***Тема 1.1. Основные понятия и законы аэродинамики.***

**Занятие № 1.**

**1. Основные параметры воздуха.**

Воздух представляет собой смесь газов, из которых состоит атмосфера Земли (азот, кислород, углекислый газ, инертные газы и другие) водяного пара, взвешенных частиц различных веществ.

К основным параметрам воздуха, характеризующим его состояние, относятся температура, давление, плотность.

*Температура* - степень нагретости воздуха. Она характеризует скорость хаотического (теплового) движения молекул. Чем выше температура, тем быстрее движутся молекулы и наоборот. Для измерения температуры приняты международная практическая температурная шкала МПТШ-1968 (Цельсия) и термодинамическая температурная шкала (абсолютных температур Кельвина). По первой шкале за  принята температура таяния льда, за  - температура кипения воды. Единица измерения температуры – градус (С). Измеренная по этой шкале температура обозначается через . По второй шкале за  принята температура вакуума, при которой прекращается тепловое движение молекул. Единицей измерения является кельвин (К) . Измеренная по термодинамической шкале температура называется абсолютной и обозначается через Т. Соотношение между ними выражается как:

.

*Давление (статическое)* - сила, действующая на единицу площади перпендикулярно к поверхности. Давление, вызываемое массой вышележащих слоев и ударами движущихся молекул воздуха, называется атмосферным. Атмосферное давление измеряется барометром.

**,

где  - сила, Н;

 - площадь, м2.

Давление, вызываемое силой 1 кгс, равномерно распределенной по нормальной к ней поверхности площадью 1 см2 называется технической атмосферой.

.

*Плотность* — величина, определяемая массой воздуха, заключенного в единице объема.

,

где  - плотность, кг/м;

 - масса воздуха, ;

 - объем, .

*Удельным весом* называется вес воздуха в единице объема:

,

где  - удельный вес, ;

 - вес воздуха, ;

 - объем воздуха, .

Пользоваться понятием плотности удобнее, чем удельным весом, т.к. последний зависит от географического широты и высоты над уровнем моря.

Соотношение между параметрами воздуха подчинены закону Клапейрона (состояния газа):

,

где  - давление воздуха, ;

 - удельный объём, ;

 - термодинамическая температура. ;

 - газовая постоянная воздуха, .

Т.к. удельный вес  является величиной, обратной массовой плотности: , то после подстановки этого выражения уравнение Клапейрона приобретает вид:  или

.

С точки зрения аэродинамики наиболее важным параметром воздуха является плотность, т.к. она суммирует влияние давления и температуры и в конечном счёте определяет величину аэродинамических сил.

**2. Физические свойства воздуха.**

Как показывают исследования, в основном силы, возникающие при перемещении тел в воздухе, зависят от его инертности, вязкости и сжимаемости.

*Инертность* – это свойство воздуха сопротивляться воздействию внешних сил. Мерой инертности тела является его масса. Об инертности воздуха можно судить по массе единицы объема, то есть по массовой плотности. Чем больше плотность воздуха, тем больше инертность единицы объема, тем большую силу нужно к нему приложить, чтобы вывести его из состояния покоя или равномерного движения. Очевидно, чем больше сила, действующая на воздух, тем больше и сила, действующая со стороны воздуха на тело.

*Вязкость* - это свойство жидкости и газов оказывать сопротивления относительному смещению их слоев. Причиной вязкости являются силы внутреннего трения. Природа вязкости жидкостей и газов различна. Вязкость жидкостей вызвана силами сцепления (механическими связями) молекул, а вязкость газов обусловлена обменом молекулами (диффузией) между соседними слоями. Температура по-разному влияет на вязкость жидкостей и газов. Вязкость жидкостей при повышении температуры понижается, так как уменьшаются силы сцепления молекул, а вязкость газов, в том числе и воздуха с увеличением температуры увеличивается, так как появляется кинетическая энергия молекул, и они глубже проникают из одного слоя в другой.

*Сжимаемость* — это свойство газов изменять свою плотность при изменении давления и температуры. Это свойство воздуха оказывает большое влияние на аэродинамические характеристики самолета и его летные данные. Способность воздуха сжиматься (уменьшать свой объем) объясняется большим расстоянием между молекулами. Сжимаемостью обладают все вещества, но одни из них сжимаются легко, другие практически не сжимаются. В отличие от воздуха и других газов капельные жидкости практически не сжимаются, т. к. молекулы их уже сжаты громадными силами поверхностного натяжения. Количественно сжимаемость характеризуется отношением приращения плотности к приращению давления: .

Совершенно особым и общим свойством жидкостей и газов является их текучесть, которая вызывается слабыми связями между частицами. Текучесть делает жидкость и газы очень подвижными. Они принимают форму сосуда, в котором находятся.

*Теплоёмкость* следует рассматривать как свойство воздуха поглощать некоторое количество тепла при нагреве и отдавать при охлаждении. Характеристикой этого свойства является удельная теплоёмкость.

*Удельная теплоёмкость* – количество тепла, необходимое для нагрева 1кг воздуха на 1К. Единицей измерения удельной теплоёмкости в системе СИ является .

Удельная теплоёмкость зависит от химического состава, состояния воздуха и процесса сообщения ему тепла. При  теплота затрачивается не только на повышение температуры, но и на совершение механической работы расширение, поэтому

,

где  - удельная теплоёмкость при постоянном давлении, ;

 - удельная теплоёмкость при постоянном объёме, .

Разность  представляет собой количество тепла, преобразованного в механическую работу расширения , где  - газовая постоянная, представляющая собой работу расширения 1кг воздуха при нагревании на 1К, .

Отношение  называется показателем адиабаты, обозначается .

**3. Атмосфера Земли.**

*Атмосфера* — это воздушная оболочка, окружающая Землю. Она обеспечивает возможность жизни на Земле, защищает ее от ультрафиолетовой и космической радиации, резких колебаний температуры. Нижней границей атмосферы служит поверхность Земли. Верхняя ее граница точно не установлена. Условно за верхнюю границу атмосферы приняты высоты 2000 — 3000 км, где плотность воздуха в  раз меньше, чем у Земли.

Атмосфера Земли состоит из смеси газов. Сухой очищенный от пыли воздух вблизи земной поверхности по объему состоит из 78,09% азота, 20,95% кислорода, 0,93% аргона,0,03% углекислого газа. Количество остальных газов (водорода, неона, гелия, криптона, ксенона, радона, закиси азота, йода, озона, метана) ничтожна мало.

Поскольку высота полета современных самолетов не превышает 20 км, то целесообразно рассмотреть строение атмосферы в пределах этой высоты. Слой атмосферы, непосредственно прилегающий к поверхности Земли, называется тропосферой. Высота тропосферы различна: в средних широтах равна примерно 11 км, над экватором 16-18 км, над полюсами 7-8 км. В тропосфере сосредоточенно 79% массы атмосферы Земли. По мере увеличения высоты температура воздуха понижается примерно на 6,50 С на каждый километр, а скорость звука уменьшается на 1 м/с, через каждые 250 м. Серьезную опасность для полетов самолета представляют обледенение, грозы, ветра, пыльные бури, которые могут вызвать «болтанку», вибрацию, перегрузки, нарушить балансировку, устойчивость, управляемость.

*Стандартная атмосфера* - представляет собой условное состояние воздуха, соответствующее среднегодовым значениям его параметров для средних широт Земного шара, изображается в виде таблицы. За начальные условия стандартной атмосферы приняты параметры воздуха, соответствующие условиям на уровне моря:



Для высот, не выходящих за пределы тропосферы, параметры воздуха можно вычислить по формулам Ветчинкина:



где  - высота, ;

 - соответственно температура, давление, массовая плотность, скорость звука на высоте, равной нулю;

 - соответственно температура, давление, массовая плотность, скорость звука на высоте Н.

При проектировании летательных аппаратов все расчеты ведутся согласно условиям стандартной атмосферы. Это обеспечивает возможность сравнения самолётов и других ЛА по их лётным характеристикам.