



автономная некоммерческая организация
«Средняя общеобразовательная школа
«Содружество»

Проектно-исследовательская работа

на тему:

**Полеты по сне и наяву или как человечество
преодолевают земное притяжение.**

Работа выполнена учениками
7А класса Сумановой В. Д.
и 9 «А» класса Сумановым А Д

Научный руководитель работы
Учитель физики Суманова А Б

Долгопрудный, 2021

Оглавление

стр

1. Введение.....	3
Необходимость наличия летающих транспортных средств в наше время.	
2. Основная часть.	
- Мифы и легенды. Дедал и Икар.....	3
- Леонардо и его крылья.....	4
1) Воздушные шары.....	6
2) Дирижабли.....	7
3) Исследование и расчёт воздушных шаров:.....	9
- Можно ли полететь на воздушных шариках?	
- Индивидуальный воздушный шар, какой он?	
- Хотим лететь куда хотим! (А дирижабль удобнее!)	
-	
4) Эра самолётов.....	11
- История создания.	
- Почему он летает? (зависимость подъёмной силы от формы крыла).....	13
- Современные самолёты – характеристики и востребованность. Тенденции развития.....	22
5) Совсем чуть чуть о вертолётах.....	23
6) Начало космической эры.....	24
7) Самолёт, вертолёт? Автомобиль!.....	25
- Прототипы транспортных средств на основе самолёта и вертолёта. Крыло или винт?.....	25
8) Инфраструктура для адаптации и использования новых индивидуальных транспортных средств.....	28
3. Вывод.....	30
Мир меняется.	
4. Литература.....	30

Цель работы:

Изучение истории борьбы человечества с силой тяготения, физических принципов построения летательных аппаратов, обзор современных летательных аппаратов. Исследование возможности создания индивидуальных (семейных) летательных аппаратов и интеграции их в современную транспортную схему.

- 1) Рассказать о первых летательных аппаратах и кто их изобрел.
- 2) Рассказать об использующихся сейчас летательных аппаратах.
- 3) Объяснить с точки зрения физики почему они летают.
- 4) Исследовать и рассчитать конструкцию индивидуальных летательных аппаратов, основанных на принципе действия аэростата, самолета и вертолета.
- 5) Предложить систему интеграции индивидуальных летательных аппаратов в существующую транспортную систему.

Введение.

Всю свою историю человечество активно передвигалось. Долгое время для этого использовались лошади и повозки. Благо колесо изобрели ещё в 2700 г до н э (Месопотамия). Лошадей долго не могли сменить на что то механическое и более быстрое. 1818 г считается годом изобретения велосипеда, т е человек смог передвигаться без лошади быстрее и дальше чем просто бегом. В 1825 г в Англии была открыта первая железная дорога общественного пользования. В 1837г таковая наблюдалась уже и в России. Паровой двигатель долго безуспешно пытались приспособить к индивидуальному транспортному средству. А вот автомобиль с двигателем внутреннего сгорания так привычный нам сегодня появился только в 1885г (хотя, конечно, в настоящее время он изменился до неузнаваемости). Потихоньку люди осваивали и третье измерение – воздух. Кроме несомненной романтики полёта очень привлекает в нем например, отсутствие необходимости строительства дорогостоящих дорог. А в настоящее время на земле, кроме того, на дорогах наблюдается страшная теснота – и количество людей растёт и обеспеченность их транспортными средствами тоже. Поэтому единственный способ поменьше толкаться – это освоение воздушного пространства на качественно новом уровне. Так что в настоящее время летомобиль или автолёт не роскошь, а средство передвижения. Для развития этой идеи предлагаем совершить краткий экскурс в историю летательных транспортных средств и примерить их на себя – вдруг какое и приглянется. Ведь всё новое, как известно, это хорошо забытое старое, может только в слегка современном обличье.

Основная часть.

Люди всегда мечтали о полёте. Ведь рядом летали птицы и было кому подражать. Поэтому по образу и подобию птиц они пытались сделать крылья, привязать их к рукам и... полететь высоко-высоко. Эпос практически всех народов содержит мифы и легенды о летающих людях или попыток полётов. Самый известный – миф о Дедале и Икаре. Мы не будем приводить его здесь весь, а только часть, касающуюся изготовления крыльев и полёта:

Дедал и Икар

...Принялся за работу Дедал. Он набрал перьев, скрепил их льняными нитками и воском и стал изготавливать из них четыре больших крыла. Пока Дедал работал, сын его Икар играл около отца: то ловил он пух, который взлетал от дуновения ветерка, то мял в руках воск. Мальчик беспечно резвился, его забавляла работа отца. Наконец, Дедал кончил

свою работу; готовы были крылья. Дедал привязал крылья за спину, продел руки в петли, укрепленные на крыльях, взмахнул ими и плавно поднялся на воздух. С изумлением смотрел Икар на отца, который парил в воздухе, подобно громадной птице. Дедал спустился на землю и сказал сыну:

- Слушай, Икар, сейчас мы улетим с Крита. Будь осторожен во время полета. Не спускайся слишком низко к морю, чтобы соленые брызги волн не смочили твоих крыльев. Не подымайся и близко к солнцу: жара может растопить воск, и разлетятся перья. За мной лети, не отставай от меня.

Отец с сыном надели крылья на руки и легко понеслись. Те, кто видел их полет высоко над землей, думали, что это два бога несутся по небесной лазури. Часто оборачивался Дедал, чтобы посмотреть, как летит его сын. Они миновали уже острова Делос, Парос и летят все дальше и дальше.

Быстрый полет забавляет Икара, все смелее взмахивает он крыльями. Икар забыл наставления отца; он не летит уже следом за ним. Сильно взмахнув крыльями, он взлетел высоко под самое небо, ближе к лучезарному солнцу. Палящие лучи растопили воск, скреплявший перья крыльев, выпали перья и разлетелись далеко по воздуху, гонимые ветром. Взмахнул Икар руками, но нет больше на них крыльев. Стремглав упал он со страшной высоты в море и погиб в его волнах.

Увидал Дедал на морских волнах перья из крыльев Икара и понял, что случилось.

А тело Икара долго носилось по волнам моря, которое стало называться по имени погибшего Икарийским. Наконец прибили его волны к берегу острова; там нашел его Геракл и похоронил.

Леонардо и его крылья.



Не только мифы рассказывают нам о крыльях, позволяющих летать людям. Величайший творец эпохи Возрождения Леонардо да Винчи всю жизнь возвращался к изготовлению крыльев. Убеденный в своей правоте, он разрабатывал аппараты, приводимые в движение только силой мышц человека, и позволяющий ему парить в воздухе как птица. Существует множество рисунков такого "ornitotteri", придуманных Леонардо. Одни из них изображают лежащего человека, который собирается взлететь с помощью механизмов, присоединенных к крыльям; другие - движение вперед при помощи более совершенной системы винтов и шкива. Есть и рисунки человека, расположенного вертикально в летательном корабле, на педали которого он нажимал руками и ногами.

Чтобы сконструировать крылья "ornitotteri", Леонардо изучал анатомию птичьего крыла, учитывая функции и распределение его перьев. Наблюдая за полетом птицы, ученый заметил, что она по-разному машет крыльями, когда зависает в воздухе, летит вперед или приземляется. Его интересовали также перепончатые крылья летучих мышей. На основе этих наблюдений Леонардо сконструировал огромные крылья, предназначенные не только для поднятия человека в воздух, но и удержания его в полете, благодаря элеронам и шарнирам. Он собирался имитировать воздушную акробатику птиц, их способность беречь энергию в полете и точно приземляться. До конца XV столетия Леонардо был убежден, что сможет осуществить проект механического полета. Однако его беспокоило то обстоятельство, что возможности мышц человека ограничены. Поэтому он собирался вместо энергии мускулов использовать механизм лука, который обеспечивал бы движение вперед. Впрочем, лук не решал проблем автономности в полете, возникающих при быстром раскручивании пружины.

С 1503 по 1506 г. Леонардо был занят исследованиями в Тоскане. Атмосферные условия, наличие или отсутствие ветра, соответствующие метеорологические и аэродинамические явления заставили его отказаться от своей старой идеи об "инструменте", основанном на взмахе крыльев, и признать "полет без движения крыльев".

Наблюдая, как большие птицы позволяют воздушным потокам подхватить и нести их в воздухе, Леонардо думал об оснащении человека большими составными крыльями, которые дадут ему возможность войти в подходящий воздушный поток при помощи несложных движений тела и не затратить много сил на это. Человек будет свободно парить, пока не опустится на землю как "сухой лист".

Систематические исследования, предпринятые Леонардо в начале

XVI в., привели его к необходимости изучить “качество и плотность воздуха”. Для этой цели он сконструировал гидроскопические инструменты. Леонардо подчеркивал, что законы аэродинамики аналогичны законам гидростатики, т.е. наука о воде является зеркальным отражением науки о ветре, “которую (науку о ветре) мы покажем через движение воды и эта важная наука станет шагом вперед в понимании полета птицы в воздухе”.

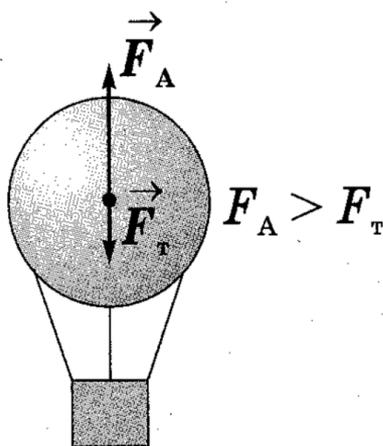
Первое летающее средство передвижения-воздушный шар (аэростат)

Аэростат – летательный аппарат, использующий подъёмную силу заключённого в газонепроницаемую оболочку подъёмного газа (водород, гелий, тёплый воздух), имеющего плотность меньшую, чем плотность атмосферного воздуха. Аэростаты подразделяются на свободные, привязные, управляемые (дирижабли). **Свободные аэростаты** перемещаются в горизонтальном направлении в зависимости от воздушных течений. Они могут иметь устройства для регулирования высоты подъема, скорости взлёта и спуска. Разновидностью свободных аэростатов являются стратостаты, предназначенные для полетов в стратосферу. **Привязные аэростаты** удерживаются закрепленными на земле тросами, которые позволяют регулировать высоту их подъема. Как правило, понятие «аэростат» используется применительно к свободным и привязным аэростатам.

Первыми воздушный шар в 1783 году изготовили братья Монгольфье. Созданный ими шар наполнялся горячим воздухом, благодаря которому поднимался вверх. До сих пор шары, летающие на горячем воздухе, называются Монгольфьеры. В этом же году другой изобретатель Шарль запустил шар наполненный водородом, позднее заменённый гелием. Такие шары получили название шарльеров

После первых полетов уже в 18 веке аэростаты начали применяться в научных и военных целях. А в 19 веке во многих военных действиях аэростаты достаточно активно применялись для разведки, корректировки огня артиллерии, бомбардировки, связи и агитации. Максимальное военное использование аэростатов было достигнуто в 20 веке. В основном использовались привязные аэростаты. Первое массовое применение воздушных шаров было предпринято австрийцами в 1849 г при осаде Венеции. Их использовали во время гражданской войны в США (1862г), в период военных действий в Китае (1884г). В России военная воздухоплавательная часть была создана в 1885г. Привязные аэростаты активно применялись в русско-японской войне 1904-1905г.

Современные воздушные шары, используемые для демонстрационных и спортивных полётов, также как и шар братьев Монгольфье, в основном наполняются нагретым воздухом. С помощью газовой горелки воздух нагревается, и, поскольку разреженный горячий воздух легче холодного, шар взлетает. В случае набора слишком большой высоты пилот дергает за специальный шнур, соединённый с клапаном в оболочке воздушного шара — часть горячего воздуха выходит наружу, и воздушный шар опускается (снижается).



ПОДЪЕМНАЯ СИЛА

$$F_{\text{подъемная}} = F_A - F_T$$

$$F_A = \rho_{\text{возд}} V g$$

$$F_T = m_{\text{оболочки}} g + m_{\text{газа}} g$$

- ✓ – аэростат (греч. *Аэр* – воздух, *стато* – стоящий)
- ✓ – стратостат
- ✓ – дирижабль

Характеристики современного воздушного шара:

Объём $V \sim 2000 \text{ м}^3$

Скорость \sim определяется скоростью ветра. При 5м/с- 18 км/ч

Подъёмная сила $F \sim 700 \text{ кг}$

(плотность тёплого воздуха в отличие от водорода и гелия всего в 1,34 раза меньше, чем у холодного)

Дирижабли.



Дирижа́бль (от фр. *dirigeable* — управляемый), или управляемый аэростат — вид воздушных судов: аэростат, снабжённый силовой установкой и способный передвигаться в заданном направлении со значительной скоростью в большом диапазоне высот. Корпус дирижабля представляет собой тело удобно обтекаемой формы, объёмом от 2000 до 200000 м³, снабжённое стабилизаторами, вертикальными и горизонтальными рулями, в составе системы управления ориентацией, обеспечивающей возможность передвигаться в любом направлении независимо от направления воздушных потоков. На дирижаблях устанавливаются мощные моторы (обычно поршневые), приводящие во вращение воздушные винты, создающие тягу. По конструкции корпуса дирижабли делятся на три типа: нежёсткие (мягкие), жёсткие и полужёсткие.

Строившиеся в 1930-х годах жёсткие дирижабли представляли собой гигантские воздушные корабли с дальностью беспосадочного полёта 10000-15000 км, с полезной нагрузкой до 90 тонн (полный вес около 200 тонн). По сравнению с самолётами дирижабли обладают одним преимуществом — возможностью долго оставаться над определённым районом, так как в тихую погоду они могут держаться в воздухе без затраты горючего. Поэтому дирижабли целесообразно использовать для дальней разведки над океанами, для сопровождения караванов судов и т. п. Применение дирижаблей в настоящее время весьма ограничено из-за их малой скорости и слабой маневренности, а также из-за сложности управления ими и эксплуатации их в воздухе и на земле^[1].

Дирижабли также были взрывоопасны из-за газа в своей оболочке, поэтому были и катастрофы. Самая известная: катастрофа дирижабля “Гинденбург”, при посадке произошла утечка водорода и произошел взрыв. LZ 127 имел самую счастливую судьбу из всех построенных за всю историю воздухоплавания полтораэтажных жёстких дирижаблей: в 1929 году совершил первый в истории воздухоплавания кругосветный перелёт; за девять лет эксплуатации «Граф Цеппелин» провёл в воздухе около 17 200 часов, совершил 590 полётов в разные страны мира, преодолел почти 1,7 млн км, перевёз 13 110 пассажиров и около 70 т грузов и почты; при этом он 143 раза пересёк Атлантический океан и 1 раз — Тихий.

В 1931 году было создано предприятие по производству дирижаблей, как раз неподалёку от платформы Долгопрудная. Предприятие получило название “Дирижаблестрой”.

Основными задачами предприятия, были изучения всех вопросов, связанных с проектированием, постройкой и опытной эксплуатацией дирижаблей и аэростатов, подготовка кадров по строительству и эксплуатации, организация портов и воздушных линий для

дирижабельных сообщений, проведение научно-исследовательской работы.

Под руководством приглашённого итальянского специалиста У. Нобиле к ноябрю 1932 года изготовили 4 первые модели советских дирижаблей "СССР В-1(2,3,4)"

Исследование и расчёт воздушных шаров и дирижабля для индивидуального пользования.

Можно ли полететь на воздушных шариках?

В фильме "Три Толстяка" есть эпизод, где продавец воздушных шаров летит на связке своих же шаров. Мы решили рассчитать, сколько шариков потребуется для полёта школьника массой 50кг.

Для этого мы взяли 10 воздушных шариков наполненных гелием и провели следцующий эксперимент.

Мы измерили длину окружности самого большого шарика и получили $C_1=87$ см и самого маленького $C_2=77$ см. Усреднив, получили $C_{cp}=82$ см

Вычислили радиус и объём среднего шарика:

$$C=2\pi r, r=C/2\pi=82/6,28=13 \text{ см}$$

$$V= 4/3 \pi r^3= 4*3,14*13^3/3= 9200 \text{ см}^3 = 9,2 * 10^{-3} \text{ м}^3$$

Для движения шарика вверх необходимо, чтобы подъёмная сила компенсировала силу тяжести оболочки шара, верёвочки и груза

$$F_T=F_a$$

$$Mg=p_v g V_{ш}$$

$$M_{ш} + m_r=p_v V_{ш}$$

$$\rho_{He} V_{ш}+m_{об}+m_r=p_v V_{ш}$$

$$m_r= V_{ш}(\rho_v-\rho_{He}) - m_{об}, \text{ где } m_{об}=3r$$

Подставляя вычисленный ранее объём шара и плотности воздуха и гелия, имеем:

$M_r = 9200 \text{ см}^3 (1,29 - 0,18) * 10^{-3} \text{ г/см}^3 - 3 = 7 \text{ г}$ – поднимает 1 шарик по расчёту.

Мы взяли 10 шариков и подвесили к ним груз ~70г, шарики не справились с ним, пришлось груз уменьшить. Таким образом, в среднем, оказалось, что шарик способен поднять ~5г, т е для полёта на шариках человеку массой 50 кг потребуется 10 000 штук.

Это, конечно, малореально, хотя в Книге Рекордов Гиннеса зафиксированы полёты на воздушных шариках через Ла Манш (100км) и через Альпы.

Индивидуальный воздушный шар, какой он?

А если пуститься в путешествие на шарльере?

Используя ту же методику расчётов, получаем:

$$F_T = F_a$$

$$Mg = \rho_v g V_{\text{ш}}$$

$$M_{\text{ш}} + m_r = \rho_v V_{\text{ш}}$$

$$\rho_{\text{He}} V_{\text{ш}} + m_{\text{об}} + m_r = \rho_v V_{\text{ш}}$$

$$m_r = V_{\text{ш}}(\rho_v - \rho_{\text{He}}) - m_{\text{об}},$$

Пусть $m_r = 50 \text{ кг}$, а $m_{\text{об}} = 10 \text{ кг}$ (сюда мы включили массу всех необходимых вещей для полёта). Тогда

$$V_{\text{ш}} = (m_r + m_{\text{об}}) / (\rho_v - \rho_{\text{He}}) = 60 \text{ кг} / (1,29 - 0,18) \text{ кг/м}^3 = 54 \text{ м}^3$$

Теперь вычислим радиус этого шара:

$$V = 4\pi r^3 / 3, \text{ откуда } r = 2,35 \text{ м}, \text{ а диаметр соответственно } 4,7 \text{ м}.$$

Шар немаленький и управляемость у него не очень. Хотя, конечно, полёт впечатляет. (фото подобного шара в прил.1)

Хотим лететь куда хотим! (А дирижабль удобнее!)

Пару моторов, обтекаемая форма – и у нас уже дирижабль того же объёма, но управляемый. Рассчитаем форму близкую к цилиндру. $V = \pi r^2 * l$, где l - длина дирижабля.

Если $r = 1,2\text{ м}$, то $l = 12$.

Тоже немало, но в небе места пока хватает. Лишь бы процесс сдутия – надутия не занимал много времени.

Самый маленький дирижабль на настоящее время имеет объём 80 м^3 . (фото прил.1)

У дирижаблей, без сомнения, большое и светлое будущее. Немного понадобится времени, что бы огромные сигары в небе над городом стали привычным украшением, а полет на дирижабле, наполненном гелием, или дирижабле-монгольфьере — доступным удовольствием.

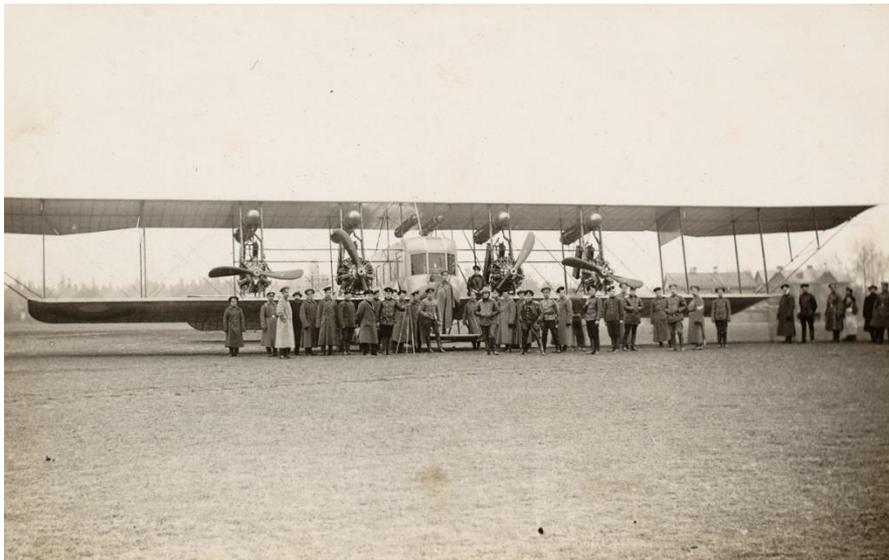
Эра самолётов.

История создания.



Самолёт — воздушное судно тяжелее воздуха, предназначенное для полётов в атмосфере с помощью силовой установки, создающей тягу и неподвижного относительно других частей аппарата крыла, создающего подъёмную силу. Неподвижное крыло отличает самолёт от вертолёта, а наличие двигателя — от планёра. От дирижабля и аэростата самолёт отличается тем, что использует аэродинамический, а не аэростатический способ создания подъёмной силы. Первым в мире самолётом, который смог самостоятельно совершить устойчивый управляемый горизонтальный полёт, стал «Флайер-1», построенный братьями Орвиллом и Уилбуром Райт в США. Первый полёт самолёта в истории был осуществлён 17 декабря 1903 года.

«Флайер-1» продержался в воздухе 12 секунд и пролетел 36.58 метров



Первый полет прототипа современного пассажирского самолета состоялся в 1914 году благодаря стараниям ученого Сикорского и успешным испытаниям «Ильи Муромца», совершившего воздушный перелет на рекордную дистанцию. Судно смогло поднять в воздух дюжину пассажиров, а в Первую мировую войну было задействовано для транспортировки снарядов. Первый пассажирский самолет, попавший в массовое производство в США был «Ford Trimotor», прозванный «Жестяным Гусем» за особенности своего внешнего вида.

Реактивные самолёты. (фото прил. 2)

Реактивные самолеты - самые мощные и современные воздушные суда XX века. Их принципиальное отличие от других состоит в том, что они приводятся в движение с помощью воздушно-реактивного или реактивного двигателя. В настоящее время они составляют основу современной авиации, как гражданской, так и военной.

Появился первый самолет с реактивным двигателем незадолго до начала Второй мировой войны. Heinkel He 178 был разработан компанией «Heinkel», развивал скорость до 710 км/час и мог преодолеть до 2 сотен километров без дозаправок.

Первым советским реактивным истребителем считается МиГ 9. на фото Як 15 1946.

Почему он летает?

АЭРОДИНАМИКА САМОЛЕТА

Рассмотрим профиль крыла самолёта. Зная спектр обтекания тела, можно для каждой его точки подсчитать величину давления воздуха и таким образом судить о величинах и характере действия аэродинамических сил. Так как на различные точки поверхности обтекаемого тела (профиля крыла) действуют разные по величине силы давления, результирующая их будет отлична от нуля. Это различие давлений в разных точках поверхности движущегося крыла является основным фактором, обуславливающим появление аэродинамических сил. Кроме сил давления, на поверхность крыла по касательной к ней действуют силы трения, которые обусловлены вязкостью воздуха и целиком определяются процессами, происходящими в пограничном слое.

Суммируя распределенные по поверхности крыла силы давления и трения, получим равнодействующую силу, которая называется **полной аэродинамической силой**. Точка приложения полной аэродинамической силы на хорде профиля крыла называется **центром давления**.

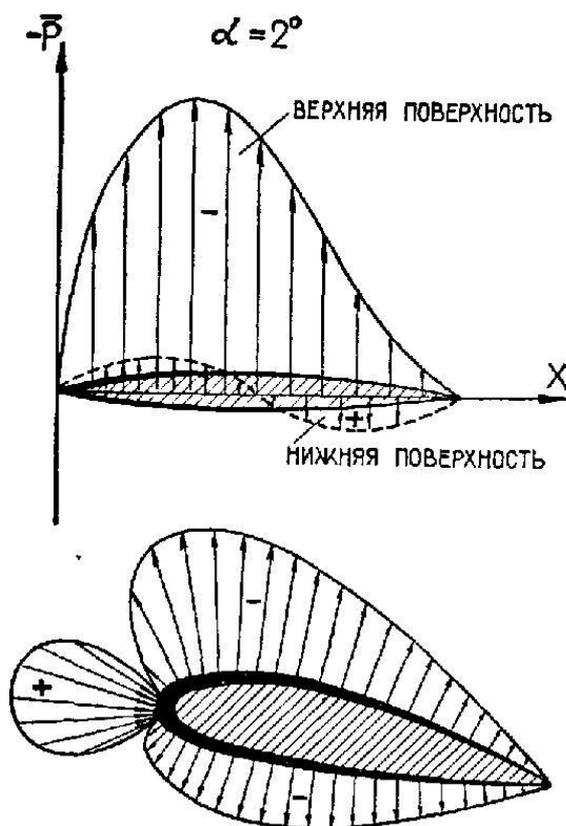


Рис. 1 Распределение давлений по профилю крыла

КРЫЛО И ЕГО НАЗНАЧЕНИЕ.

Крыло самолета предназначено для создания подъемной силы, необходимой для поддержки самолета в воздухе. Аэродинамическое качество крыла тем больше, чем больше подъемная сила и меньше лобовое сопротивление. Подъемная сила и лобовое сопротивление крыла зависят от геометрических характеристик крыла.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРЫЛА

Геометрические характеристики крыла сводятся в основном к характеристикам формы крыла в плане и к характеристикам профиля крыла. Крылья современных самолетов по форме в плане могут быть 2): **эллипсовидные (а), прямоугольные (б), трапецевидные (в), стреловидные (г) и треугольные (д)**

Наилучшей в аэродинамическом отношении является эллипсовидная форма, но такое крыло сложно

в производстве, поэтому редко применяется. Прямоугольное крыло менее выгодно с точки зрения аэродинамики, но значительно проще в изготовлении. Трапецевидное крыло по аэродинамическим характеристикам лучше прямоугольного, но несколько сложнее в изготовлении.

Стреловидные и треугольные в плане крылья в аэродинамическом отношении на дозвуковых скоростях уступают трапецевидным и прямоугольным, но на околозвуковых и сверхзвуковых имеют значительные преимущества. Поэтому такие крылья применяются только на самолетах, летающих на околозвуковых и сверхзвуковых скоростях.

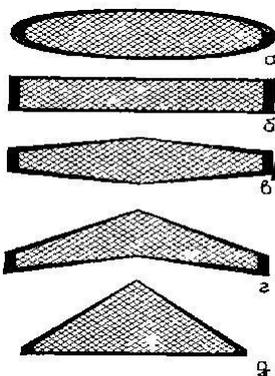
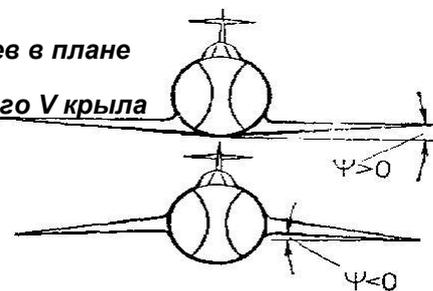


Рис. 2 Формы крыльев в плане

Рис. 3 Угол поперечного V крыла



Форма крыла в плане характеризуется размахом, площадью удлинением, сужением, стреловидностью (Рис. 4) и поперечным V (Рис. 3)

Размахом крыла L называется расстояние между концами крыла по прямой линии.

Площадь крыла в плане $S_{кр}$ ограничена контурами крыла.

Площадь трапециевидного и стреловидного крыльев вычисляет как площади двух трапеций

$$S_{кр} = \frac{b_0 + b_k}{2} \cdot \frac{l}{2} = l \cdot b_{ср} [M^2], \quad (1.1)$$

где b_0 - корневая хорда, м;

b_k - концевая хорда, м;

$$b = \frac{b_0 + b_k}{2}$$

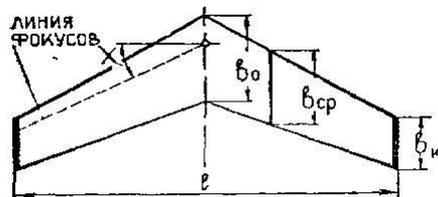
2 - средняя хорда крыла, м.

Удлинением крыла λ называется отношение размаха крыла к средней хорде

$$\lambda = \frac{l}{b_{ср}} \quad (1.2)$$

Если вместо $b_{ср}$ подставить его значение из равенства (1.1), то удлинение крыла будет определяться по формуле

Рис. 4 Геометрические характеристики крыла



$$\lambda = \frac{l^2}{S_{кр}} \quad (1.3)$$

Для современных сверхзвуковых и околозвуковых самолетов удлинение крыла не превышает 2- 5.

Для самолетов малых скоростей величина удлинения может достигать 12-15, а для планеров до 25.

Сужением крыла η называется отношение осевой хорды к концевой хорде

$$\eta = \frac{b_o}{b_k} \quad (1.4)$$

Для дозвуковых самолетов сужение крыла обычно не превышает 3, а для околозвуковых и сверхзвуковых оно может изменяться в широких пределах.

Углом стреловидности χ называется угол между линией передней кромки крыла и поперечной осью самолета. Стреловидность также может быть замерена по линии фокусов (проходящей на расстоянии 1/4 хорды от ребра атаки) или по другой линии крыла. Для околозвуковых самолетов она достигает 45° , а для сверхзвуковых - до 60° .

Углом поперечного V крыла называется угол между поперечной осью самолета и нижней поверхностью крыла (Рис. 3). У современных самолетов угол поперечного V колеблется от $+5^\circ$ до -15° .

Профилем крыла называется форма его поперечного сечения. Профили могут быть (Рис 5): симметричными и несимметричными. Несимметричные в свою очередь могут быть двояковыпуклыми, плосковыпуклыми, вогнутовыпуклыми и S-образными. Чечевицеобразные и клиновидные могут применяться для сверхзвуковых самолетов.

На современных самолетах применяются в основном симметричные и двояковыпуклые несимметричные профили.

Основными характеристиками профиля являются: хорда профиля, относительная толщина, относительная кривизна (Рис. 6).

Хордой профиля b называется отрезок прямой, соединяющий две наиболее удаленные точки профиля.

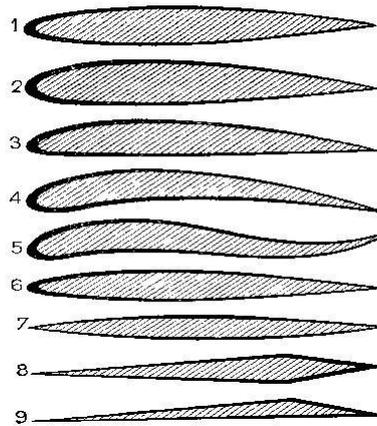


Рис. 5 Формы профилей крыла

1 - симметричный; 2 - не симметричный; 3 - плосковыпуклый; 4 - двояковыпуклый; 5 - S-образный; 6 -

ламинизированный; 7 - чечевицеобразный; 8 - ромбовидный; 9 - Δ видный

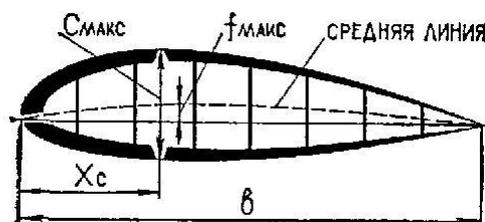


Рис.6 Геометрические характеристики профиля:

b - хорда профиля; $S_{\text{макс}}$ - наибольшая толщина; $f_{\text{макс}}$ - стрела кривизны; x_c - координата наибольшей толщины

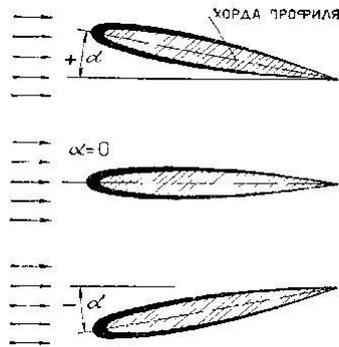


Рис. 7 Углы атаки крыла

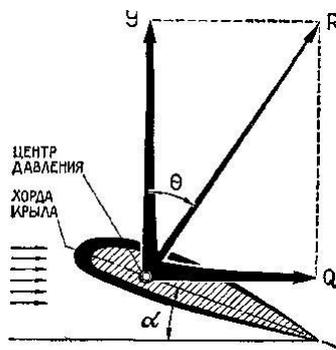


Рис. 8 Полная аэродинамическая сила и точка ее приложения

***R* - полная аэродинамическая сила; *Y* - подъемная сила; *Q* - сила лобового сопротивления; α - угол**

атаки; θ - угол качества

Относительной толщиной профиля *c* называется отношение максимальной толщины $C_{\text{макс}}$ к хорде, выраженное в процентах:

$$c = \frac{C_{\text{макс}}}{b} \cdot 100\% \quad (1.5)$$

Положение максимальной толщины профиля X_c выражается в процентах от длины хорды и отсчитывается от носк

$$\chi_c = \frac{X_c}{b} \cdot 100\%. \quad (1.6)$$

У современных самолетов относительная толщина профиля находится в пределах 4-16%.

Относительной кривизной профиля f называется отношение максимальной кривизны f к хорде, выраженное в процентах.

Максимальное расстояние от средней линии профиля до хорды определяет кривизну профиля.

Средняя линия профиля проводится на равном расстоянии от верхнего и нижнего обводов профиля.

$$f = \frac{f_{\text{макс}}}{b} \cdot 100\%. \quad (1.7)$$

У симметричных профилей относительная кривизна равна нулю, для несимметричных же эта величина отлична от нуля и не превышает 4%.

АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО КРЫЛА

С точки зрения аэродинамики наиболее выгодным будет такое крыло, которое обладает способностью создавать возможно большую подъемную силу при возможно меньшем лобовом сопротивлении. Для оценки аэродинамического совершенства крыла вводится понятие аэродинамического качества крыла.

Аэродинамическим качеством крыла называется отношение подъемной силы к силе лобового сопротивления крыла на данном угле атаки

$$K = \frac{Y}{Q}, \quad (1.8)$$

где Y - подъемная сила, кг;

Q - сила лобового сопротивления, кг. Подставив в формулу значения Y и Q , получим

$$K = \frac{C_y}{C_x} \quad (1.9)$$

Чем больше аэродинамическое качество крыла, тем оно совершеннее. Величина качества для современных самолетов может достигать **14-15**, а для планеров **45-50**. Это означает, что крыло самолета может создавать подъемную силу, превышающую лобовое сопротивление в **14-15 раз**, а у планеров даже в 50 раз.

Аэродинамическое качество характеризуется углом θ .

$$\operatorname{tg}\theta = 1/K \quad (1.10)$$

Угол θ между векторами подъемной и полной аэродинамической сил называется углом качества.

Чем больше аэродинамическое качество, тем меньше угол качества, и наоборот.

Аэродинамическое качество крыла, как видно из формулы (1.9), зависит от тех же факторов, что и коэффициенты C_y и C_x , т. е. от угла атаки, формы профиля, формы крыла в плане, числа M полета и от обработки поверхности.

МЕХАНИЗАЦИЯ КРЫЛА

На современных самолетах с целью получения высоких летно-тактических характеристик, в частности для достижения больших скоростей полета, значительно уменьшены и площадь крыла и его удлинение. А это отрицательно сказывается на аэродинамическом качестве самолета и особенно на взлетно-посадочных характеристиках.

Для удержания самолета в воздухе в прямолинейном полете с постоянной скоростью необходимо, чтобы подъемная сила была равна весу самолета - $Y = G$. Но так как

$$Y = C \frac{\rho v^2}{2} \cdot S.$$

то и

$$G = C_y \frac{\rho V^2}{2} \cdot S. \quad (1.11)$$

Из формулы (1.20) следует, что для удержания самолета в воздухе на наименьшей скорости (при посадке, например) нужно, чтобы коэффициент подъемной силы C_y был наибольшим. Однако C_y можно

увеличивать путем увеличения угла атаки только до **акрит.** Увеличение угла атаки больше критического приводит к срыву потока на верхней поверхности крыла и к резкому уменьшению C_y , что недопустимо. Следовательно, для обеспечения равенства подъемной силы и веса самолета необходимо увеличить

скорость полета u .

Вследствие указанных причин посадочные скорости современных самолетов довольно велики. Это сильно усложняет взлет и посадку и увеличивает длину пробега самолета.

Сцелью улучшения взлетно-посадочных характеристик и обеспечения безопасности на взлете и особенно посадке необходимо посадочную скорость по возможности уменьшить. Для этого нужно, чтобы C_y был возможно больше. Однако профили крыла, имеющие большое **Сумакс**, обладают, как правило, большими значениями лобового сопротивления **Схмин**, так как у них большие относительные толщина и

кривизна . А увеличение **Сх.мин**, препятствует увеличению максимальной скорости полета. Изготовить профиль крыла, удовлетворяющий одновременно двум требованиям: получению больших максимальных скоростей и малых посадочных - **практически невозможно.**

Поэтому при проектировании профилей крыла самолета стремятся в первую очередь обеспечить максимальную скорость, а для уменьшения посадочной скорости применяют на крыльях специальные устройства, **называемые механизацией крыла.**

Применяя механизированное крыло, значительно увеличивают величину **Сумакс** , что дает возможность уменьшить посадочную

скорость и длину пробега самолета после посадки, уменьшить скорость самолета в момент отрыва и сократить длину разбега при взлете. Применение механизации улучшает устойчивость и управляемость самолета на больших углах атаки. Кроме того, уменьшение скорости при отрыве на взлете и при посадке увеличивает безопасность их выполнения и сокращает расходы на строительство взлетно-посадочных полос.

Итак, механизация крыла служит для улучшения взлетно-посадочных характеристик самолета путем увеличения максимального значения коэффициента подъемной силы крыла **Сумакс**.

Суть механизации крыла состоит в том, что с помощью специальных приспособлений увеличивается кривизна профиля (в некоторых случаях и площадь крыла), вследствие чего изменяется картина обтекания. В результате получается увеличение максимального значения коэффициента подъемной силы.

Эти приспособления, как правило, выполняются управляемыми в полете: при полете на малых углах атаки (при больших скоростях полета) они не используются, а применяются лишь на взлете, на посадке, когда увеличение угла атаки не обеспечивает получения нужной величины подъемной силы.

Существуют следующие виды механизации крыла: ***щитки, закрылки, предкрылки, отклоняемые носки крыла, управление пограничным слоем, реактивные закрылки.***

Таким образом, подъемная сила самолёта зависит от формы и площади крыла, угла атаки и скорости самолёта (её квадрата)

Современные пассажирские самолеты. (фото прил. 3)

В данное время большие самолеты по типу Boeing и Airbus устаревают. Это неудивительно, ведь они были разработаны в 60-80-е годы прошлого века. Человечество шагнуло вперед и по части технологий и по потребностям. Сейчас крупнейшая российская компания по перевозке самолетами- "Аэрофлот" начинает менять свои старые самолеты Boeing на новые Мс-1 и SuperJet 100. Руководством

страны поставлена задача собирать их только из отечественных комплектующих. Раньше в 80х-00х стремились к наибольшим скоростям и наибольшей вместимости самолетов, сейчас сменились приоритеты – необходимы самолёты небольшие (индивидуальные, как легковые машины) и средние. Одна из текущих разработок самолёт МС-1 представлена в приложении.

Совсем чуть чуть о вертолётах.

(фото в прил. 4)



Вертолёт — винтокрылый летательный аппарат вертикального взлёта и посадки, у которого подъёмная и движущая силы на всех этапах полёта создаются одним или несколькими несущими винтами с приводом от одного или нескольких двигателей.

Первое упоминание о вертикально взлетающем аппарате появилось в Китае около 400 года н. э. Аппарат представлял собой игрушку в виде палки с прикреплёнными к концу этой палки перьями в виде винта, которую следовало раскручивать в зажатых ладонях для создания подъёмной силы, а затем отпускать.

Известны проекты различных летательных аппаратов, не являющиеся вертолётами, начиная с летательного аппарата Леонардо да Винчи (1475 год)

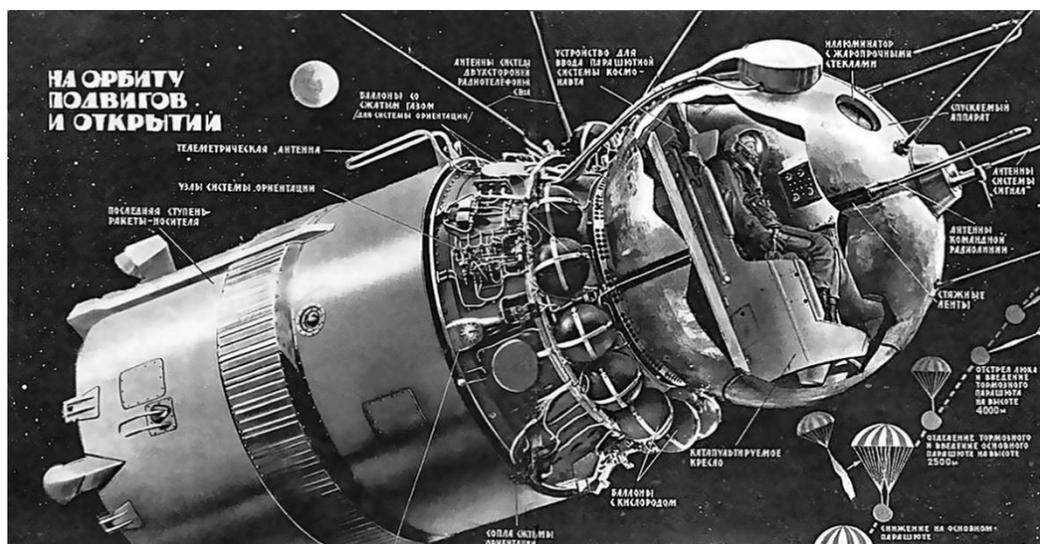
Первый в истории вертикальный полёт состоялся 24 августа (по другим источникам, 29 сентября) 1907 года и продолжался одну минуту (истины ради стоит заметить, что полёт проходил на привязи, без пилота и не был управляемым). Вертолёт, построенный братьями Луи и Жаком Бреге под руководством профессора Шарля Рише, поднялся в воздух на 50 см. Аппарат имел массу 578 кг и был оснащён двигателем Antoinette мощностью 45 л. с. Gyroplane имел 4

несущих винта диаметром 8,1 м, каждый винт состоял из восьми лопастей, попарно соединённых в виде четырёх вращающихся бипланных крыльев. Суммарная тяга всех винтов составляла 560—600 кг. Максимальная высота полёта на режиме висения — 1,525 м была достигнута 29 сентября. Также существуют данные о том, что в 1905 году француз М. Леже создал аппарат с двумя противоположно вращающимися винтами, который мог на некоторое время отрываться от земли.

С вертолетами все так же как и с самолетами только лопасти сами набирают скорость вращения и за счет этого взлетают, а самолет разгоняется двигателями и потом поднимается с помощью крыльев



Начало космической эры.



«Восток-1» («Восток») — космический корабль из серии «Восток», первый космический аппарат, поднявший человека на околоземную орбиту.

На корабле «Восток» 12 апреля 1961 года лётчик-космонавт СССР Юрий Алексеевич Гагарин совершил первый в мире полёт в космическое пространство. Старт корабля состоялся с космодрома Байконур в 9 часов 7 минут московского времени (06:07:00 UTC). Корабль выполнил один оборот вокруг Земли и совершил посадку в 10 часов 55 минут (07:55:00 UTC) в районе деревни Смеловка Саратовской области.

С тех пор произошли тысячи космических запусков, люди живут на космической станции, 5 летательных аппаратов покинули или скоро покинут Солнечную систему. Но пока космос не стал общедоступным ввиду дороговизны и отсутствия необходимости у больших масс населения по нему перемещаться.

А вот в соседний город за 300-1000км махнуть по-быстрому хотят многие.

Самолёт, вертолёт? Автомобиль!

(Тенденции развития транспортных средств.)

Как уже отмечалось ранее, в настоящий момент более всего востребован абсолютно новый класс летающих машин типа аэротакси. Кроме всего прочего, очень высоко желание отказаться от углеводородов и получить электромоторы простые в зарядке и эксплуатации и экологически чистые. Пока это затруднительно из-за очень большого веса аккумуляторов. Заполненность дорог мегаполисов не позволяет развивать автотранспорт, люди пересаживаются на общественный, но он далеко не всем по вкусу по многим причинам, в том числе и потому, что современный человек становится всё большим индивидуалистом – это дух времени. Многие коллективы разработчиков, начиная с 2014 г разрабатывают подобные транспортные средства. Особенно интересен для пользователя гибрид автомобиля с ... чем-то летающим. Где надо поехал, где можно полетел. Предлагаю ознакомиться с некоторыми наиболее известными проектами.

Прототипы транспортных средств на основе самолёта и вертолёта. Крыло или винт?

(Проекты разных компаний по индивидуальным летательным аппаратам.)

The Lilium Jet

Компания заявляет, что создала первый в мире электрический вертикальный взлётно-посадочный самолёт. Он развивает скорость до 300 км/ч, позиционируется как воздушное такси.

Starling Jet

Дата создания проекта: 2014 год.

Starling Jet вмещает десять пассажиров, скорость самолёта — до 740 км/ч



Компания Bartini.

Эта российская компания создала проект- новый вид средства передвижения-гибрид самолета и вертолета, проект стартовал в 2015. Стоимость данного аппарата будет примерно 7 млн рублей. Первый прототип успешно завершил тестовые полеты.



В аэропорту Пьештяны в Словакии прошли испытания летающего автомобиля AirCar, созданного местными изобретателями.

Это проект машины переделанной в самолет. Для взлета машины нужно подождать развертывание крыльев и набрать нужную скорость для взлета. Как утверждают создатели, ей смогут управлять люди умеющие пилотировать самолет.



Инфраструктура для адаптации и использования новейших индивидуальных транспортных средств.

Системы навигации и управления индивидуальными летательными аппаратами

Мы понимаем, что индивидуальные летательные аппараты (ИЛА) могут быть самые разные как по внешнему виду, так и по конструкции.

В повседневной жизни мы все используем автомобили. Переход с автомобилей на летательные аппараты может быть быстрым, но не везде и не всегда будет удобно их использовать. Здесь мы рассмотрим применение электромобиля с возможностью взлета и посадки как вполне логичного продолжения эволюции автомобиля. При этом важна возможность взлёта и посадки не только в аэропортах (частные самолёты и сейчас есть, они малодоступны широким массам населения). Сейчас уровень автоматизации и компьютеризации мира вполне достаточен для управления транспортом в 3-х измерениях, а не в привычных нам 2-х. Вспомните кадры с летающими машинами в городе из фильма “Пятый элемент”(1997!)

Для обеспечения безопасности полетов индивидуальных летательных аппаратов (ИЛА) нужно решить несколько вопросов :

- разработка правил движения для летающих транспортных средств и соответствующего законодательства,

Разработанные Правила Движения и стандарты для ИЛА окажут влияние на конструкции транспортных средств. Например, запрет на использование реактивных двигателей, требование вертикального взлета в городах и требование наличия не менее двух (или четырех) двигателей для вертикального взлета будут требовать применения тянущих или толкающих винтов для обеспечения вертикального взлета (пока не откроют антигравитацию). Мы для примера разработали небольшую серию дорожных знаков для подобных транспортных средств, которые можно посмотреть в приложении.

- создание инфраструктуры для полетов - нужно выделить зоны переходов с движения по земле к полету - это разгонные полосы или вертикальные туннели для автомобилей с вертикальным взлетом, выделение разрешенных коридоров для полетов.

- создание приложения по навигации совмещенного с автопилотом. Это приложение должно быть не просто навигатором, оно должно управлять ИЛА, позволяя ему двигаться только по разрешенным воздушным коридорам с разрешенной скоростью и осуществлять снижение и приземление в разрешенных местах. Средства навигации будут прокладывать маршрут с учетом мест взлета и посадки, и заявлять его в центральный компьютер, управляющий воздушным движением. Умная транспортная система будет оптимизировать движение летательных транспортных средств, чтобы не возникало пробок и аварий.

Требование вертикального взлета и посадки может дать вторую молодость портативным Дирижаблям. Например, для обеспечения и удешевления вертикального взлета в разрешенных местах можно будет установить гелие-заправочные станции, которые будут надувать продолговатый шар (для обтекаемой формы) над крышей автомобиля, поднимать его на высоту выделенного разгонного коридора, и по мере разгона автомобиля и появления собственной подъемной силы, шар можно постепенно сдувать. Гелий – дешевый газ и это может оказаться значительно экономичнее подъема автомобиля на электро или бензиновой тяге.

Преимущества летающего транспорта очевидны – минимизация пробок, парковки на крышах зданий и сокращение строительства дорог.

Вполне возможна и эволюция мопедов-мотоциклов, - летающая платформа на двух колесах с надувным шаром сверху и умным навигатором, - я уверен, что китайцы первыми оценят это новшество, поскольку львиная доля китайцев в городах ездит на мопедах и мотоциклах, причём проезжей части им не хватает.

В приложении 6 мы привели нарисованные нами возможные варианты транспортных знаков для гибридных ИЛА.

Вывод.

Мир меняется!

Многое из того, что сейчас для нас привычно, раньше было фантастично и невероятно, в это просто невозможно было поверить. Однако сейчас мы пользуемся сотовыми телефонами, проводим он-лайн конференции и космические аппараты, созданные руками человека, покидают Солнечную систему и летят навстречу далёким звёздам. На Земле созданы прекрасные города с очень сложными системами дорог и общественного и индивидуального транспорта. В этом исследовании мы изучили возможность развития транспортной схемы не за счёт расширения дорожной сети, а за счёт использования воздушного пространства для широких масс населения – это и аэростаты и летающие “автомобили”. Многие компании разрабатывают такие виды транспорта, основанные на подъёмной силе гелия, крыла самолёта или лопастей вертолёт.

Кроме создания самих машин, необходимо создать инфраструктуру для их использования, программное обеспечение – ведь они должны быть “умными”. Мы попытались представить, как будет выглядеть при этом мир, описать его и даже создали дорожные знаки для таких транспортных средств. Именно наше поколение будет строить такие машины, писать для них программное обеспечение и разрабатывать правила и алгоритм их использования. Это недалёкое будущее человечества. Мы все придём туда завтра.

Литература.

1. Николай Кун “Легенды и мифы Древней Греции” Альфа-книга, Москва 2019 г.
2. Роберт Уоллейс “Мир Леонардо” Терра-Терра Москва 1997г
3. Фролов В.А. “Как и почему появляется подъёмная сила на крыле самолёта” учеб. пособие для вузов по специальности «Самолётостроение»/ Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. –
4. Соболев Д.А. История развития пассажирских самолетов (1910 - 1970-е годы). Издательство Фонд «Русские витязи», 2018 г.

Приложения.

1.Аэростаты



Индивидуальный воздушный шар.

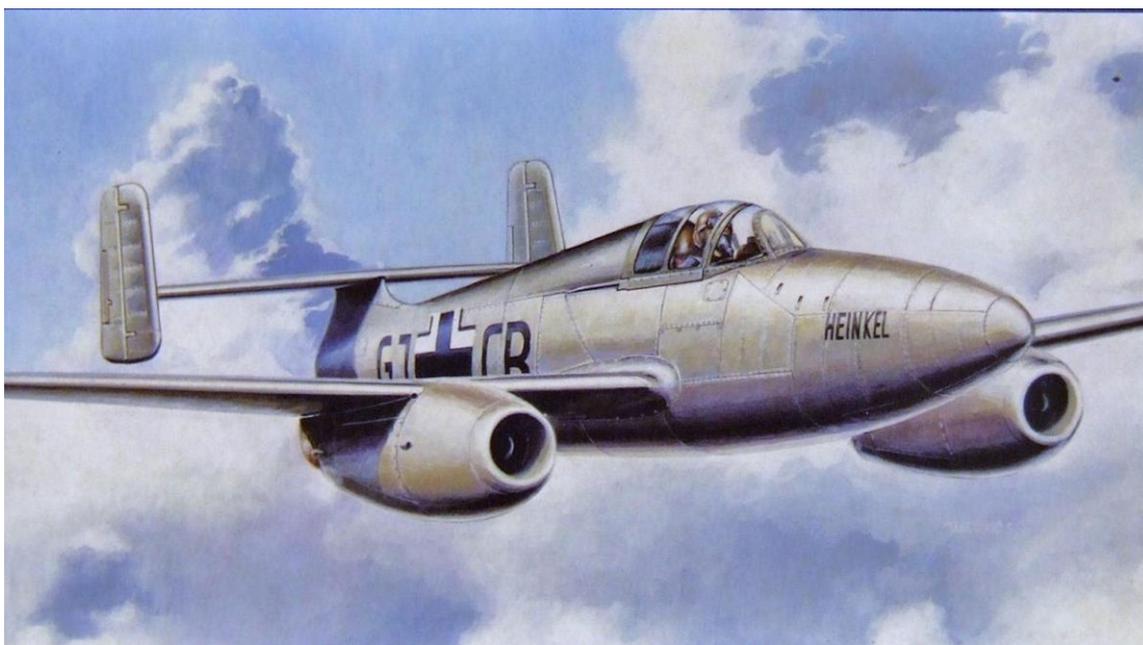


Дирижабль Зяблик (AU-29)
тепловой. $V = 860 \text{ м}^3$. Макс $V = 40 \text{ км/ч}$



Одноместный дирижабль
“Полярный гусь” (AU-35) $V = 2950 \text{ м}^3$, макс 3 пассажира
8000м рекорд высоты

2.Реактивные самолёты.



3.Современные пассажирские самолёты.



Boing 787

Крейсерская **скорость** самолета 902 км/ч, максимальная 956 км/ч.

Дальность **полета** от 11910 до 14140 км. Пассажировместимость от 242 до 330 человек



Крейсерская скорость (км/ч) 900

Максимальная скорость (км/ч) 1020

Вместимость 480-85. Факт: это самый большой самолет в мире



SuperJet 100

Крейсерская скорость 830 км/ч

Максимальная скорость 950 км/ч



Крейсерская скорость 870 км/ч

Максимальная скорость 950 км/ч



Aerion as2
1671 км/ч -сверхзвуковой самолёт.
перевозит 12 чел
Первый полет планируется в 2023г

4.Военные самолеты.



F-35
Максимальная скорость: 1930 км/ч
Крейсерская скорость: 850 км/ч
Пушечное: 25 мм авиационная пушка
Ракеты воздух-воздух
Ракеты воздух-земля



су 35

Максимальная скорость у земли: 1400 км/ч

Максимальная скорость на высоте: 2500 км/ч

Пушечное: 30 мм авиационная пушка

Ракеты воздух-воздух

Ракеты воздух-земля



Миг 25 Самолет имеет форму двухкилевого моноплана, с двумя двигателями, имеющими воздухозаборники, которые расположены сбоку, с крылом, имеющим форму трапеции, расположенной сверху и цельноповоротным стабилизатором. Скорость полета 3000км/ч

5.Вертолёты.



1. ми-28
2. Макс скорость 282 км/ч
3. Крейсерская 260км/ч
4. **вооружение**
5. Пушка калибра 30 мм
6. Противотанковый ракетный комплекс (может применяться и по воздушным)
7. Неуправляемое ракетное и пушечное вооружение

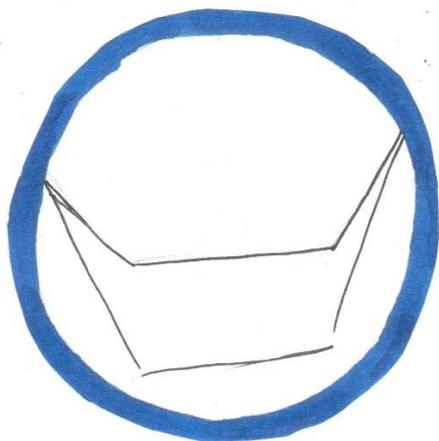


Максимальная скорость, км/ч
в горизонтальном полете 310
полета вбок 80
полета назад 90

Вооружение:

Ракеты класса «воздух-воздух»
30-мм пушка с боезапасом в 500 патронов
НАР калибра 80 мм
ПТУР "Вихрь"

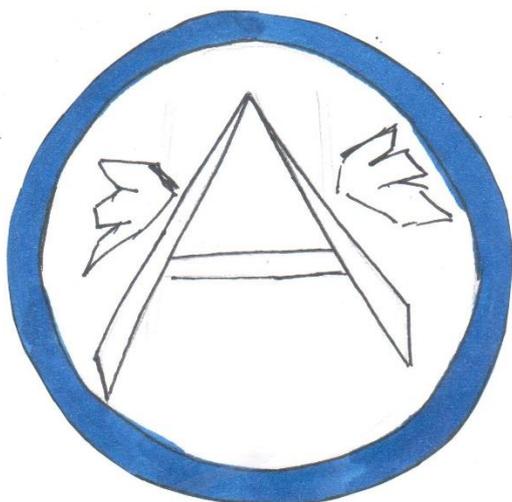
3 Новые знаки для транспортных средств.



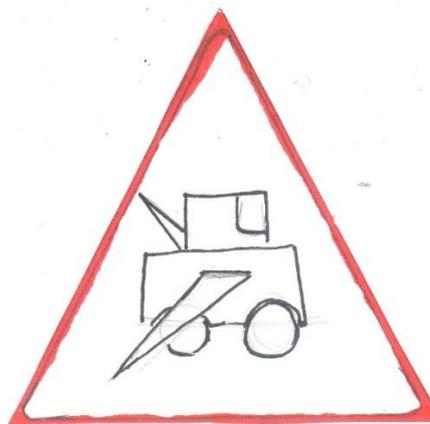
Разрешённый коридор полёта



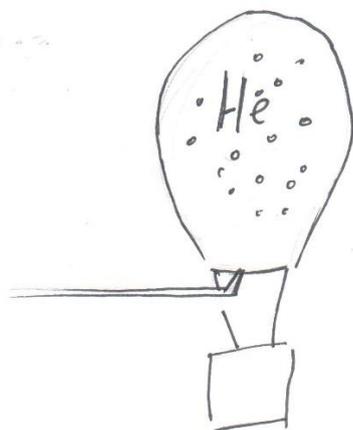
взлёт запрещён



Взлёт разрешён



разгон запрещён



Заправка гелием воздушных шаров и дирижаблей