

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2018, №5, Том 10 / 2018, No 5, Vol 10 <https://esj.today/issue-5-2018.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/97NZVN518.pdf>

Статья поступила в редакцию 17.11.2018; опубликована 15.01.2019

Ссылка для цитирования этой статьи:

Федотов П.В., Кочетков А.В. Молекулярная аэрогидромеханическая теория газов. Часть 1. Взаимодействия молекул в разреженных газах // Вестник Евразийской науки, 2018 №5, <https://esj.today/PDF/97NZVN518.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Fedotov P.V., Kochetkov A.V. (2018). Molecular aerohydrodynamic theory of gases. Part 1. Interaction of molecules in rarefied gases. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 5(10). Available at: <https://esj.today/PDF/97NZVN518.pdf> (in Russian)

УДК 533

ГРНТИ 29.17.15

Федотов Петр Викторович

ООО «Научно-исследовательский центр технического регулирования», Саратов, Россия
Инженер
E-mail: klk50@mail.ru

Кочетков Андрей Викторович

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия
Доктор технических наук, профессор
E-mail: soni.81@mail.ru

Молекулярная аэрогидромеханическая теория газов. Часть 1. Взаимодействия молекул в разреженных газах

Аннотация. Показана ограниченность современной классической теории газов. Данные ограничения присущи не только теории идеальных газов, но в не меньшей степени относятся и к так называемой теории реальных газов.

Недостатки современных теорий газов сосредоточены в двух пунктах. Во-первых, что касается сил молекулярного взаимодействия. Если в МКТ они полностью отрицаются, то в теории Ва-дер-Ваальса их наличие признается, но считается, что действуют они исключительно на коротких расстояниях порядка 10^{-9} м. Показано, что силы межмолекулярного взаимодействия в газах действуют вплоть до состояния вакуума и должны учитываться в усовершенствованных теориях газов.

Второй момент касается взаимодействия молекул с тепловыми фотонами, которые излучают атомы при любых температурах выше абсолютного нуля. В современных теориях газов взаимодействие фотонов и молекул никак не отражается. Показано, что фотоны играют существенную роль при высоких температурах.

На основании предъявленных доказательств предложена новая теория строения газов. Суть которой в том, что строение газов аналогично строению жидкостей. И в газах действуют законы, аналогичные законам гидростатики.

Ключевые слова: теория газов; реальные газы; межмолекулярные взаимодействия в газах; вандерваальсовы силы; взаимодействия фотонов и веществ

Введение

Как известно, уравнение состояния устанавливает функциональную связь между давлением p , объемом V , температурой T и числом молей n газа в состоянии равновесия. Самым простым и известным уравнением состояния является уравнение состояния идеального газа:

$$pV = nRT, \quad (1)$$

где R – универсальная газовая постоянная.

Реальные газы описываются уравнением состояния идеального газа только приближенно. Отклонения от идеального поведения становятся заметными при высоких давлениях и низких температурах, особенно когда газ близок к конденсации.

Имеются несколько способов описания отклонений реальных газов от идеального, которые описываются различными уравнениями [4, 5 и др.].

Наиболее простым является метод фактора сжимаемости z .

Вводится фактор сжимаемости следующим образом.

Указывается, что моль газа при определенных условиях (P и T) занимает определенный объем V_m . Далее говорится: «Наиболее удобной мерой неидеальности является *фактор сжимаемости* $Z = pV_m / RT$, поскольку для идеального газа $Z = 1$ при любых условиях» [6]. Другими словами, фактор сжимаемости отражает отношение объемов занимаемых одним молем идеального и реального газа.

Фактор сжимаемости является не только самой простой и удобной мерой неидеальности газов, но и самым простым способом исследования происходящих в реальных газах механизмов, приводящих к их неидеальности.

Постановка задачи

Обобщим определение фактора сжимаемости¹. Для этого перепишем уравнение (1) для одного моля идеального газа:

$$R = \frac{pV}{T}, \quad (2)$$

где R – универсальная газовая постоянная.

Аналогично для реального газа уравнение состояния будет выглядеть так:

$$R' = \frac{pV}{T}, \quad (3)$$

здесь R' – реальная газовая постоянная.

Естественно, в силу неидеальности газов постоянные в уравнениях (2) и (3) будут отличаться, т. е. $R' \neq R$.

Для численного выражения неидеальности введем переменную:

¹ Для простоты принимаем по умолчанию, что все уравнения написаны для 1 моля газа (прим. авт.).

$$Z = \frac{R}{R'} = \frac{\frac{P_p V_p}{T_p}}{\frac{P_u V_u}{T_u}} \quad (4)$$

Здесь индекс p означает, что параметр относится к реальному газу, соответственно, индекс u означает, что параметр описывает идеальный газ.

Предлагаемое решение

Покажем, что уравнение (4) является более общим определением отклонения реального газа от идеального, чем принятое определение фактора сжимаемости Z .

Так если принять, что давление и температура реального и идеального газа равны: $P_p = P_u = P$ и $T_p = T_u = T$, тогда уравнение (4) упрощается:

$$Z = \frac{R}{R'} = \frac{\frac{P V_p}{T}}{\frac{P V_u}{T}} = \frac{V_p}{V_u} \quad (5)$$

Уравнение сводится к общепринятому определению фактора сжимаемости Z как к отношению объемов занимаемых одним моле реального и идеального газов.

Уравнение (4) можно интерпретировать и по-другому. Если зафиксировать объем и температуру, т. е. принять $V_p = V_u = V$ и $T_p = T_u = T$, то уравнение (4) сведется к виду:

$$Z = \frac{R}{R'} = \frac{\frac{P_p V}{T}}{\frac{P_u V}{T}} = \frac{P_p}{P_u} \quad (6)$$

В этом случае фактор сжимаемости можно интерпретировать как отношение давлений реального и идеального газов в выбранном объеме при одинаковой температуре. В этом случае фактор сжимаемости характеризует, насколько реальное давление в объеме отличается от того давления, которое было бы, если бы данный объем занимал бы идеальный газ.

Продолжим рассуждения дальше, используя уравнение (6).

Отметим, что для идеального газа всегда $Z = 1$. Ясно, что если $Z > 1$, значит из (6) следует, что $P_p > P_u$. Давление реального газа больше, чем давление идеального. Значит, в реальном газе существуют механизмы дополнительного отталкивания между молекулами, не учтенные в модели идеального газа.

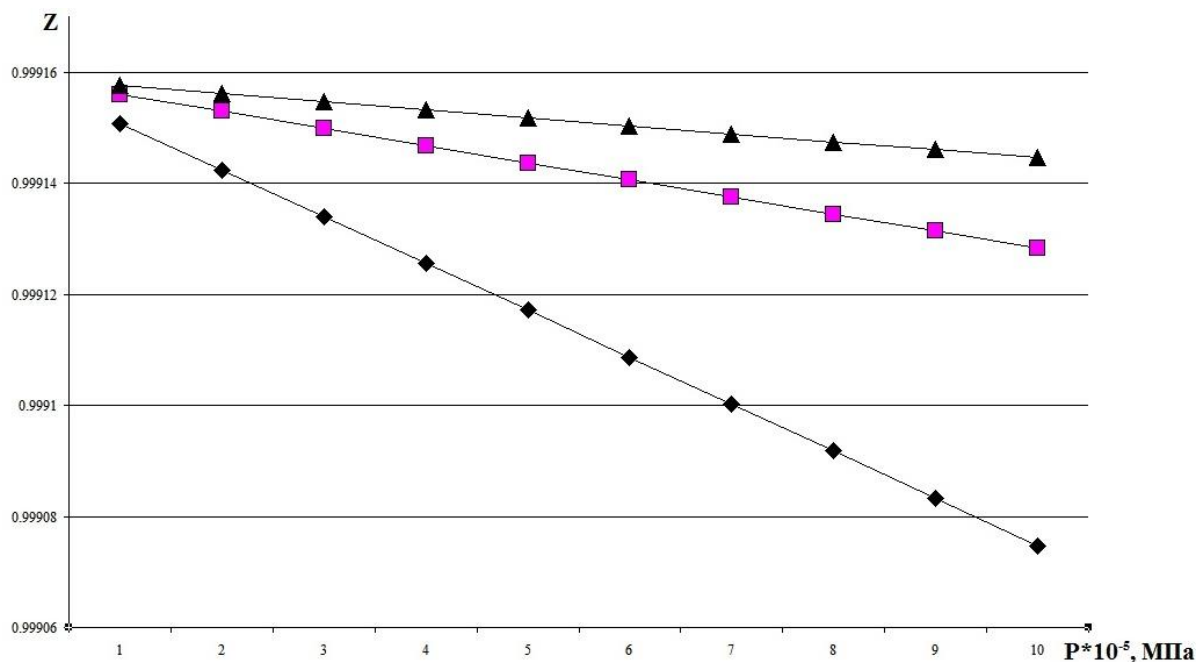
Соответственно, если $Z < 1$, из (6) следует, что $P_p < P_u$. А это в свою очередь означает, что в реальности существуют механизмы притяжения между молекулами реальных газов, которые не учитываются в молекулярно-кинетической теории (МКТ).

Принято считать, что отклонения от идеальности существуют для всех газов, но проявляются только при низких температурах и высоких давлениях [6].

В остальных случаях отклонения несущественны, поэтому их можно не учитывать. Покажем, что это совсем не так. Хотя отклонения от идеальности могут иметь малые значения, тем не менее, они играют важную роль.

Начнем рассмотрение на примере водяных паров. Для этого воспользуемся данными, приводимыми в официальных источниках [10].

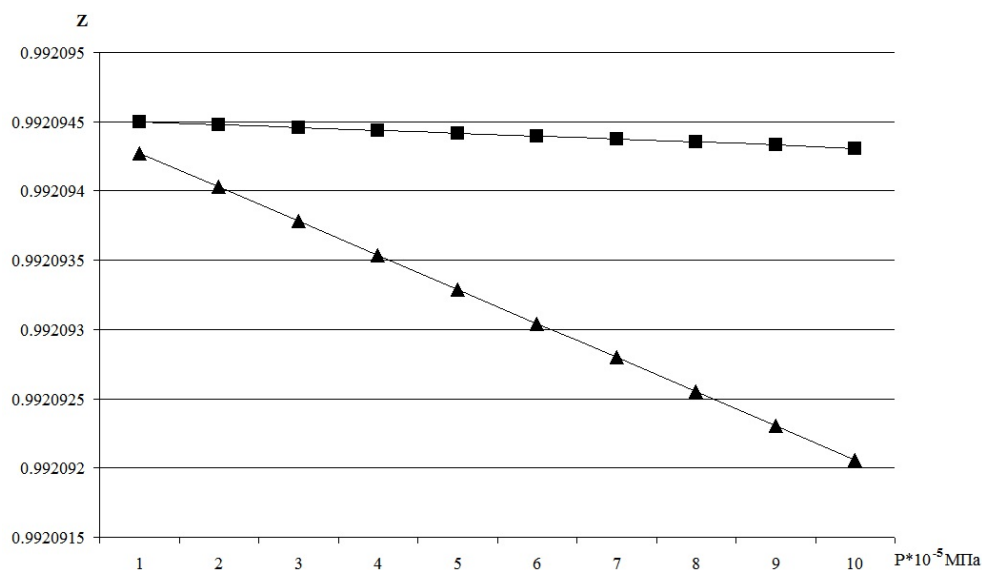
На рисунке 1 приведены графики фактора сжимаемости для водяных паров при низких давлениях от 10 до 100 Па (0,0001 ... 0,001 атм). Заметим, что диапазон давлений от 100 до 10^{-1} Па относится к среднему вакууму [10, с. 46].



◆ – температура 0°C , ■ – температура 50°C , ▲ – температура 100°C (рисунок авторов по данным [9])

Рисунок 1. Фактор сжимаемости (Z), паров воды, при давлении $10^{-4} \dots 10^{-5}$ МПа

Аналогичные зависимости существуют и для других газов, например, на рисунке 2 приведены графики зависимости фактора Z для водорода при тех же давлениях, т. е. условия среднего вакуума.



■ – температура 70 K , ▲ – температура 100 K (рисунок авторов по данным [9])

Рисунок 2. Фактор сжимаемости (Z) водорода, при давлении $10^{-4} \dots 10^{-5}$ МПа

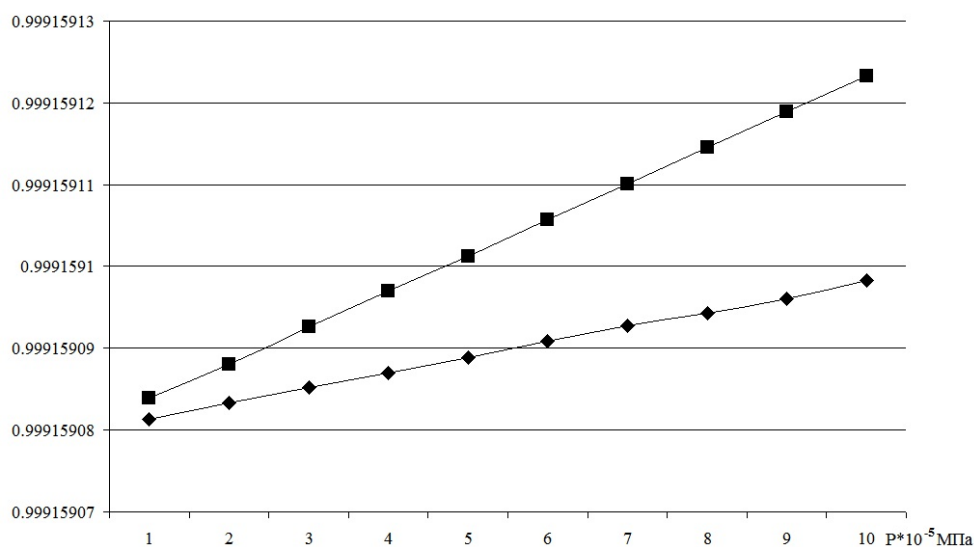
Аналогичные зависимости существуют и для других газов.

Отметим два момента, во-первых, с увеличением давления (плотности) взаимодействие молекул газа увеличивается (Z уменьшается).

Во-вторых, с увеличением температуры Z уменьшается по величине и по градиенту.

На рисунках 1 и 2 показано, что при увеличении давления (плотности) в газах увеличивается притяжение между молекулами. Но так происходит не всегда, в частности, при высоких² температурах характер взаимодействия между молекулами меняет свой характер.

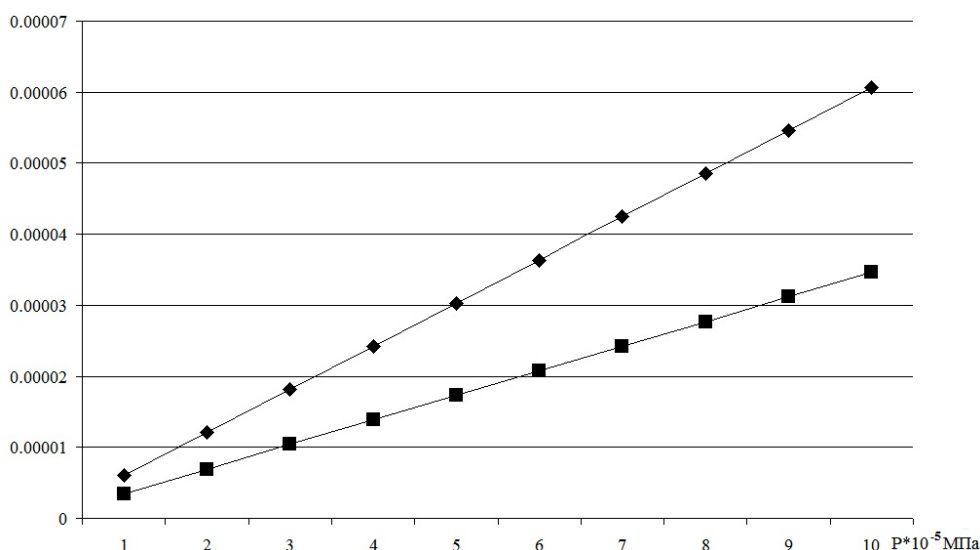
На рисунке 3 приведены графики Z -фактора для водяных паров при высоких температурах.



◆ – температура 1400°C , ■ – температура 2000°C (рисунок авторов по данным [9])

Рисунок 3. Фактор сжимаемости (Z), паров воды, при давлении $10^{-4} \dots 10^{-5}$ МПа

Для водорода аналогичный график приведен на рисунке 4.



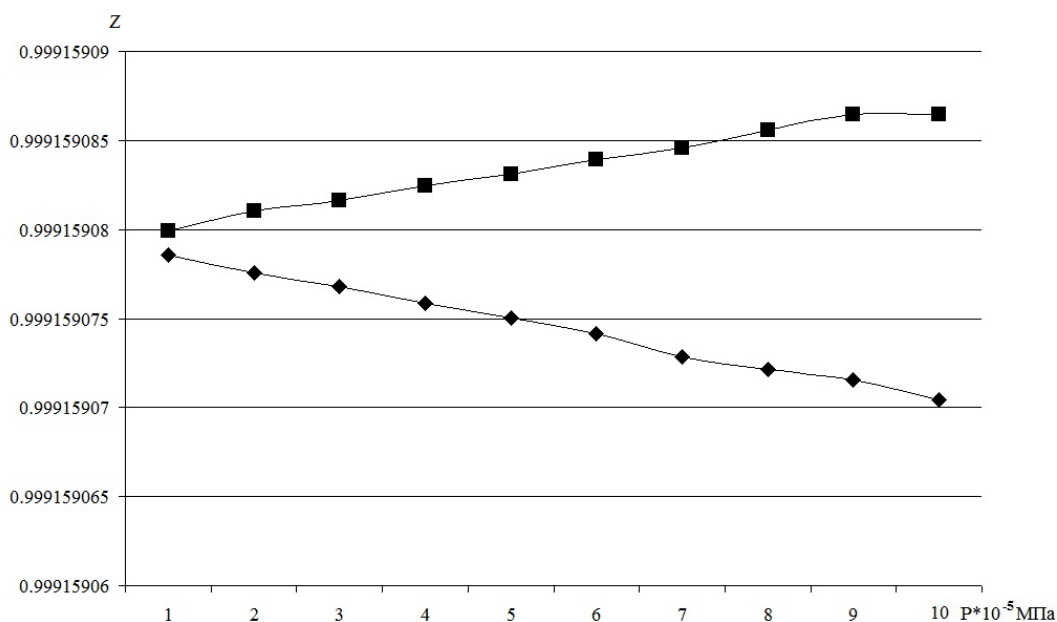
◆ – температура 400 K , ■ – температура 700 K , (рисунок авторов по данным [9])

Рисунок 4. Фактор сжимаемости (Z) водорода при давлении $10^{-4} \dots 10^{-5}$ МПа

² Понятия «низкий» и «высокий» для температур реальных газов довольно относительные. Так комнатная температура для воды ($T_{\text{кип}} = 100^\circ\text{C}$) низкая, а для водорода с точкой кипения $T_{\text{кип}} = 20,28\text{ K}$ ($-258,87^\circ\text{C}$) та же температура очень высокая (прим. авт.).

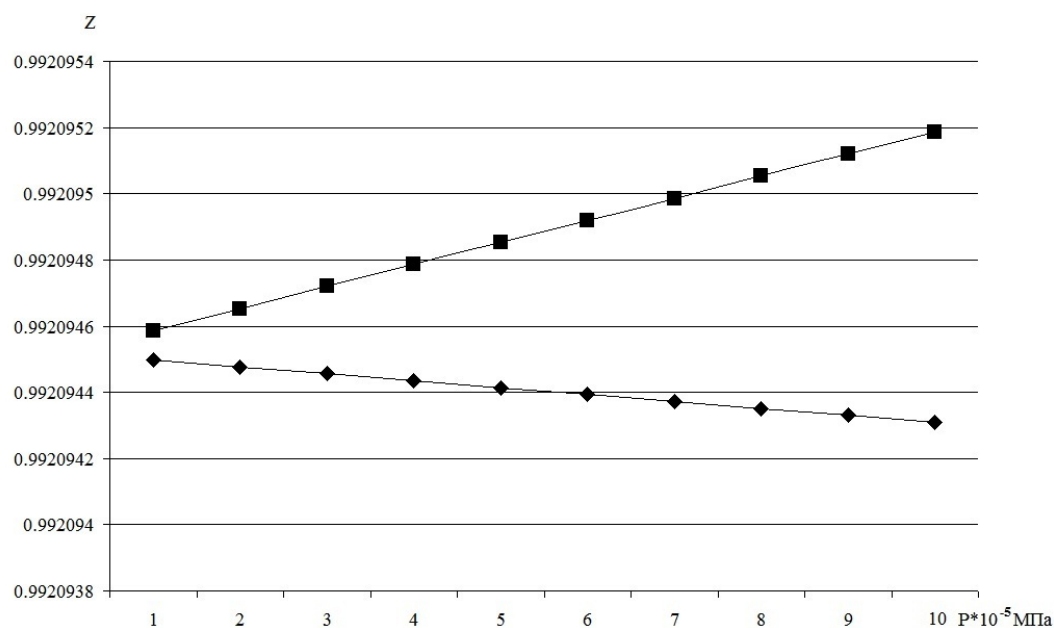
Из приведенных графиков на рисунках 3 и 4 видно, что при высоких температурах взаимодействие меняет свой характер, при увеличении давления (плотности) притяжение не увеличивается, а уменьшается (сравнить с графиками рисунков 1 и 2). Для водорода отталкивание даже растет ($Z > 1$).

Температура, при которой Z -фактор меняет свой характер, для разных газов разная. Так для воды средняя температура имеет значение 1250°C (рисунок 5), а для водорода – 150 K (рисунок 6).



◆ – температура 1200°C , ■ – температура 1300°C (рисунок авторов по данным [9])

Рисунок 5. Фактор сжимаемости (Z) паров воды при давлении $10^{-4} \dots 10^{-5}$ МПа



◆ – температура 400 K , ■ – температура 700 K (рисунок авторов по данным [9])

Рисунок 6. Фактор сжимаемости (Z) водорода при давлении $10^{-4} \dots 10^{-5}$ МПа

То, что в реальных газах фактор сжимаемости (Z -фактор) отличается от единицы, факт известный [6] и объясняется он существованием дальнедействующих сил межмолекулярного взаимодействия, по сути сил Ван дер Ваальса. При этом легко объясняется увеличение сил

притяжения от давления (плотности). Естественно, чем выше плотность, тем меньше расстояния между молекулами, тем сильнее притяжение.

Существование в газах вандерваальсовых сил сомнению не подлежит, т. к. вандерваальсовы силы – согласно исследованиям, по сути, являются силами электромагнитного взаимодействия молекулярных диполей [1]. Но объяснить зависимость взаимодействия между молекулами от температуры с точки зрения современной теории газов затруднительно. Тем более, что вандерваальсовы силы – это силы притяжения. Объяснить ими отталкивание молекул газа при любых температурах невозможно.

Но отталкивание молекул газа при высоких температурах легко можно объяснить в рамках предлагаемой авторами молекулярно-фотонной теории (МФТ) [8]. Отталкивание между молекулами возникает от механического воздействия излучаемых молекул, причем отталкивание возникает в двух случаях: при излучении (реактивная отдача) и при поглощении, когда фотон сталкивается с молекулой.

В рамках МФТ действуют два механизма взаимодействия между молекулами. Это вандерваальсовы силы притяжения и фотонное отталкивание. Результирующее взаимодействие получается как результат противоборства притяжения и отталкивания.

При низких температурах тепловые фотоны имеют малую энергию и не могут оказывать большого влияния на взаимодействие молекул, при высоких же наоборот, более энергичные фотоны не только снижают эффективность вандерваальсовых сил (рисунок 3), но и даже в состоянии сменить знак взаимодействия, меняя притяжение на отталкивание (рисунок 4).

Обратим внимание, что все данные приведены для диапазона 10 Па до 100 Па. Согласно справочной литературе диапазон ниже 100 Па относится к среднему техническому вакууму [10]. Даже в условиях вакуума прецизионные измерения покажут отклонение газа от идеального.

Теперь мы можем ответить на главный вопрос статьи, можно ли считать газы при пониженных давлениях идеальными?

Ответ не однозначен. Зависит от конкретных условий.

По приведенным графикам видно, что для воды при указанных условиях (средний вакуум, температура от 0°C до 200°C) максимальная ошибка составит не более 0,8 %. Для водорода при указанных условиях (средний вакуум, температура от 40 К до 1000 К) не более 0,006 %.

Поэтому для технических расчетов все зависит от допустимой погрешности.

В научно-методическом плане ответ однозначен – нельзя.

Дело даже не в погрешностях расчетов, хотя они тоже имеют значение. Более важно понимание структуры и происходящих в газах процессов.

Согласно современной теории (МКТ) газ – это собрание независимых молекул газа, не взаимодействующих никак, кроме взаимных столкновений [4, 5, 7, 11, 12]. И только при больших давлениях (большой степени сжатия) в теории Ван-дер-Ваальса вносится поправка на конечные размеры молекул.

Причем в теории Ван-дер-Ваальса учитывается притяжение между молекулами газа, но только в пределах молекулярного радиуса действия. «В связи с короткодействующим характером сил притяжения каждая молекула взаимодействует лишь с теми молекулами, которые находятся от нее на расстояниях $r \leq r_m$, где r_m – радиус молекулярного взаимодействия.

Сфера радиуса r_m ($r_m \sim 10^{-9}$ м), описанная из центра молекулы, называется сферой молекулярного действия» [2, с. 43].

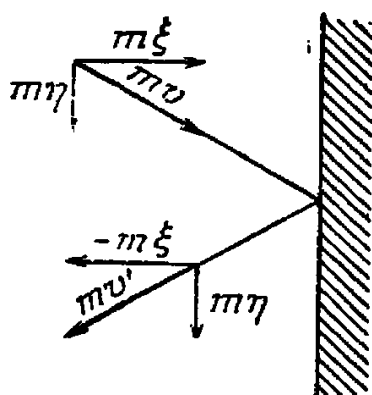
В молекулярной аэрогидромеханической теории (МАГТ), предлагаемой авторами данной статьи, предполагается, что при любых (в т. ч. самых малых, вплоть до идеального вакуума) давлениях молекулы газа взаимодействуют между собой, за счет вандерваальсовых сил, действующих на любом расстоянии. Причем существенное отличие от модели Ван-дер-Ваальса в том, что вандерваальсовы силы, имеющие электромагнитное происхождение [1], действуют на любом расстоянии.

Потому, что электромагнитные силы не имеют ограничений по расстояниям действия и могут действовать вплоть до бесконечности, а также взаимодействуют с фотонами, существующими от самых низких (вплоть до 0 К) до самых высоких температур. Причем, в отличие от МКТ, силы отталкивания фотонов дальнедействующие, поэтому их наличие и влияние необходимо учитывать не только в случаях сильного сжатия, как это принято в теории Ван-дер-Ваальса, а при любых давлениях (плотностях).

Газы в МАГТ представляются как сильно разряженные жидкости, только в отличие от жидкостей силы отталкивания существуют не за счет конечных размеров молекул при плотной упаковке в жидкостях, а за счет взаимодействия молекул газа с фотонами, которые не ограничены размерами молекул и действуют на любом расстоянии без непосредственного контакта молекул.

Рассмотрим вопрос о воздухоплавании. Для этого посмотрим, как в МКТ определяется давление газов на стенку.

Методика изложена в учебнике М. Борна «Атомная физика» на с. 13 [3]. Основа методики расчета давления состоит в следующем: давление в газах обусловлено ударами молекул газа об стенку, другими словами, молекула, ударяясь об стенку, передает свой импульс стенке. Именно изменение импульса молекулы и создает ту силу, которая давит на стенку. «Вооружившись этими представлениями, мы уже можем вычислить давление газа p действующую единичную площадь (Д. Бернулли, 1738 г.; Крониг, 1856 г.; Клаузиус, 1857 г.). Согласно кинетической теории газов, эта сила равна изменению импульса молекул, ударяющихся об единичную поверхность стенки сосуда за секунду» [3, с. 13], рисунок 7.



Фиг. 2. Диаграмма импульсов для упругого столкновения молекулы со стенкой сосуда.

Энергия, абсолютная величина импульса и его параллельная стенке составляющая не меняются при столкновении. Однако перпендикулярная стенке составляющая импульса меняет знак. Поэтому стенке передается импульс $2m\xi$.

Рисунок 7. Методика определения давление газа на стенку [3]

Количество молекул, ударяющихся на единичную площадку любой поверхности, определяется количеством молекул газа, в объеме полусферы ограниченном длиной свободного пробега молекул газа. Т. к., согласно МКТ длина свободного пробега молекул газа зависит только от температуры и не зависит от направления вектора скорости молекул, значит, давление на неподвижную стенку не зависит от направления расположения стенки. Т. е.

давление на вертикальную стенку будет равно давлению на горизонтальную пластинку, причем сверху и снизу.

Такие представления сохраняются до сих пор [4, с. 19]. Т. о. воздушные шары и дирижабли, согласно канонам МКТ летать не должны, т. к. давление на стенку воздушного шара будет одинаковым с любого направления. Попытки привлечь закон Больцмана об изменении давления в зависимости высоты от поверхности Земли обречены на провал. Так при расчете давления газа на стенки сосуда в [11, с. 219] делается вполне логичный вывод: «Следовательно, давление газа на все грани сосуда одинаково, как и должно быть».

Ни слова о том, что сосуд имеет некоторую высоту, и поэтому, давление на дно сосуда должно быть больше, чем давление на крышку сосуда, в соответствии с законом Больцмана. Слова «как и должно быть» – это не оговорка, это следствие основного постулата МКТ, что молекулы газа движутся независимо друг от друга. Поэтому согласно канонам МКТ, совершенно безразлично одна молекула давит на поверхность или их много, каждая молекула будет воздействовать на поверхность одинаково, в зависимости от собственной массы и собственной скорости, и не зависимо от присутствия или отсутствия остальных молекул газа. Другими словами, давление газа на поверхность совершенно не зависит ни от какой высоты газового столба, а зависит только от количества молекул, находящихся на расстоянии длины свободного пробега от поверхности.

Существование закона Больцмана объясняется изменениями силы тяжести в зависимости от высоты. Но если размеры воздушного шара несколько метров, то изменения силы тяжести на такое расстояния абсолютно ничтожны, и не могут объяснить, почему шар, наполненный легким газом или горячим воздухом, поднимается вверх.

В рамках предлагаемой теории строения газов (МАГТ), аналогичной теории строения жидкостей, законы воздухоплавания объясняются легко. Если газы аналогичны жидкостям³, то на любую поверхность в газах действует гидростатическое давление газового столба, точно также как та же самая сила действует на любое тело помещенную в жидкость. Причем в атмосфере на воздушный шар действует неограниченное число молекул воздуха, окружающие воздушный шар (как это принято считать в МКТ), а гидростатическое давление полного столба атмосферы. Следствием наличия гидростатического давления является существование силы Архимеда.

Поэтому тела, имеющие плотность, отличную от плотности окружающего воздуха, ведут себя точно так же, как ведут себя тела, погруженные в жидкость. Если тело имеет плотность ниже плотности окружающего воздуха, то оно поднимается, если плотность тела больше плотности воздуха – оно опускается вниз.

Обсуждение полученных результатов

Т. о., из предлагаемой теории строения газов аналогично строению жидкостей следует, что поведение тел, помещенных в газы, будет аналогично поведению тел, помещенных в жидкость.

Предотвращая возможные ошибки в рассуждениях, следует твердо сказать, что газы аналогичны жидкостям, но не идентичны.

Так из вывода о том, что аэростатика идентична гидростатике, совсем не следует, что поведение газов полностью повторяет поведение жидкостей. В любых жидкостях существуют

³ С учетом сильного разрежения и, соответственно, малой плотности (прим. авт.).

силы поверхностного натяжения, в газах ничего подобного не существует. Это различие легко наблюдать в космосе. Если вылить в невесомости некоторое количество жидкости, то вся жидкость соберется в сферу конечных размеров. С газами подобное не происходит, выпущенный газ распространится на такое расстояние, пока давление в облака газа не сравнится с давлением в космосе.

Подобные различия в поведении газов и жидкостей следуют из того, что в газах, конечно, существуют силы взаимного притяжения между молекулами, но они слишком малы, чтобы создать силу поверхностного натяжения.

С другой стороны, в газах существуют и силы отталкивания, вызванные избыточным давлением фотонов, но они опять же слишком малы, чтобы препятствовать сближению молекул газа. В жидкостях молекулы плотно упакованы и силы отталкивания в жидкостях обусловлены сопротивлением молекул взаимному проникновению. Естественно, силы отталкивания в жидкостях на несколько порядков больше, чем силы отталкивания в газах, именно поэтому газы сжимаются легко, а жидкости сжимаются с большим трудом. Существенное влияние фотонного отталкивания наблюдается при высоких температурах, о чем авторы будут обсуждать в следующих частях данного исследования.

Из вышеизложенного следует вывод, что предлагаемая теория строения газов не является теорией, альтернативной молекулярно-кинетической теории (МКТ). Она не отрицает, а дополняет современную теорию газов. Причем основную роль в теории газов играют законы МКТ, в том смысле, что основная роль в поведении газов определяется столкновениями молекул газа между собой. А вандерваальсовы силы притяжения и фотонные силы отталкивания не противоречат законам МКТ, а дополняют их ввиду малых значений этих сил.

Ввиду этого нельзя представлять, что молекулы газов неподвижны, и висят как бы на растяжках⁴. На самом деле молекулы газов хаотично движутся и соударяются между собой, как это и предсказывается молекулярно-кинетической теорией.

Причем основной вклад в давление газов вносят именно соударения молекул газа между собой, а вандерваальсовы силы и фотоны вносят свои поправки в поведение газов. Как будет показано далее, при низких температурах и плотностях газов, эти поправки мизерны. При повышенных плотностях и температурах, поправки становятся существенными. При сверхвысоких температурах фотонное отталкивание становится фактором, определяющим поведение газов, существенно отличающимся от поведения тех же газов при более низких температурах.

Выводы

1. Современная теория газов, основанная на МКТ, не позволяет связать законы теории газов и уравнения гидромеханики потому, что согласно основному закону МКТ каждая молекула газа индивидуальна и независима от других молекул. Уравнения же гидромеханики основываются на законах непрерывной среды. Т. о. законы МКТ и аэрогидромеханики несовместимы между собой.

2. Молекулярная аэрогидромеханическая теория (МАГТ) позволяет естественным образом применять уравнение гидромеханики в аэродинамике. Строение газов согласно МАГТ аналогично строению жидкостей. В газах, как и в жидкостях, действуют законы притяжения и

⁴ Подобные представления присутствуют в околонуучных публикациях (прим. авт.).

отталкивания, причем на любых расстояниях. Соответственно, законы аэромеханики аналогичны законам гидромеханики.

3. Предлагаемая теория (МАГТ) не отрицает законов современных теорий газов, а является необходимым дополнением к современной теории реальных газов (теории Ван-дер-Ваальса).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бараш Ю.С. Силы Ван-дер-Ваальса. – М.: Наука. 1988. – 344 с.
2. Богословский С.В. Физические свойства газов и жидкостей: Учеб. пособие. – СПб.: СПбГУАП. 2001. – 73 с.
3. Борн М. Атомная физика. – М.: Мир. 1965. – 480 с.
4. Дж. Гиршфельдер, Ч. Кертис и Р. Берд Молекулярная теория газов и жидкостей. – М.: Изд-во ин. лит-ры. 1961. – 930 с.
5. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Милковская Л.Б. Курс физики. Механика. Основы молекулярной физики и термодинамики. – М.: Высшая школа. 1973. – 384 с.
6. Еремин В.В., Каргов С.И., Кузменко Н.Е. Реальные газы. – М. 1998. // <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/realgases/welcome.html>.
7. Зисман Г.А., Годес О.М. Курс общей физики. Т. 1. Механика, молекулярная физика, колебания и волны. – М.: Наука. 1974. – 337 с.
8. Кочетков А.В., Федотов П.В. Молекулярно-фотонная теория газов. Монография. – М.: Мир науки. 2018. (Электронная книга) <http://izd-mn.com/PDF/09MNNPM18.pdf>.
9. Орлов К.А., Очков В.Ф. Проект интерактивного справочника «свойства и процессы рабочих тел и материалов атомной энергетики». Интернет-источник. http://twt.mpei.ac.ru/MCS/Worksheets/NPP/tab1_1_4_pt.xmcd.
10. Пипко А.И., Плисковский В.Я., Королев, Б.И., Кузнецов В.И. Основы вакуумной техники. – М.: Энергоиздат. 1981. – 432 с.
11. Савельев И.В. Курс физики. Механика, молекулярная физика. – М.: Наука. 1989. – 350 с.
12. Силин В.П. Введение в кинетическую теорию газов. – М.: Изд-во Физического Института им. Лебедева. 1998. – 339 с.

Fedotov Petr Viktorovich

JSC research center of technical regulation, Saratov, Russia
E-mail: klk50@mail.ru

Kochetkov Andrey Viktorovich

Perm national research polytechnical university, Perm, Russia
E-mail: soni.81@mail.ru

Molecular aerohydrodromechanical theory of gases. Part 1. Interaction of molecules in rarefied gases

Abstract. The limitations of the modern classical theory of gases are shown. These limitations are inherent not only in the theory of ideal gases, but to a lesser degree also include the so-called theory of real gases.

The disadvantages of modern theories of gases are concentrated in two points. First, with regard to the forces of molecular interaction. If in the MKT they are completely denied, then in the theory of Wa-der-Waals their presence is recognized, but it is believed that they operate exclusively at short distances of the order of 10^{-9} m. And should be considered in the advanced theories of gases.

The second point concerns the interaction of molecules with thermal photons, which emit atoms at any temperature above absolute zero. In modern theories of gases, the interaction of photons and molecules is not reflected in any way. It is shown that photons play a significant role at high temperatures. Based on the evidence presented, a new theory of the structure of gases was proposed. The bottom line is that the structure of gases is similar to the structure of liquids. And in gases there are laws similar to the laws of hydrostatics.

Keywords: the theory of gases; real gases; intermolecular interactions in gases; Van der Waals forces; interactions of photons and matter