Муниципальное Бюджетное Образовательное Учреждение

Лицей Современных Технологий Управления №2

Проект:

**«Макет аэродинамической трубы**

**для практических занятий на уроках физики»**

Научный руководитель:

Знобишина Наталья Юрьевна

Выполнили:

Немов Артем Олегович

Пенза 2020

Содержание

|  |  |
| --- | --- |
| Введение | 3 |
| 1 Анализ предметной области | 5 |
| 2 Описание макета аэродинамической трубы для учебных целей | 7 |
| 3 Описание исследуемых аэродинамических параметров | 8 |
| 4 Практическая часть | 10 |
| Список используемых источников | 11 |
| Приложение Иллюстрации к проекту | 12 |

**Введение**

Работа летательных аппаратов, ветродвигателей, вентиляторов и других устройств, находящихся в потоке воздуха, теснейшим образом связана с аэродина­мическими закономерностями. Эти закономерности позволяют объяс­нить работу, определить действующие силы и найти эффективные формы самоле­тов, вертолетов и ракет с тем, чтобы при наименьшей затрате мощности двигателя они могли поднять в воздух наибольший груз и совершить полет быст­рее, экономичнее и дальше.

Современное развитие самолетной и ракетной техники во многом обязано ис­следованиям, проводимым в аэродинамических трубах. Все вновь проектируе­мые самолеты, ракеты, вертолеты перед тем, как быть построен­ными, обязательно проходят стадию тщательного исследования в аэродинамиче­ских трубах. Из этого ясно, с какими трудностями приходилось сталкиваться первым конструкторам самолетов до постройки аэродинамиче­ских труб. Аэродинамические трубы стали верными помощниками ученых и конструкторов.

Для аэродинамических исследований изготовляют из дерева или металла в уменьшенном масштабе модель будущего самолета или другого аппарата и продувают ее в аэродинамической трубе, в которой используется принцип обрати­мости движения. В них движущийся поток воздуха набегает на непо­движно закрепленное тело. Практически исследовать обтекания на движущемся теле, например на крыле летящего самолета, в большинстве случаев затрудни­тельно. Проще крыло закрепить неподвижно и на него направить поток воз­духа. При этом картина обтекания не меняется и значения действующих аэродина­мических сил как в том, так и в другом случае остаются одинаковыми. Для убедительности этого положения уместно провести аналогию с воздушным змеем. Чтобы змей держался в воздухе при отсутствии ветра, необходимо бе­жать с ним. При наличии же ветра можно спокойно стоять на месте, и змей бу­дет также держаться в воздухе. Принцип, по которому все равно движется ли тело в неподвижной среде или, наоборот, среда движется относительно неподвиж­ного тела, называется принципом обратимости.

В настоящее время Россия нуждается в инженерных кадрах высокого уровня подготовки. Для этого в старших классах необходимо проводить уроки по физике, математике, информатике с применением реальных макетах, ши­роко используемых в современной технике. Уже на момент создания разработан­ный в рамках данного проекта макет аэродинамической трубы смо­жет приносить пользу, помощь ученикам в освоении принципов аэродинамики, а так же эта тема важна для людей желающих связать свою жизнь с професси­ями в области авиации.

**1 Анализ предметной области**

Аэродинамическая труба - это техническое устройство, предназначенное для моделирования воздействия среды на движущиеся в ней тела. Применение труб в аэродинамике базируется на принципе обратимости движений и теории подобия физических явлений. Объектами испытаний в аэродинамических тру­бах являются модели натурных летательных аппаратов или их элементов (геометри­чески подобные, упруго подобные, термически подобные и т. д.), натур­ные объекты или их элементы, образцы материалов (унос материалов, катали­тичность поверхности и т. д.).

Аэродинамическая труба состоит из одного или нескольких вентилято­ров  (или других устройств нагнетания воздуха), которые нагнетают воздух в трубу, где находится модель исследуемого тела, тем самым создаётся эффект движения тела в воздухе с большой скоростью (принцип обращения движения).

Аэродинамические трубы классифицируют по диапазону возможных скоро­стей потока (дозвуковые, трансзвуковые, сверхзвуковые, гиперзвуковые), размеру и типу рабочей части (открытая, закрытая), а также поджатию — соотноше­нию площадей поперечных сечений сопла трубы и форсажной ка­меры. Также существуют отдельные группы аэродинамических труб:

* высокотемпературные— дополнительно позволяют изучать влияние боль­ших температур и связанных с ними явлений диссоциации и ионизации газов.
* высотные — для исследования обтекания моделей разреженным газом (ими­тация полёта на большой высоте).
* аэроакустические — для исследования влияния акустических полей на проч­ность конструкции, работу приборов и т. п.

Исследование характеристик надводных и подводных частей кор­пуса судов  приходится выполнять с использованием дублированных моделей, что позволяет удовлетворить условию непротекания по поверхности раздела сред. В качестве альтернативы возможно использование специального экрана, имитирующего поверхность воды.

В России испытания летательных аппаратов проводятся в Центральном аэро­гидродинамическом институте (ЦАГИ), расположенном в Подмосковье. ЦАГИ — это несколько десятков экспериментальных стендов, аэродинамиче­ские трубы, оборудование. Все — разные по размеру и функциональности. Напри­мер, самая большая в России и Европе труба Т-101 высотой 14 метров и шириной 24 метра может моделировать скорость потока воздуха от пяти до пятиде­сяти метров в секунду. Воздушный поток создается двумя огромными вентиляторами общей мощностью тридцать мегаватт. На этом стенде опреде­ляют аэродинамические характеристики, узнают, как распределяется давление по поверхности летательного аппарата, изучают эффективность органов управле­ния самолетов при обледенении. Размеры трубы позволяют испытывать парашюты, дельтапланы и даже исследовать воздействие ветра на промышлен­ные здания и объекты (рисунок 1) Однако главное предназначение Т-101— все же испытания самолетов и вертолетов. В трубе достаточно места для летатель­ного аппарата с размахом крыла до 18 метров. Впрочем, летные образцы сюда, как правило, не устанавливают. Во-первых, не каждый самолет поместится, а во-вторых, такой эксперимент влетит в копеечку. Для исследований делают специ­альные модели.

Это не просто похожие по форме летательные аппараты, а точные копии, только уменьшенные в несколько раз. На изготовление одной такой модели ухо­дит от нескольких месяцев до года. Делают их в основном из металла, но мо­гут применяться композитные материалы или дерево. Впрочем, из чего кон­кретно образец, не так важно. Главное — сохранить и повторить пропорции пла­нера и всех его деталей. Только тестирование в аэродинамической трубе пока­жет, поднимется самолет в воздух или нет. В Т-101 испытывались практиче­ски все отечественные самолеты и вертолеты, а также много аэрокосмиче­ской техники.

Макет аэродинамической тру­бы состоит из корпуса трубы, электромо­тора с крыль­чаткой, окна, стержня для под­вески снаряда, стоек, стрелки-указателя, шкалы, рычага и на­бора макетов снарядов различ­ной формы и различного попе­речного сечения.

**2 Описание макета аэродинамической трубы для учебных целей**

Макет аэродинамической тру­бы применяется при изучении зависимо­сти силы сопротивления воздуха от формы летательного аппарата.. На стержень подвешиваются поочередно макеты снарядов раз­личной формы и включается электромотор (вентилятор). Внешний вид макета аэродинамиче­ской трубы для учебных целей приведен на рисунке 2.

В трубе создается сильный поток воздуха, перемещающий снаряд. Вели­чина пути смещения снаряда отмечается на шкале стрелкой-указателем. Показания прибора позволяют срав­нивать силу сопротивления воздуха снаря­дам одного сечения, но различной формы и выбрать по наименьшему от­клонению стрелки снаряд наиболее выгодной формы.

С помощью аэродинамической трубы можно показать зависимость силы сопротивления воздуха не только от формы снаряда, но и его калибра (для этого берутся макеты снарядов одной формы, но разного диаметра) и скоро­сти движения (скорость вращения крыльчатки изменяют с по­мощью рео­стата).

**3 Описание исследуемых аэродинамических параметров**

**Аэродинамическое качество**[**летательного аппарата**](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82) — отноше­ние [подъёмной силы](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B4%D1%8A%D1%91%D0%BC%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D0%BB%D0%B0) к [лобовому сопротивлению](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) (или отношение их [коэффициентов](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82)) в поточной системе координат при данном [угле атаки](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B3%D0%BE%D0%BB_%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B8). Аэроди­намическое качество определяется как

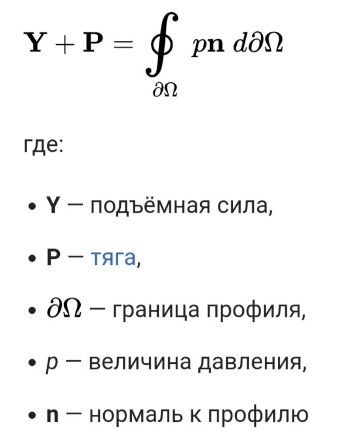
,

где α - угол атаки

– коэффициент подъемной силы

– коэффициент лобового сопротивления.

**Подъёмная сила** — составляющая полной аэродинамической силы, перпендикуляр­ная вектору скорости движения тела в потоке жидкости или газа, возникающая в результате несимметричности обтекания тела потоком. Полная аэродинамическая сила — это интеграл от давления вокруг контура профиля крыла.



Согласно теореме Жуковского, величина подъёмной силы пропорцио­нальна плотности среды, скорости потока и циркуляции скорости потока.

**Лобовое сопротивление** — [сила](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0_(%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B0)), препятствующая движению тел в жидко­стях и газах. Лобовое сопротивление складывается из двух типов сил: сил [касательного (тангенциального) трения](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%81%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5), направленных вдоль поверхности тела, и [сил давления](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5), направленных по [нормали](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C) к поверхности. Сила сопротивле­ния является [диссипативной](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%81%D0%B8%D0%BB%D1%8B) силой и всегда направлена против век­тора скорости тела в среде. Наряду с [подъёмной силой](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B4%D1%8A%D1%91%D0%BC%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D0%BB%D0%B0) является составляющей полной аэродинамической силы.

**4 Практическая часть**

В работе предлагается проводить исследование следующих объек­тов:

**Аэродинамические схемы планера:**

**Крыло изменяемой стреловидности (КИС)** — тип конструкции летательного аппарата тяжелее воздуха с неподвижным крылом, позволяющей изменять в по­лёте один из видов геометрии крыла — стреловидность. На больших скоростях полёта более эффективна большая стреловидность, а на малых (взлёт, посадка) — меньшая (рисунок 3)

**«Утка»** — аэродинамическая схема, при которой у летательного аппа­рата (ЛА) горизонтальное оперение расположено впереди основного крыла. Названа так, потому что один из первых самолётов, сделанных по этой схеме — «14-бис» Сантос-Дюмона — напомнил очевидцам утку и был прозван canard (рисунок 4)

**Несущий корпус (несущий фюзеляж)** — аэродинамическое решение, при кото­ром подъёмная сила формируется на корпусе летательного аппарата. В боль­шинстве случаев используется для разгрузки обычного крыла, причём чаще всего подъёмная сила создаётся только на режимах высокой скорости при значительных углах атаки (рисунок 5)

**Список используемых источников**

1. Гофман А. Д. Движительно-рулевой комплекс и маневрирование судна. — Л.: Судостроение, 1988.
2. Справочник по теории корабля. В трёх томах /Я.И. Войткунский. — Л.: Судостроение, 1987. — Т. 1.
3. Физическая энциклопедия / А.М. Прохоров. — М.: Советская энцикло­педия, 1988. — Т. 1. — С. 161—164. — 704 с.
4. Балакин В.А. Высокоскоростное трениенаракетном треке / В. А. Бала­кин // Трение и износ. – 2005. – Т. 26, N 3. – С. . 255-260
5. Ахметшин. Т.Ф. Сертификация авиационной техники./ Т.Ф. Ахмет­шин. //Вестник УГАТУ. – 2013 с 10-18.
6. Маслов А.А. Импульсная аэродинамическая труба с комбинирован­ным нагревом и стабилизацией параметров. / А.А. Маслов, В.В. Шумский, М.И. Ярославцев //Прикладная механика и техническая физика. – 2012 с 3- 10.
7. Боровой В.Я. Диагностика и численное моделирование течения в гипер­звуковых аэродинамических трубах импульсного действия. / В.Я. Боро­вой, В.Н. Бражко, И.В. Егоров, Е.Г. Зайцев, А.С. Скуратов. // Ученые записки цаги. – 2013 с 28-38.

Приложение

Иллюстрации к проекту



Рисунок 1 Испытание модели ближне-среднемагистрального самолета МС-21

в трансзвуковой аэродинамической трубе ЦАГИ

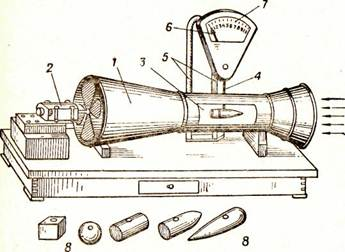


Рисунок 2 Макет аэродинамической трубы

/ — корпус трубы; *2*—электромотор с крыльчаткой; *3*— окно;

*4*— стержень; *5*— стоики; *6*— стрелка-указатель; 7—шкала;

*8*— набор ма­кетов снарядов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| а | б | в |

Рисунок 3 Модели планера с крылом изменяемой стреловидности: а - сверхзвуковая конфигурация, б – крейсерская конфигурация, в – конфигурация с повышенной подъемной силой



Рисунок 4 Модели планера с крылом обратной стреловидности

по схеме «утка»



Рисунок 5 Модели планера по классической (интегральной) схеме