верхняя стенка канала — сетка» описывается формулой

$$\delta(\xi) = \frac{C_1(\xi)}{C_{1s}(T_0 + (T_c - T_0)\xi)} - 1,$$

а в области «сетка — нижняя стенка канала» — выражением

$$\delta(\xi) = \frac{C_1(\xi)}{C_{1s} \left[\frac{d_1}{d_2 - d} (T_c - T_d)\xi + \frac{T_d d_2 - T_c d}{d_2 - d} \right]} - 1,$$

где концентрации активной компоненты $C_1(\xi)$ для всех областей канала описывается единой формулой, полученной путем интегрирования уравнения конвективной диффузии:

$$C_1(\xi) = C_{1s}(T_0) + \frac{C_{1s}(T_d) - C_{1s}(T_0)}{\alpha + \beta(\gamma - 1)} \xi.$$

В приведенных уравнениях использованы следующие обозначения: $\delta(\xi)$ — пересыщение; T_0 , T_c и T_d — температуры верхней стенки, сетки и нижней стенки канала; ξ — безразмерная координата; d_1 , d_2 и d — координаты верхней и нижней кромок сетки и нижней стенки канала; C_{1s} — концентрация насыщенных паров; α , β , и γ — параметры, учитывающие положение сетки в канале (α и β) и ее «прозрачность» (γ) или способность оказывать сопротивление потоку молекул активной компоненты.

Анализ выражения для расчета пересыщения показывает, что если сетку нагреть до температуры верхней стенки канала ($T_c = T_0$), то в пространстве между верхней стенкой канала и сеткой пересыщение будет отрицательным, т. е. $\delta(\xi) < 0$ и вещество активной компоненты находится в ненасыщенном состоянии. В случае, если температура сетки меньше температуры верхней поверхности, то $\delta(\xi) > 0$ и концентрация молекул активного вещества превышает концентрацию насыщенных паров. Таким образом, меняя температуру сетки, можно изменять величину пересыщения в верхней части канала.

Выражение для расчета $\delta(\xi)$ с подстановкой $C_1(\xi)$ справедливо в том случае, если температура сетки больше некоторой критической температуры T^* , которая может быть определена из условия отсутствия гетерогенной конденсации паров активной компоненты на поверхности сетки $\delta(\xi = 1) \leq 0$:

$$T^* = T_0 \left\{ 1 - \frac{T_0}{B} \ln \left[1 + \frac{1}{\alpha + \beta(\gamma - 1)} \left(\frac{C_{1s}(T_0)}{C_{1s}(T_c)} - 1 \right) \right] \right\},$$

где B — полуэмпирический коэффициент в выражении зависимости концентрации насыщенного газа от температуры.

При условии равенства температуры сетки и верхней поверхности канала в нижней половине канала (по всей ширине или его части) активная компонента остается пересыщенной.

Демонстрационные расчеты выполнены для водяного пара, рассматриваемого в качестве активной компоненты смеси «воздух — водяной пар». Температуры стенок канала равны: нижняя $T_d = 293$ К, верхняя — $T_0 = 313$ К. Сетка располагается между стенками канала посередине, так что $\alpha + \beta(\gamma - 1) = 2$, и предполагается бесконечно тонкой, т. е. $d_1 = d_2$ или $h = 0$. Расчеты проведены для различных температур сетки от 303 до 313 К.

Распределение относительной концентрации в канале является линейной функцией. Параметры сетки и ее положение в канале способны повлиять на величину концентрации активной компоненты, но общий вид распределения остается неизменным.

Если сетку сместить относительно центра канала, например, в сторону нижней стенки на расстояние, равное 0,25 высоты канала, то формулы для расчета распределения температуры, относительной концентрации и пересыщения в обеих частях канала не меняются. Представляет интерес зависимость пересыщения от температуры сетки. Результаты расчетов пересыщения по сечению канала для различных температур сетки показывают, что изменение температуры сетки в пределах 1,5 К приводит к изменению пересыщения в два раза и более, т. е. так же, как и в случае с сеткой, расположенной в центре канала, наблюдается высокая чувствительность пересыщения к температуре сетки.

Заключение. Если в пространство между двумя разнотемпературными поверхностями поместить дополнительный элемент, который может быть нагрет и способен пропускать молекулы газа, то течение процессов тепло- и массообмена в канале меняется. С помощью температуры сетки можно управлять величиной пересыщения в канале камеры, в том числе создавать пересыщения, превышающие критические. Положение сетки оказывает влияние на профили пересыщения. Смещение сетки в сторону нижней части канала позволяет расширить область «верхняя стенка — сетка», которую удобно использовать для создания устойчивых и контролируемых пересыщений.

Список цитируемых источников

1. Characterization of a modified expansion condensation particle counter for detection of nanometer-sized particles / H. Saghafifar [etc.] // *Aerosol Science and Technology*. — 2009. — Vol. 43. — № 8. — P. 767—781.
2. *Амелин, А. Г.* Теоретические основы образования тумана при конденсации пара / А. Г. Амелин. — М.: Химия, 1972. — 304 с.

УДК 531.5

А. С. Бродюк, Р. А. Тереш, Т. С. Петлицкая

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

СПАЙДЕР-ЭФФЕКТ

Введение. Благодаря силе гравитации, небесные тела вращаются друг относительно друга: Луна вокруг Земли, Земля вокруг Солнца, Солнце вокруг центра нашей Галактики и т. д. При этом тела удерживаются центробежной силой, которую обеспечивает сила гравитации. Это же относится и к искусственным телам (спутникам), вращающимся вокруг Земли. Изучению гравитационного поля посвящено огромное количество статей и научных работ, однако объективного объяснения причин загадочного притяжения двух тел ещё пока нет.

Основная часть. Изучая литературу по данному вопросу, мы натолкнулись на удивительную гипотезу объяснения природы гравитационного взаимодействия. У тел, попавших в поле тяготения, происходит рассогласование частот на атомарном уровне. Возникший частотный градиент деформирует поле интерференции внутри тела таким образом, что зона его энергетического комфорта смещается в направлении планеты. Тело «скатывается» в сместившуюся относительно него зону комфорта, как это происходит, например, в серфинге, а потому движется. Со стороны такое движение выглядит свободным падением [1]. Данная гипотеза была озвучена в рамках нового веяния в физике, называемого ритмодинамикой. Ещё пока нельзя сказать, что ритмодинамика — это наука, так как в научных кругах она пока ещё не признана. В 1997 году была издана книга-монография «Ритмодинамика», в которой автор изложил результаты многолетних исследований фундаментальных проблемных явлений. На протяжении 10 лет было проведено множество экспериментов, подтвердивших опубликованные в монографии выводы и предсказания. Автор подчёркивает, что ритмодинамика не претендует на роль универсальной парадигмы, но как инструмент при решении зачастую сложных научных и прикладных задач она вполне дееспособна [2].

Итак, вернёмся к гравитации. Движение тел в космической среде при наличии сдвига фаз или рассогласования частот взаимодействующих тел-осцилляторов проявляется в явлении спайдер-эффекта. Спайдер-эффект — это интерференционная картина. В плоскости эта картина представляет собой геометрический образ распределения симфазных точек (точек пересечения интерференционных линий). Компьютерное моделирование показывает, что наличие разности (аритмии) частот двух осциллирующих систем приводит к деформации интерференционной решётки путём сворачивания линий интерференции. Чем выше разница частот, тем круче деформация поля интерференции, вплоть до формирования замкнутых кольцевых образований со стороны более высокочастотного осциллятора. Спайдер-эффект — это динамическая структура.