

Раздел VII. Естественные науки

УДК 533.6.011

А.В. Палий, Е.Т. Замков, В.Г. Булейко

МЕХАНИЗМ СОЗДАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЛОСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ГАЗОВОМ ПОТОКЕ ТАНГЕНЦИАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СКОРОСТИ МОЛЕКУЛЫ ГАЗА

Рассмотрен механизм образования сопротивления тела в газовом потоке при помощи тангенциальной составляющей скорости молекулы газа. Рассматриваются механизмы взаимодействия молекулы газа с неподвижными идеализированной ровной поверхностью тела и реальной поверхностью с неровностями, а также для движущейся реальной поверхности. Объясняется возникновение тангенциальной составляющей скорости при движении тела, которая принимается либо за силу вязкости, либо за силу трения, либо за силу вязкого трения.

Аэродинамика; сопротивление тела потоку; реальная поверхность; давление.

A.V. Paliy, E.T. Zamkov, V.G. Buleyko

THE BODY RESISTANCE CREATION MECHANISM BY THE TANGENTIAL COMPONENT OF A GAS MOLECULE SPEED IN A GAS STREAM

The body resistance creation mechanism by the tangential component of a gas molecule speed in a gas stream is considered in this article. The gas molecule interaction mechanisms with the motionless idealized plain body surface and with the motionless real rough surface, and also with the moving real surface are considered. The tangential speed component emergence for body movement is explained and the tangential speed component is accepted as the viscosity force or the friction force or the viscous friction force in this article.

Aerodynamics; body resistance against the stream; a real surface; pressure.

При увеличении длины тела, находящегося в воздушном (газовом) потоке, увеличивается сопротивление тела потоку [1]. В аэродинамике этот факт связывают и объясняют вязкостью воздуха. Боковая поверхность растёт и соответственно увеличивается и сопротивление [2].

Научного определения вязкости как такового в литературе нет. Если, конечно, не считать за определение, к примеру, следующие высказывания. Вязкость газов (предметный указатель [3]) переписано дословно: «Явление внутреннего трения (вязкости) связано с возникновением сил трения между двумя слоями газа или жидкости, перемещающимися параллельно друг другу с различными по величине скоростями...» (рис. 1).

Для того чтобы от линии B до линии A было движение среды или существовал поток, необходимо, чтобы между линиями A и B существовала разность давлений ΔP_1 . То же самое должно быть и для 2-го слоя, но так как там скорость ниже, то и давление ΔP_2 должно быть меньше ΔP_1 .

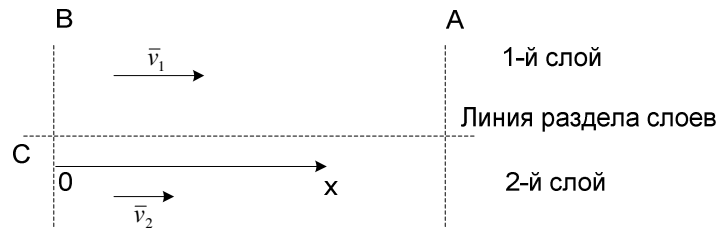


Рис. 1. Два параллельно перемещающихся слоя газа

Предположим, что по линии B давления в слое 1-м и во 2-м слое равны и равны P_0 , тогда на некотором расстоянии x от линии B , в 1-м слое давление будет

$$P_1 = P_0 - \frac{\Delta P_1 x}{S}, \text{ где } S - \text{расстояние между } A \text{ и } B, \text{ а } P_2 = P_0 - \frac{\Delta P_2 x}{S}.$$

В точке x возникает разность давлений между двумя слоями $\Delta P_x = \frac{(\Delta P_1 - \Delta P_2)x}{S}$. Это

означает, что в среде может существовать два описанных выше потока, если они полностью независимы друг от друга, например находятся на большом расстоянии друг от друга. В описываемом примере, в точке x , впрочем как и в любой другой, поперек линии раздела слоев возникает поток, перпендикулярный двум параллельным потокам, и возникает, согласно принципу наименьшего времени, или принципу суперпозиции, некий совершенно новый поток, сложенный из двух.

Создание некоторого подобия вышеописанного потока (рис. 1) возможно, если рассматривать не два отдельных потока, а некую смесь, или альянс потока и твердого тела. Так как на поверхности тела скорость потока всегда равна нулю из-за того, что молекулы потока, сталкиваясь с телом, теряют составляющую потока, т.е. отскакивают в произвольных направлениях, приобретают температурную составляющую (нагреваются) [4]. В этом случае, подобных слоев можно выделить бесконечное множество, но есть, увы, одна беда, все они не параллельны друг другу.

Поскольку существует разность температур и соответственно разность давлений между слоями, этим и определяется их взаимодействие. Никакая вязкость здесь не причём.

Если вязкость определять как энергию связи между молекулами, то воздух, в отличие от твердого и жидкого веществ, – невязкий, так как потенциальная энергия связи прервана кинетической (тепловой) энергией молекул (атомов).

Поверхность тела не может считаться плоскостью, даже если бы нам удалось выровнять ее с точностью до атома.

Если посмотреть на все под микроскопом, то молекулу мы вряд ли увидим, а вот поверхность тела, о которую она ударяет, мы увидим в увеличенном виде (рис. 2).

И как бы мы ни старались выровнять поверхность, молекулы попадают, увы, не на ровную поверхность.

По определению, давление создают силы, направленные по нормали к поверхности. При упругом ударе о плоскую поверхность действует только нормальная составляющая скорости молекул (она меняется) – соответствующая составляющая импульса и в конце концов давление, как сумма усредненных за время импульсов (рис. 3).

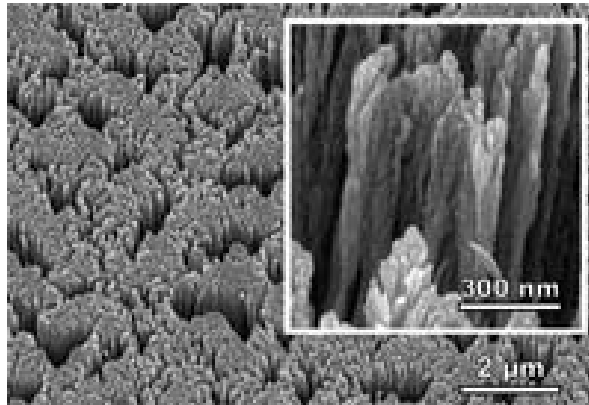


Рис. 2. Изображение поверхности под микроскопом

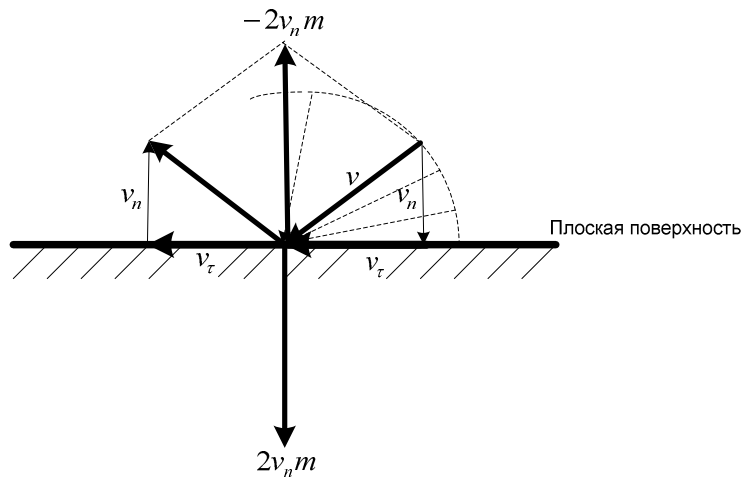


Рис. 3. Отскок молекулы от неподвижной плоской поверхности

Как видно из (рис. 3), тангенциальная составляющая скорости молекулы v_τ не влияет на создание давления. По определению, давление равно

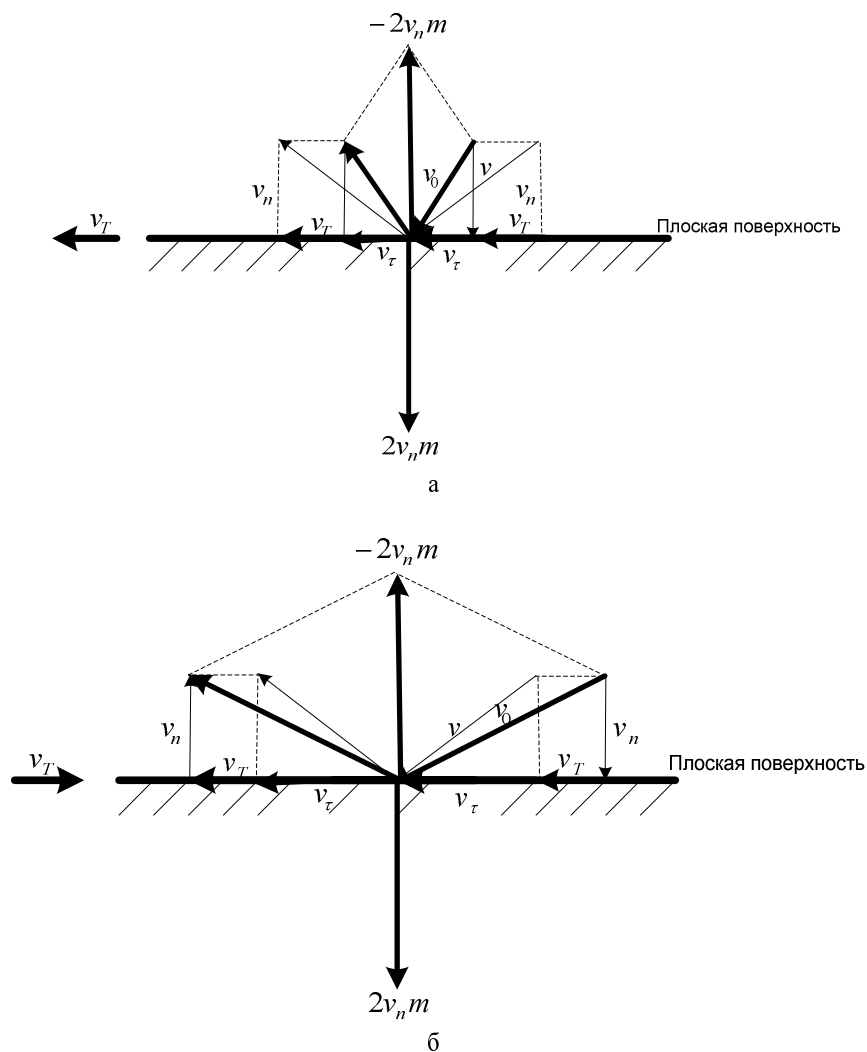
$$|P| = \frac{\sum 2v_n m}{\Delta S},$$

где m – масса молекулы, S – площадь поверхности.

Если тело движется, то картина будет выглядеть следующим образом (рис. 4).

Как видно из (рис. 4), давление на поверхность сохраняется, так как импульс, создаваемый нормальной составляющей скорости молекулы v_n , остался таким же, как и при отскоке от неподвижной поверхности (рис. 3), а тангенциальная составляющая по-прежнему давления не создает.

Повторим теперь все наши построения для реальной неровной поверхности тела, для чего рассмотрим удар об имеющуюся на теле неровность (рис. 5).



v_0 – скорость молекулы относительно тела, v_T – скорость тела

Рис. 4. Отскок молекулы от движущейся плоской поверхности

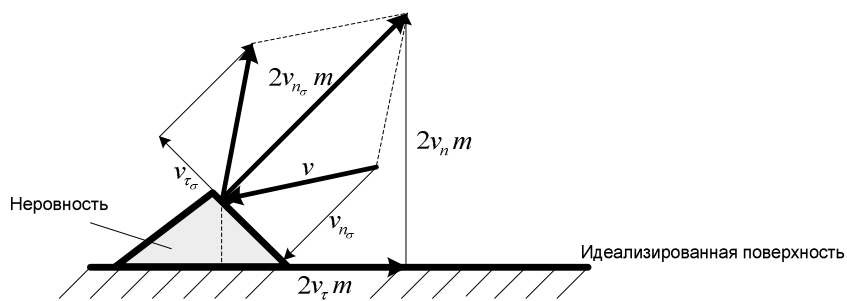


Рис. 5. Отскок молекулы от неровности реальной неподвижной поверхности

Составляющая импульса $2v_n m$ относительно идеализированной поверхности равна составляющей, формирующей давление, такое же, как и на рис. 2, т.е. ничего не меняется. Возникающая составляющая $2v_\tau m$ полностью компенсируется возникающей тангенциальной составляющей при ударе молекулы с противоположной стороны неровности.

Иное дело, если тело движется. Теперь, как видно из рис. 6, тангенциальные составляющие импульсов, возникающие при ударе молекул о неровность справа и слева, не компенсируют друг друга.

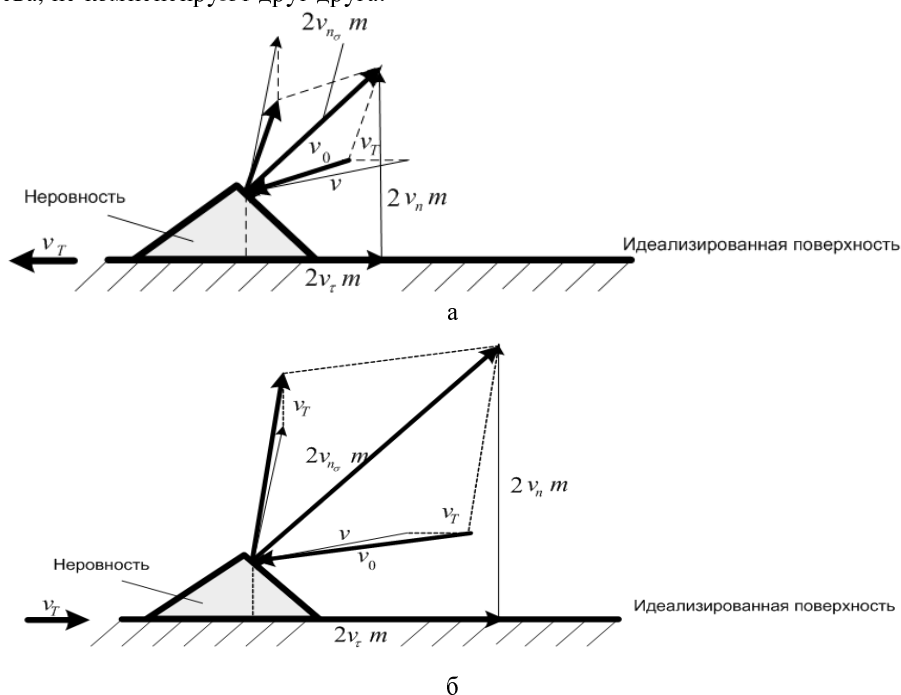


Рис. 6. Отскок молекулы от неровности реальной движущейся поверхности

Среднее значение нормальной составляющей импульса при ударе о неровность справа и слева (рис. 6, а,б) сохраняется. То есть оно постоянно, и когда поверхность идеальна или не ровна, и когда она движется и неподвижна. Сумма всех ударов молекул, усредненная по времени, или давление всегда постоянно. Но при движении возникает тангенциальная составляющая силы, действующая противоположно потоку (она противоположна силе, действующей на молекулу), как видно из рис. 5, импульс $2v_\tau m$ на рис. 6,а меньше чем на рис. 6,б. Таким образом, возникает тангенциальная составляющая при движении тела, которая принимается либо за силу вязкости, либо за силу трения, либо за силу вязкого трения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. – М.-Л.: Гостехиздат, 1973. – 828 с.
2. Остославский И.В. Аэродинамика самолета. – М.: Гос. изд-во оборонной промышленности, 1957. – 531 с.
3. Холодовский Г.Е. Краткий физико-технический справочник. – М.: Физматлит, 1962. – 702 с.
4. Палий А.В. Решение уравнения конвективного обтекания теплоотвода методом электростатического аналога // Известия ТРТУ. – 2006. – № 9-1 (64). – С. 34-35.

Статью рекомендовал к опубликованию д.ф.-м.н., профессор А.И. Жорник.

Замков Евгений Терентьевич – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: zamkov@fer.tsure.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371603; кафедра конструирования электронных средств; к.т.н.; доцент.

Палий Александр Викторович – e-mail: A.V._Paliy@mail.ru; кафедра конструирования электронных средств; к.т.н.; доцент.

Булейко Виктор Геннадьевич – e-mail: la@egf.tsure.ru; кафедра технологии микро- и наноэлектронной аппаратуры; д.ф.-м.н.; профессор.

Zamkov Evgeniy Terent'evich – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: zamkov@fer.tsure.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371603; the department of electronic apparatuses design; the department head; cand. of eng. sc.; associate professor.

Paliy Alexandr Viktorovich – e-mail: A.V._Paliy@mail.ru; the department of electronic apparatuses design; the department head; cand. of eng. sc.; associate professor.

Buleyko Victor Genad'evich – e-mail: la@egf.tsure.ru; the department of aircraft engineering; dr. of phis.-math. sc.; professor.

УДК 533.6.011

Е.Т. Замков, А.В. Палий, П.В.Серба

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ ПРИ ОБТЕКАНИИ
ТЕЛА АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ ПОТОКОМ МЕТОДОМ
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ АНАЛОГИИ**

Рассматривается возможность расчета толщины пограничного слоя при обтекании тела без использования эмпирических коэффициентов подобия. Для этого предлагается использование физической аналогии процессов. Описываются необходимые условия потока. Решается двумерное уравнение Лапласа для приповерхностной области ламинарного потока, обтекающего тело. Предлагаемая модель подтверждается моделированием в системе Maple 12. Таким образом, математической моделью обтекания тела с неровностью будет выражение, например, кассиниана.

Аэродинамический поток; пограничный слой; уравнение Лапласа.

E.T. Zamkov, A.V. Paliy, P.V. Serba

**DEFINITION OF THE INTERFACE THICKNESS FOR AERODYNAMIC
STREAM FLOW ROUND A BODY BY THE METHOD OF ELECTROSTATIC
ANALOGIES**

The possibility of the interface thickness calculation for the process of flow round a body without using empirical factors is considered in this article. The using of processes physical analogy is offered. The necessary stream conditions are described. The two-dimensional Laplace's equation for near surface area of a laminar stream flowing round a body. The offered model is proved by the method of the simulation in the system Maple 12. Thus, the expression (for example, kassiniana) will be the mathematical model of flow round a body.

The aerodynamic stream; an interface; the equation of Laplasa.