

АЭРОДИНАМИКА ПОЛЁТА МАЙСКОГО ЖУКА

Косарев А.В., д.т.н.

Аннотация

В статье рассматривается особенность аэродинамики полёта майского жука, не находящая объяснения в рамках аэродинамики Жуковского Н.Е. Эффект повышенной грузоподъёмности майского жука нами связывается с распределением Максвелла по скоростям, а так же с особенностями морфологии.

Введение

В числе вопросов стоящих перед аэродинамикой, среди прочих стоит и вопрос об особенностях аэродинамики полёта майского жука. Майский жук способен поднимать и переносить в полёте груз на порядок превышающий его собственный вес. В рамках современной аэродинамики это не находит объяснения.

Перечислим некоторые особенности строения и полёта майского жука.

1. Майский жук относится к отряду жёсткокрылых. У него имеются жёсткие надкрылки, постоянно раскрытые во время полёта.
2. Под жёсткими надкрылками располагаются крылья. При этом количество взмахов крыльев при полёте составляет от 40-ка до 50-ти взмахов в секунду.
3. Киносъёмка демонстрирует практически вертикальный взлёт и посадку.
4. В туман или при влаге майские жуки не летают.

Существует гипотеза связывающая повышенную грузоподъёмность майского жука с экспериментально обнаруженным электростатическим зарядом жёстких надкрылков и крыльев. Но эта гипотеза не выдерживает критики по причине слабости электростатических сил, не способных обеспечить полёт. Электростатический заряд видимо связан с трением крыльев о воздух.

Цель работы показать, что эффект повышенной грузоподъёмности майского жука связан с распределением Максвелла по скоростям и с особенностями морфологии.

Аэродинамика полёта майского жука

Прежде чем высказаться об особенностях аэродинамики полёта майского жука, рассмотрим распределение максвелла по скоростям и энергиям в интересующем нас плане. Функция распределения имеет следующий аналитический вид:

$$f(v) = \frac{dn}{n \cdot dv} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{m}{2kT} \right)^{3/2} \cdot v^2 \cdot e^{-\frac{mv^2}{2kT}} \quad (1)$$

где: n - количество частиц газа в единице объёма, T - температура газа в состоянии равновесия, k - постоянная Больцмана, m - масса частиц газа, v - скорость частиц газа, dn - число частиц, скорости которых лежат в интервале от v до $v + dv$.

Функция распределения “определяет долю молекул единицы объёма газа, скорости которых заключены в интервале скоростей, равном единице, включающем данную скорость”. [1]. Функция распределения нормируется на единицу.

$$\int_0^{\infty} f(v) dv = 1 \quad (2).$$

Зависимость (2) даёт площадь под графиком функции равную единице. Это означает с одной стороны, что вероятность застать данную частицу во всем интервале значений скорости от 0 до ∞ равна единице, с другой площадь графика в интервале скоростей $v + dv$ означает вероятность нахождения частицы в этом интервале или долю частиц системы находящихся в интервале заданных скоростей.

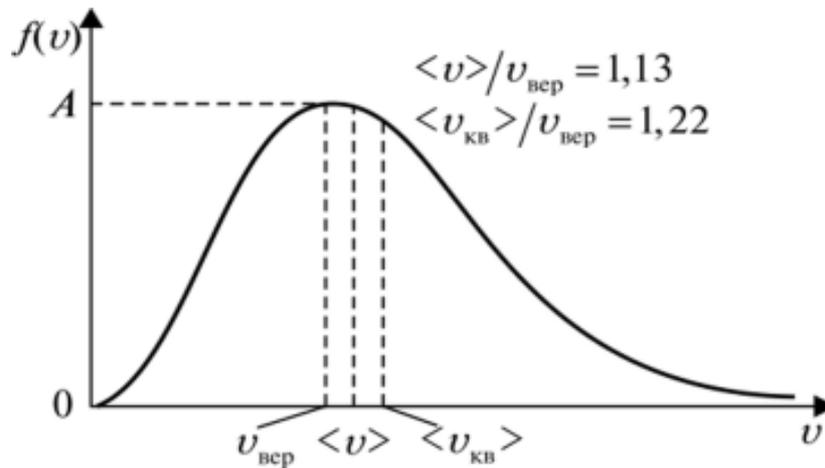


Рис. 1.

Рассмотрим график функции максвелловского распределения по скоростям частиц многомолекулярной системы, изображённый на рисунке - 1. На графике $v_{\text{вер}}$ - наиболее вероятная скорость частиц системы, находящейся в равновесном состоянии при определённых параметрах; $\langle v \rangle$ - средняя скорость частиц системы; $\langle v_{\text{кв}} \rangle$ - среднеквадратичная скорость частиц системы.

Между этими скоростями существует следующее соотношение:

$$\langle v_{\text{кв}} \rangle = 1,09 \langle v \rangle = 1,22 v_{\text{вер}} \quad (3);$$

Температура термодинамической системы определяется как средняя кинетическая энергия частиц. $\langle v_{\text{кв}} \rangle^2 = 3kT/m$ (4); Где: k - постоянная Больцмана; T - температура в градусах Кельвина; m - масса частиц системы.

С повышением среднеквадратичной скорости частиц системы пропорционально растёт температура. Запишем ещё одну важную для дальнейшего зависимость между давлением и температурой: $P = nkT$ (5); Где P - давление; n - концентрация частиц газа; k - постоянная Больцмана; T - температура газа.

Выскажем идею определяющую особенность аэродинамики полёта майского жука.



Фото. Майский жук в полёте.

Рассмотрим рисунок - 2, на котором изображена принципиальная аэродинамическая схема майского жука. На Рис. 2 цифрами обозначены: 1 - жёсткие надкрылки; 2 - крылья.

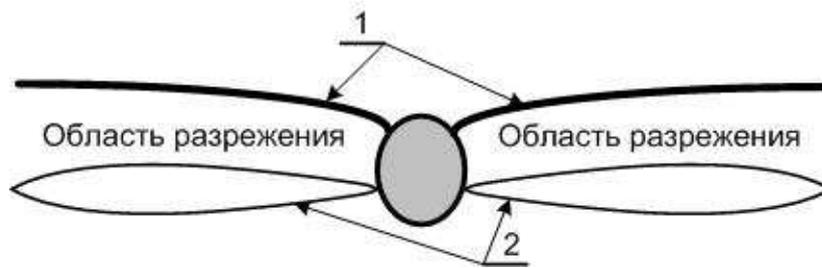


Рис. 2. Аэродинамическая схема майского жука.

При полёте майский жук совершает до 50 - ти взмахов в секунду. В результате в промежутке между жёсткими надкрылками и крыльями создаётся область разрежения. В эту область разрежения устремляются частицы из окружающего область разрежения пространства. В область разрежения влетают наиболее быстрые частицы со скоростями v большими средней скорости частиц системы (атмосферы) $\langle v \rangle$. Это приводит к увеличению среднеквадратичной скорости и соответственно температуры в области между жёсткими надкрылками и крыльями. В свою очередь рост температуры приводит к росту давления. По сторонам надкрылков возникает перепад давлений. Сверху поверхности надкрылков остаётся атмосферное давление, а снизу давление повысилось. Разность давлений по сторонам надкрылков помноженная на площадь надкрылков и даёт основную подъёмную силу при полёте майского жука. К ней добавляется подъёмная сила от взмахов крыльев. Но как установлено специалистами по аэродинамике подъёмной силы от взмахов крыльев не достаточно для полёта жука, не говоря уж о повышенной грузоподъёмности.

Крылья майских жуков не способны в полной мере обеспечить полёт. Их главная задача за счёт большой частоты взмахов обеспечить разрежение в области между жёсткими надкрылками и крыльями.

Выпишем аналитические зависимости для вычисления подъёмной силы при полёте майского жука, вытекающие из распределения Максвелла и морфологии майского жука.

Средняя скорость частиц в распределении Максвелла определяется из зависимости:

$$\langle v \rangle = \int_0^{\infty} v \cdot f(v) dv \quad (6); \quad \text{Эта скорость согласно (1) соответствует температуре атмосферы } T_a,$$

которая при известной концентрации определяет атмосферное давление P_a .

Теперь определим среднюю скорость частиц влетающих в область разрежения между жёсткими надкрылками и крыльями:

$$\langle v_{\text{влетающих}} \rangle = \int_{\langle v \rangle}^{\infty} v f(v) dv \quad (7); \quad \text{Из (7) - получаем среднюю скорость частиц атмосферы скорости}$$

которых на графике рисунка - 1 лежат правее $\langle v \rangle$. По средней скорости влетающих частиц из (3) находится среднеквадратичная скорость влетающих частиц. Среднеквадратичная скорость влетающих частиц определяет согласно (4) температуру влетающих частиц, которая будет выше температуры атмосферы. Влетающие частицы смешиваясь с частицами атмосферы в области разрежения несколько повышают температуру в этой области в сравнении с температурой атмосферы T_a и соответственно повышается давление в области между жёсткими надкрылками и крыльями. Возникает перепад давлений ΔP по сторонам жёстких надкрылков. Произведение перепада давлений на площадь жёстких надкрылков даёт подъёмную силу в аэродинамике майского жука, связанную с максвелловским распределением.

$$F_{\pi} = \Delta P \cdot S \quad (8);$$

Проведённые автором оценочные расчёты показали возможность полёта майского жука на предложенном варианте аэродинамики. Во введении отмечено, что майские жуки не летают в туман. Это видимо связано с тем, что при тумане среда тяжёлая и становится препятствием для

большой частоты взмахов крыльев. По этой причине не обеспечивается требуемое разрежение под надкрылками и соответственно подъёмная сила.

Заключение

Особенности полёта майского жука связаны с другим направлением аэродинамики, опирающимся на распределение Максвелла. В совокупности с аэродинамикой Жуковского Н.Е. это открывает новые возможности перед авиацией.

Литература

1. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика. – М.: “Наука”, 1976г., 480с.
2. Косарев А.В. Монография “Динамика эволюции неравновесных диссипативных сред”. Издание второе, переработанное и дополненное. - Из-во: LAMBERT Academic Publishing, г. Саарбрюккен, Германия, 2013г., 354с.
Режим доступа: <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001f/3700-ks.pdf>
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: “Наука”, 1970г., 904с.