

РАБОЧЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРЫЛЬЕВ СВОБОДНО ЛЕТАЮЩЕЙ МОДЕЛИ ПЛАНЕРА

Беспилотный транспорт и логистические системы

Автор: Литовский Лев, МБОУ «Гимназия №7» г. Брянска Брянской области
11 класс физико-математического профиля

Научные руководители: Степаниденко Александр Иванович, учитель физики высшей
квалификационной категории;

Титивкин Сергей Александрович, неоднократный чемпион СССР и России по судомоделизму в
классе скоростных моделей,

Научный консультант: Симонян Самвел Рафаэлович,

Выпускник факультета «Вертолётно- и самолётостроения» Московского авиационного института

Введение

Цель проекта: создать рабочее устройство для создания планера, путём полученных знаний из различных источников и собственного опыта, изучить физические явления, возникающие при полёте планера.

Задачи:

- **1.** Изучить различные источники информации по данной теме.
- **2.** Найти способ изготовить крыло самолёта быстро и эффективно.
- **3.** Выбрать наилучшую конфигурацию крыла путём экспериментов и испытаний (аэродинамический профиль, форма, длина, ширина, толщина, удлинение и т.д.), чтобы будущий самолёт находился в воздухе как можно дольше.
- **4.** Изготовить крыло выбранным способом.
- **5.** Провести ещё ряд экспериментов и испытаний, чтобы убедиться, что выбранная конфигурация крыла является самой лучшей.

Гипотеза

Гипотеза: Я предполагаю, что существует способ, благодаря которому можно быстро изготовить крыло самолёта в любых условиях при наличии нужных материалов и минимального оборудования, и что подъёмная сила крыла планера зависит от аэродинамического профиля крыла, от его ширины и длины и других параметров.

Методы исследования:

1. Анализ (*сбор важной информации*)

2. Моделирование

3. Эксперимент

Практическая значимость: конечным продуктом моей работы являлось создание рабочего устройства для изготовления качественных крыльев свободнолетающей модели.

В процессе проектной работы предполагается экспериментальная база в виде испытаний и экспериментов.

Этапы проектной работы

I Этап

- **Установить связь между величинами, от которых зависит полёт планера.**

1.Изучение конструкции планера

2.Рассмотрение основных элементов планера

3.Итог анализа литературы

4.Эксперименты.

5.Итог

Конструкция планера состоит из:

- Крыла
- Пилона (фюзеляж)
- Хвостового оперения:
 1. Киля
 2. Стабилизатора
- Хвостовой балки
- Грузик

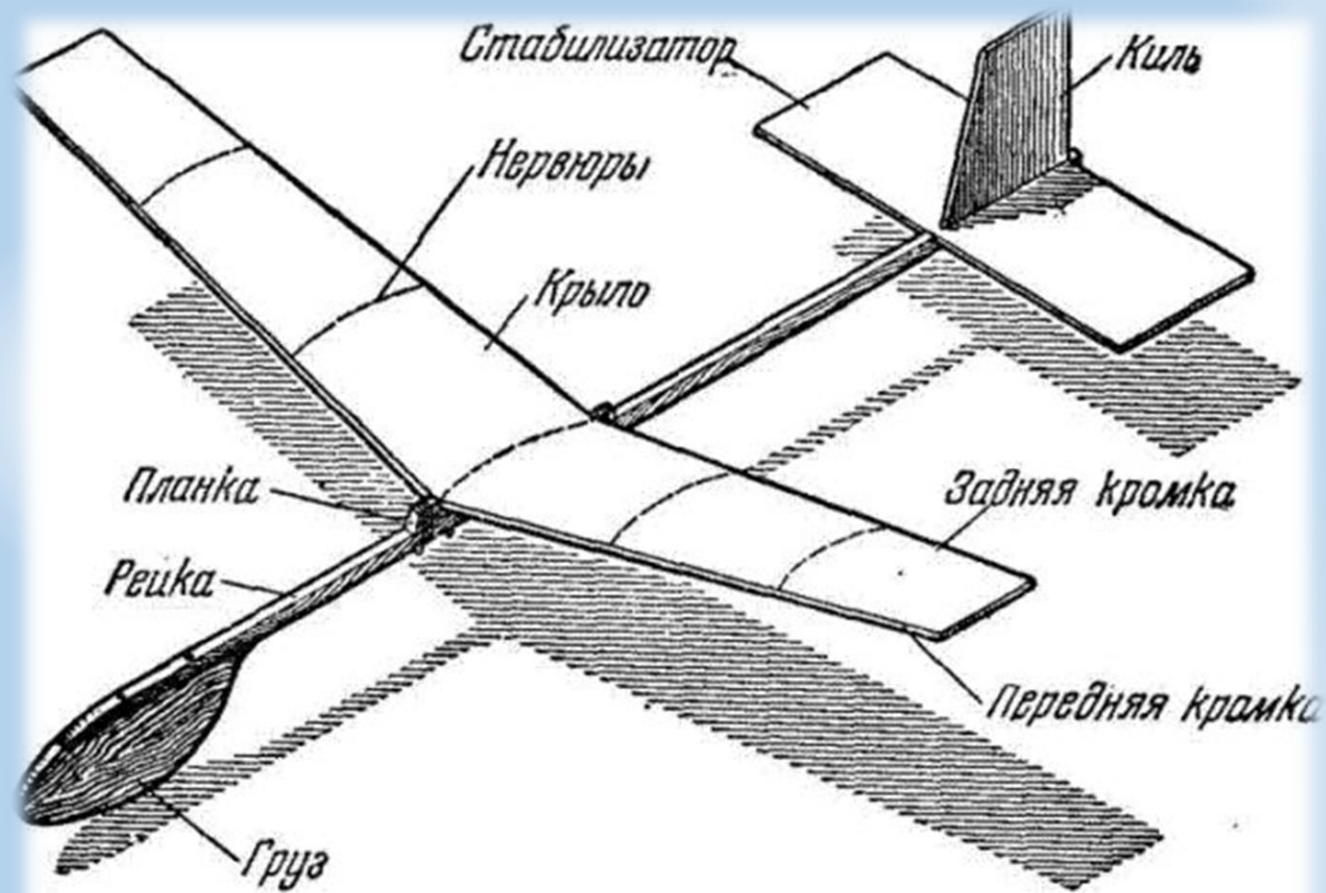


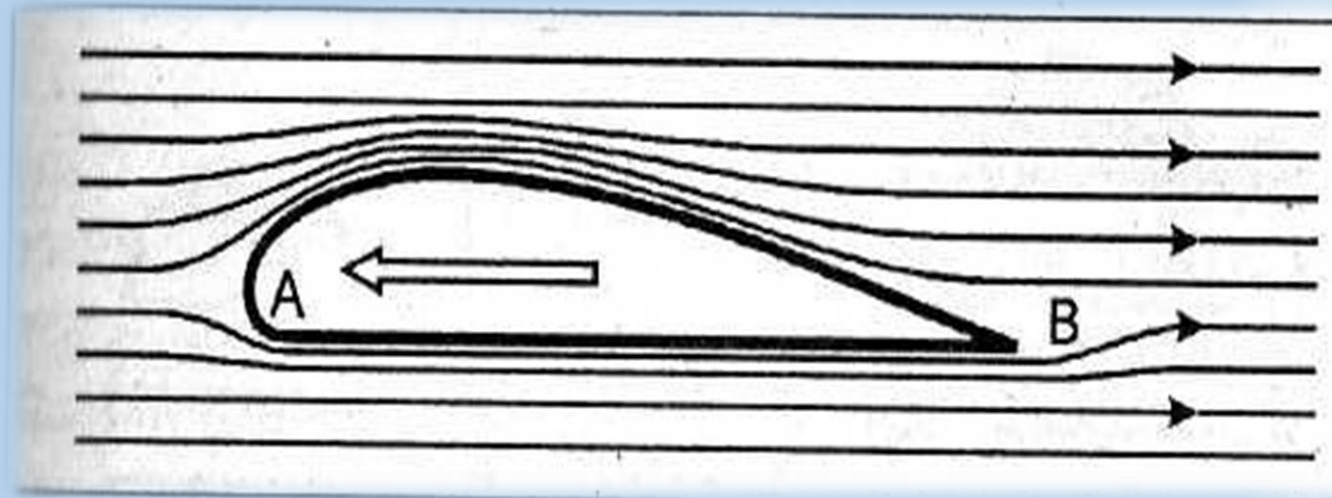
Рис. 85. Общий вид схематической модели планера

Крыло

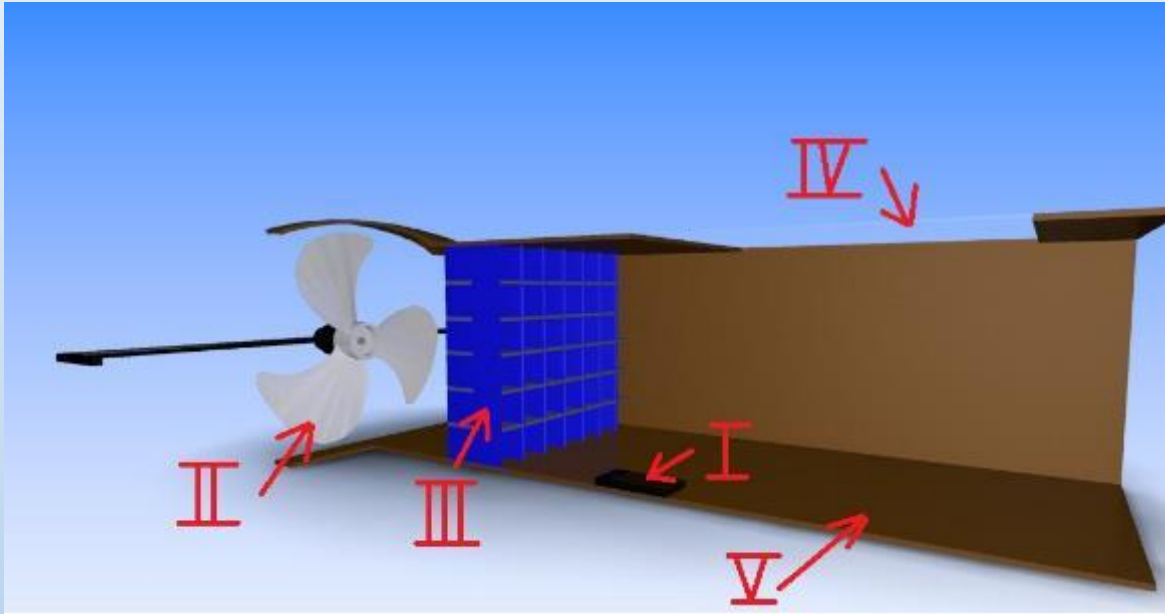
При детальном осмотре крыла мы можем увидеть, что в поперечном сечении крыло имеет *необычную замкнутую кривую*

$$Y = C_y \frac{v^2 \rho S}{2}$$

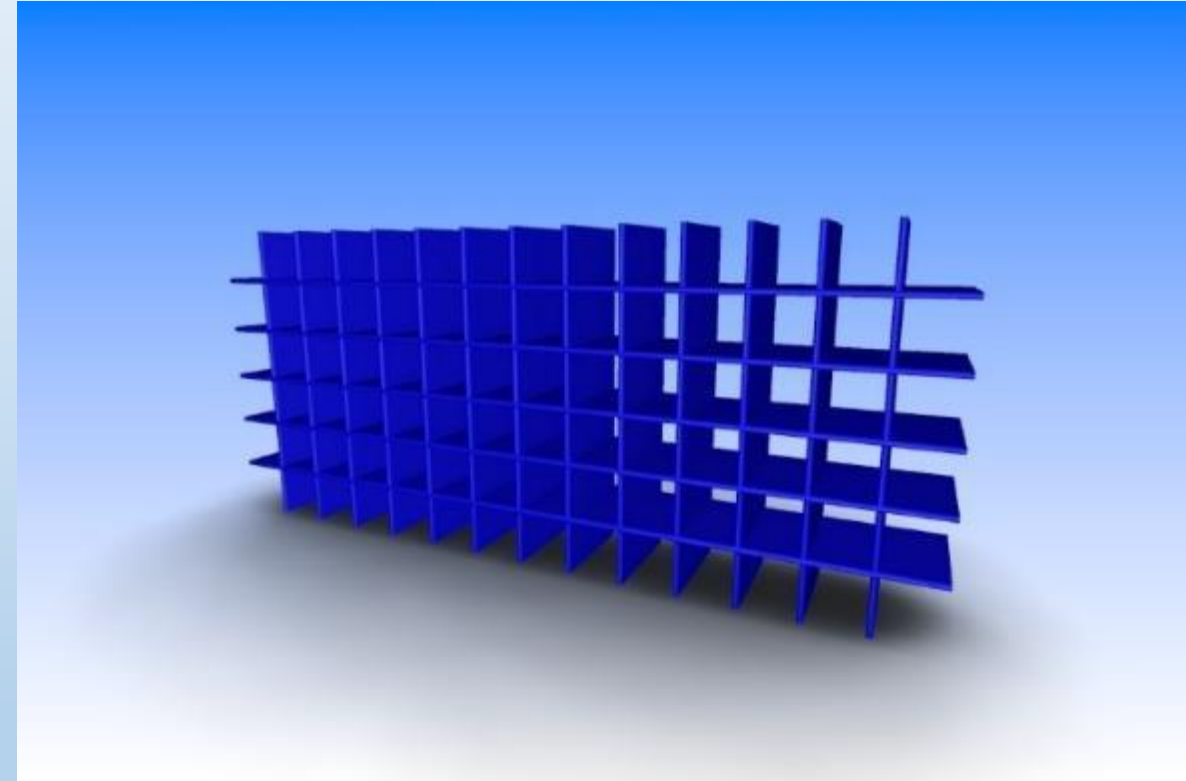
- Y – подъёмная сила (Н)
- C_y – коэффициент подъёмной силы, зависящий от угла атаки.
- ρ – плотность воздуха на высоте полёта (кг/м^3)
- v – скорость набегающего потока воздуха
- S – Площадь крыла



Аэродинамическая труба



I-весы, II-Нагнетательный аппарат, III-спрямляющий аппарат, IV –окно для наблюдений показаний, V –труба.



Спрямитель

Эксперимент № 1 в аэродинамической трубе

Угол атаки (в градусах)	Подъёмная сила (в граммах)	
	Плоский профиль	Плоско-выпуклый профиль
~ 0,00°	~ 3,6 г.	~ 4,5 г.
~ 1,15°	~ 4,1 г.	~ 5,0 г.
~ 2,30°	~ 4,2 г.	~ 5,3 г.
~ 3,50°	~ 4,3 г.	~ 4,6 г.

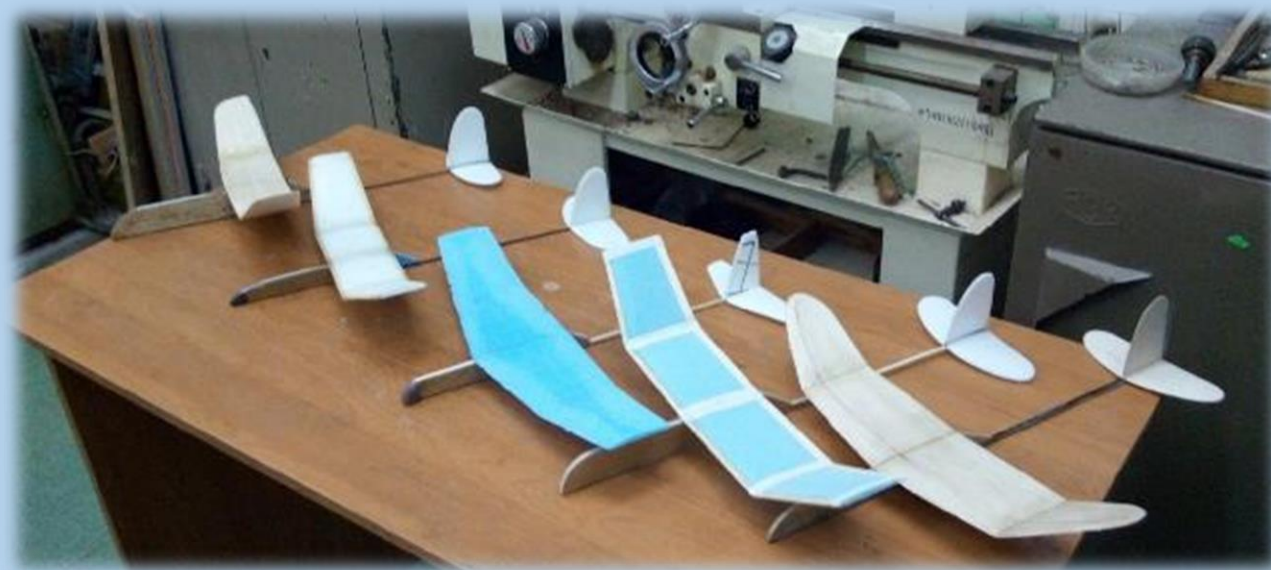
Вывод

Угол атаки (в градусах)	Турбулентность (амплитуда колебаний на плоскости центроплана* аэродинамических полосок* в мм.)	
	Плоский профиль	Плоско-выпуклый Профиль
~ 0,00°	~ 1 ± 0,5 мм.	~ 1 ± 0,5 мм.
~ 1,15°	~ 2 ± 0,5 мм.	~ 1 ± 0,5 мм.
~ 2,30°	~ 3 ± 1,0 мм.	~ 3 ± 1,0 мм.
~ 3,50°	~ 3 ± 1,0 мм.	~ 2 ± 0,5 мм.

Вывод

- 1) Подъёмная сила крыла зависит от её поперечного аэродинамического профиля (таблица №1).
- 2) При увеличении угла атаки возрастает подъёмная сила крыла (см. таблицу №1).
- 3) При увеличении угла атаки усиливается турбулентность (см. таблица № 2).
- 4) Постоянно увеличивать угол атаки не имеет смысла, так как поток воздуха становится

Прототипы



Эксперимент № 2 на улице



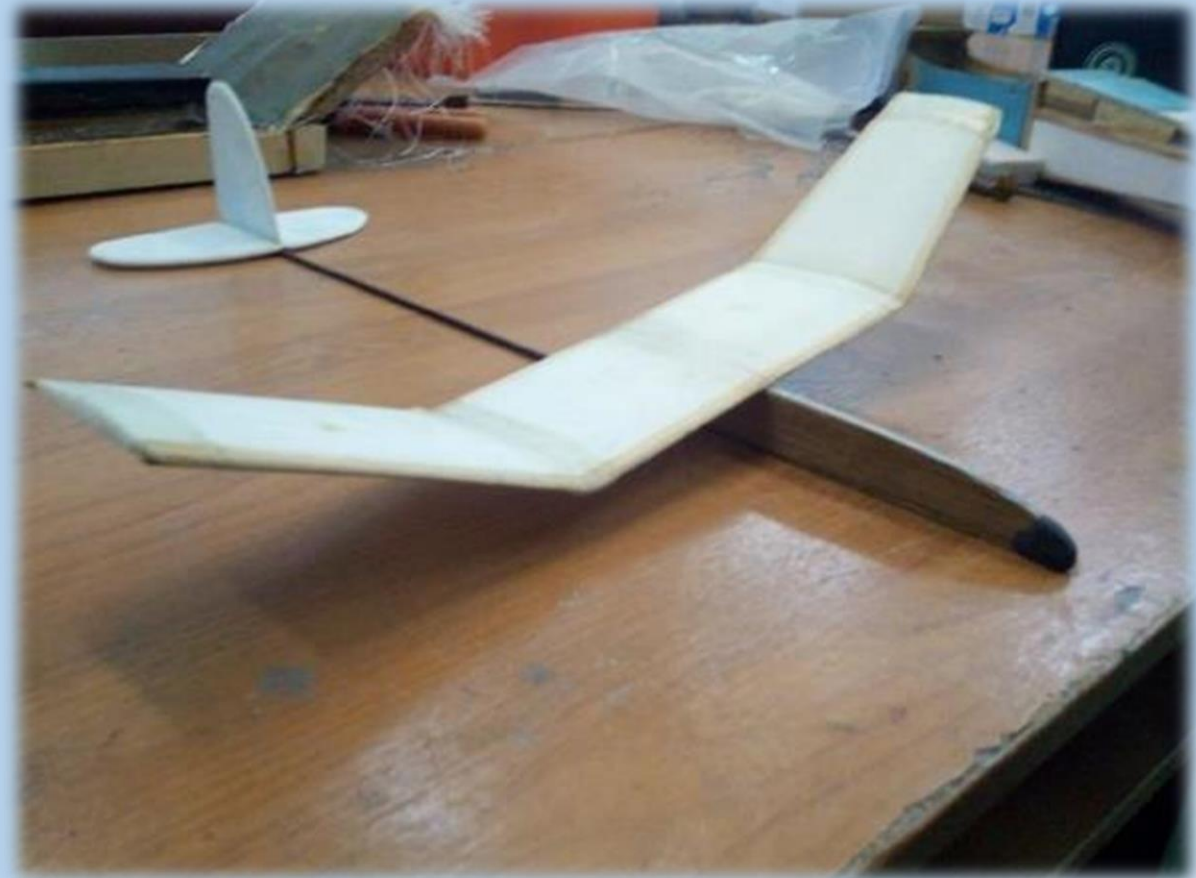
Бежица

Вывод

- 1) Форма крыла эллипсовидное.
- 2) Длина хвостовой балки 20 см.
- 3) Высота установки крыла относительно плоскости горизонтального хвостового стабилизатора 3 см.
- 4) Угол установки крыла на фюзеляже относительно плоскости горизонтального хвостового стабилизатора около 1 градуса. Наличие небольшой V-образности крыла (около 3 градусов)
- 5) Хвостовое оперение (горизонтальный стабилизатор и вертикальный стабилизатор) имело форму эллипса.
- 6). Планер, который обладал трапециевидным крылом, также не уступал эллипсовидному.

Итог

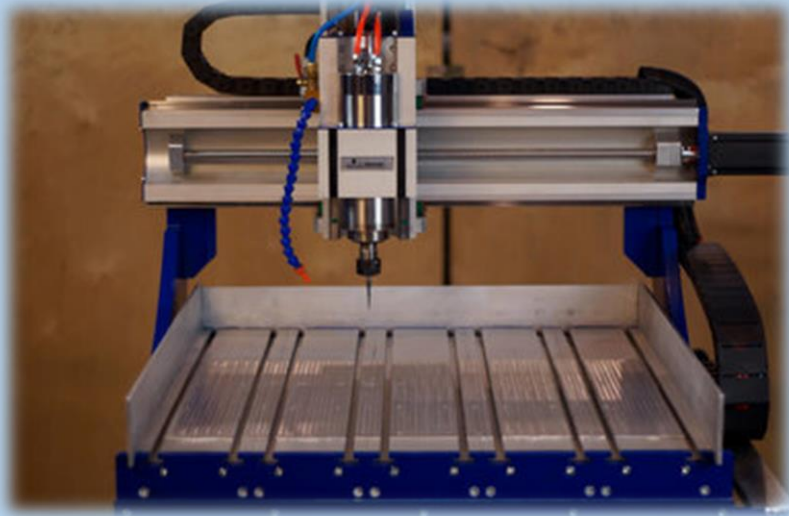
- **Итог:** Проанализировав полученные данные, я пришел к выводу, что самым трудоёмким элементом в конструкции планера является крыло, так как:
- **а)** от качества поверхности крыла напрямую зависело его качество полёта. Достижение высокого качества поверхности является очень трудозатратным процессом.
- **б)** от аэродинамического профиля поперечного сечения крыла очень зависел полёт планера.



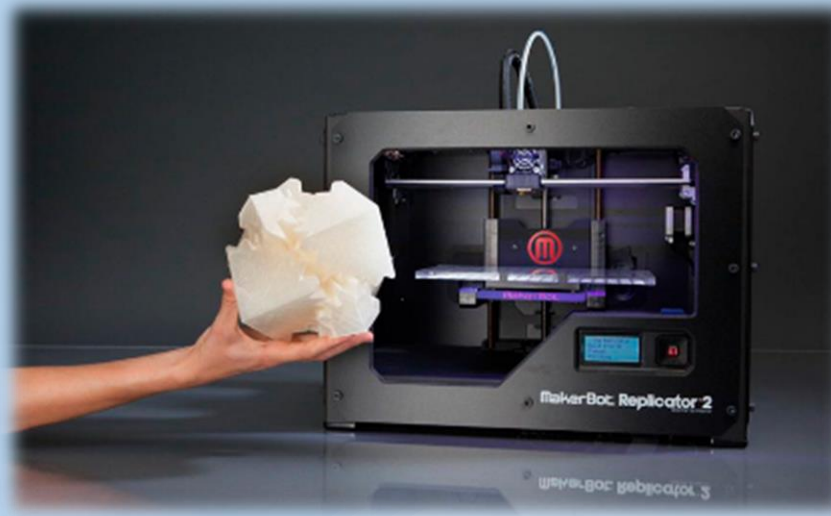
II Этап

- Придумать/найти способ для быстрого изготовления крыльев планера.

Фрезерный станок с
ЧПУ



3-D принтер



Матрица



Устройство (способ Производства крыла)	Принцип работы	Плюсы	Минусы
Фрезерный станок с ЧПУ	Заготовка из бальсы (дерево) фрезеровалось	1. Крыло получалось очень качественным	1. Затраты электроэнергии 2. Занимало много времени 3. Станок требовал постоянного присмотра во время работы 4. Сложная и долгая настройка оборудования перед работой
3-D принтер	Крыло постепенно печаталось по слоям	1. Быстрая настройка оборудования перед работой 2. Не требовало присмотра	1. Напечатанное крыло было очень тяжёлое 2. Крыло было деформировано кручением из-за особенность печати 3. Занимало много времени 4. Затраты электроэнергии
Матрица	Две консоли крыла формируются в матрица, а после склеиваются друг с другом	1. Крыло получалось достаточно лёгким относительно своей прочности 2. Не требовало присмотра	1. Долгое изготовление матрицы (2 месяца) 2. Требовало много материалов на изготовление матрицы

Был сделан вывод, что создание крыльев с помощью матрицы является самым оптимальным вариантом.

Ознакомившись с дополнительной информацией, мы разбили процесс создания матрицы на этапы:

1) Создание «болванки» для матрицы

2) Создание самой матрицы

Матрица из стекловолокна - это такая же деталь, только “вывернутая наизнанку” (лицевой поверхностью внутрь). Внутренняя поверхность **матрицы** копирует форму поверхности модели («болванки»). Поэтому деталь, “склеенная” в **матрице**, будет точной копией нашей модели.



«Болванка»

«Болванку» крыла я решил делать следующим способом:

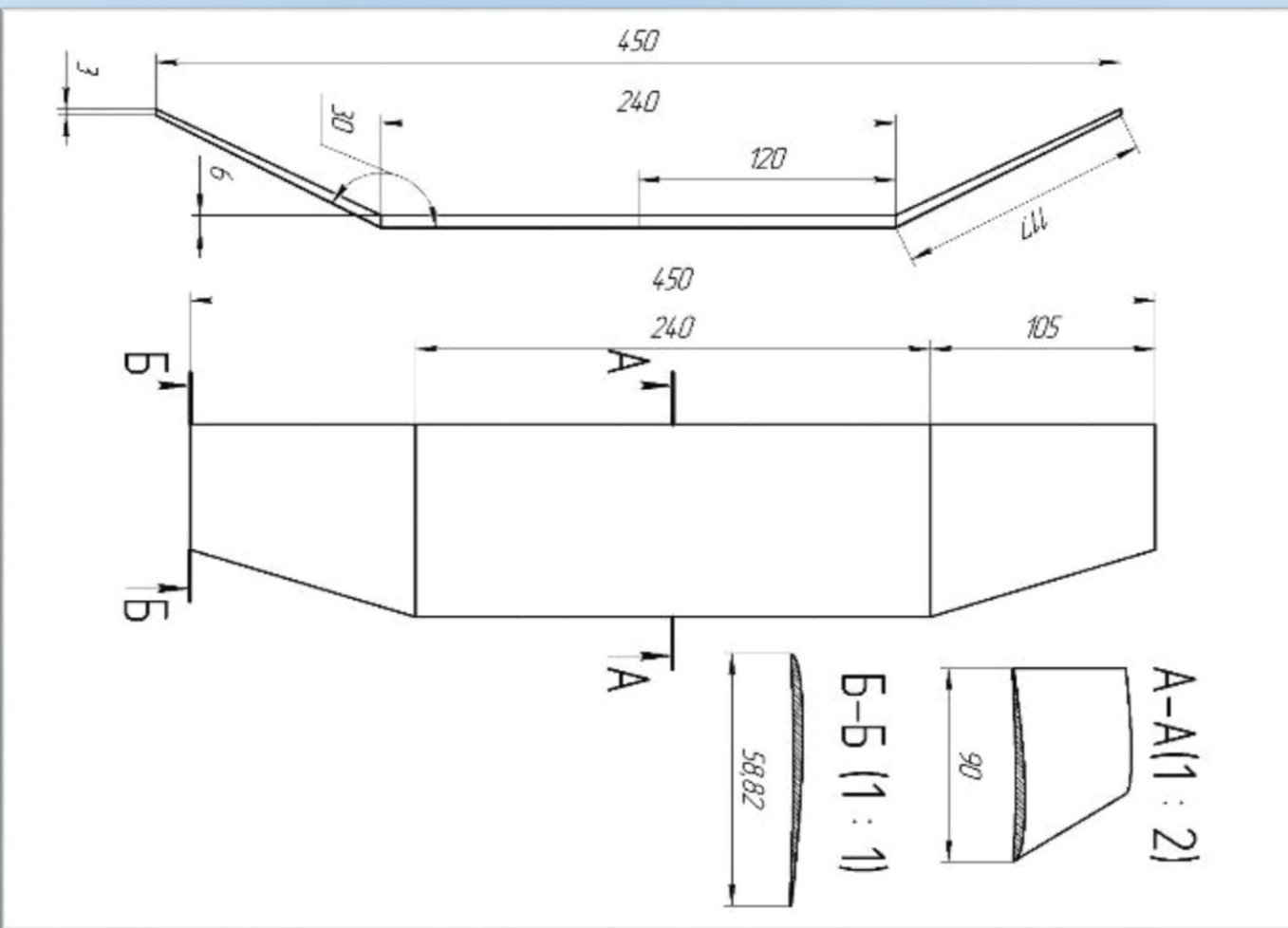
1. Создать 3-D модель аэродинамического профиля крыла лучшего кандидата.
2. Печать профилей.
3. Клейка пластмассовых деталей на торцы заготовки из бальсы.
4. Шлифовка наждачной бумагой бальзы по профилю приклеенных профилей.
5. Шпаклёвка крыла.
6. Покрасочные работы

Профиль В-8405-в



Авиационный профиль крыла
(выпукло-вогнутый)

Проектирование крыла

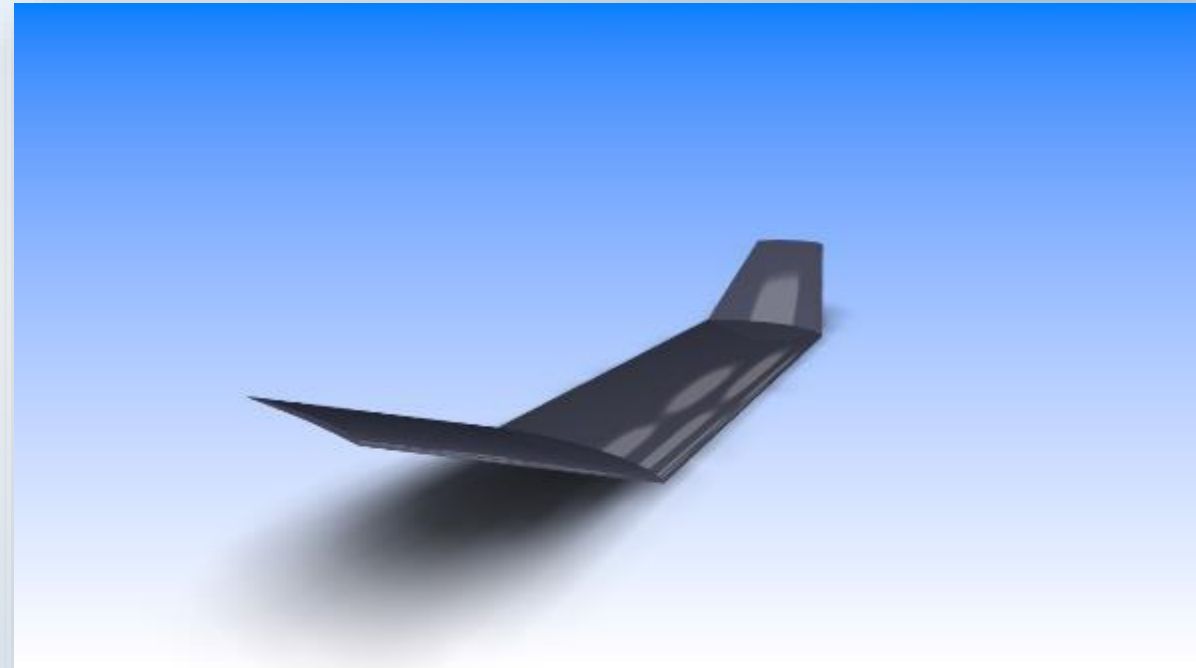
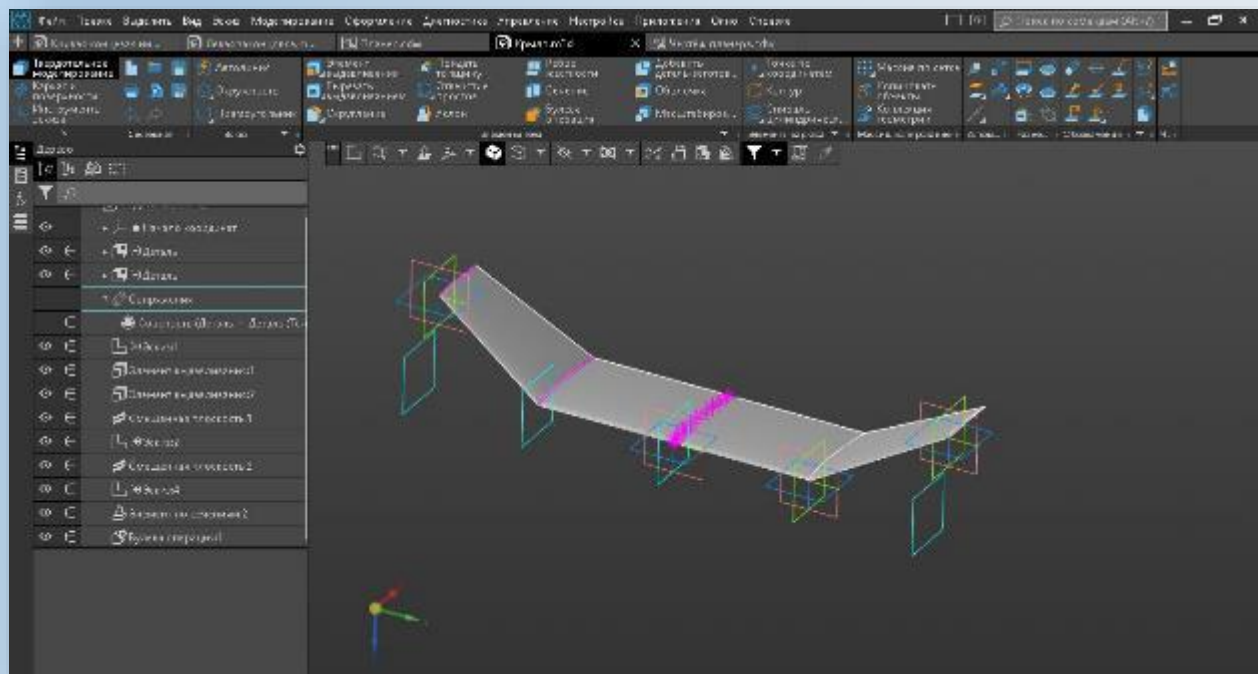


Профиль В-8405-в

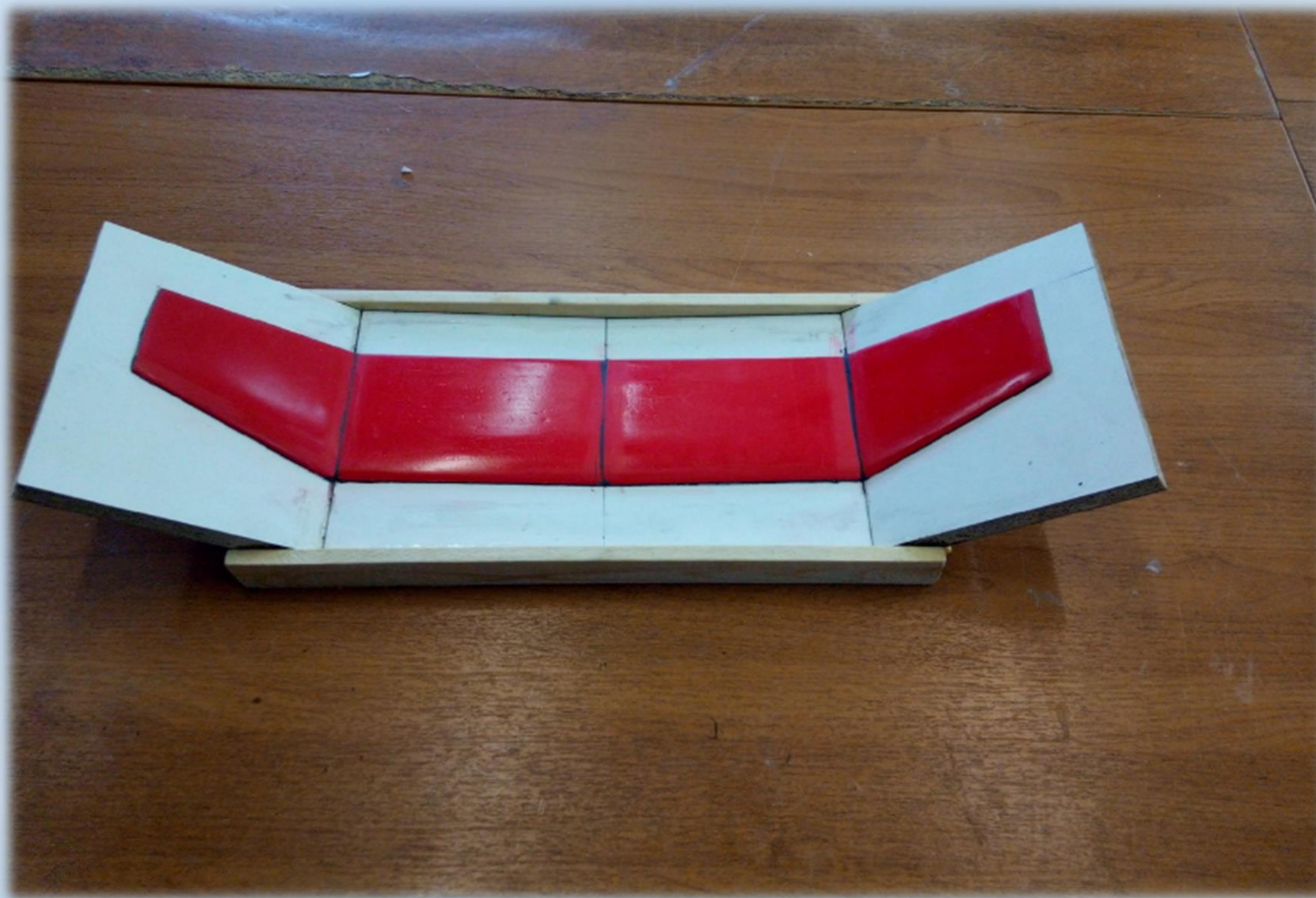


Геометрические характеристики			Аэродинамические характеристики			
X	Y _в	Y _н	α°	C _y	C _x	C _m
0	0,01	0,01				
0,0125	0,0285	0				
0,025	0,039	0,001				
0,05	0,054	0,0035				
0,075	0,065	0,0055				
0,1	0,0745	0,0075				
0,15	0,086	0,011				
0,2	0,0935	0,014				
0,25	0,0975	0,018				
0,3	0,0995	0,021				
0,4	0,097	0,0255				
0,5	0,0895	0,029				
0,6	0,079	0,028				
0,7	0,0645	0,024				
0,8	0,0465	0,0185				
0,9	0,029	0,01				
0,95	0,0195	0,005				
1	0,007	0				

Проектирование крыла



Вид собранной «болванки» крыла



Матрица

Создание матрицы я осуществлял в следующие этапы:

1. Сборка «болванки» крыла на ДСП плите
2. Постепенное нанесение слоёв пропитанной эпоксидной смолой (ЭД-20) стеклоткани на болванку.
3. Установка профильной трубы в качестве ребра жёсткости

Нанесение первого (декоративного) слоя



Нанесение последующих слоёв



Матрица после раскрытия



Матрица в разложенном состоянии

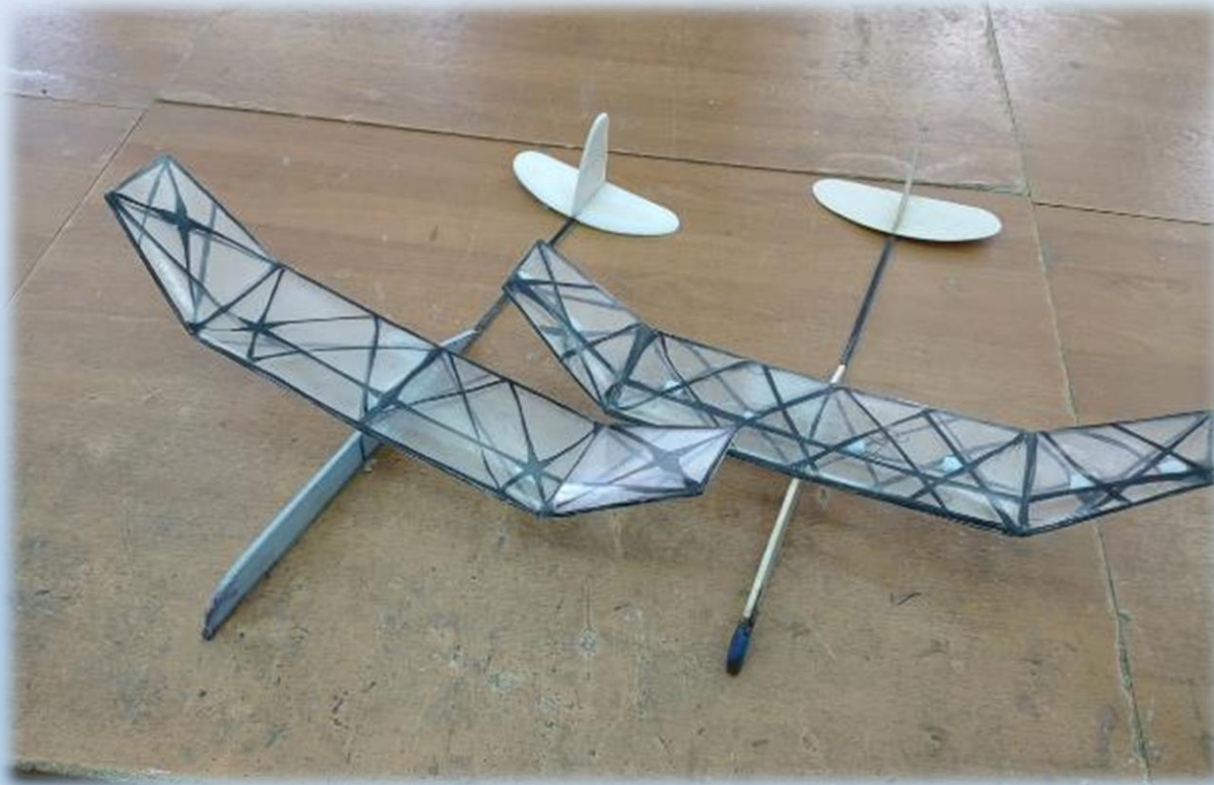


Формовка крыла (стеклоткань)

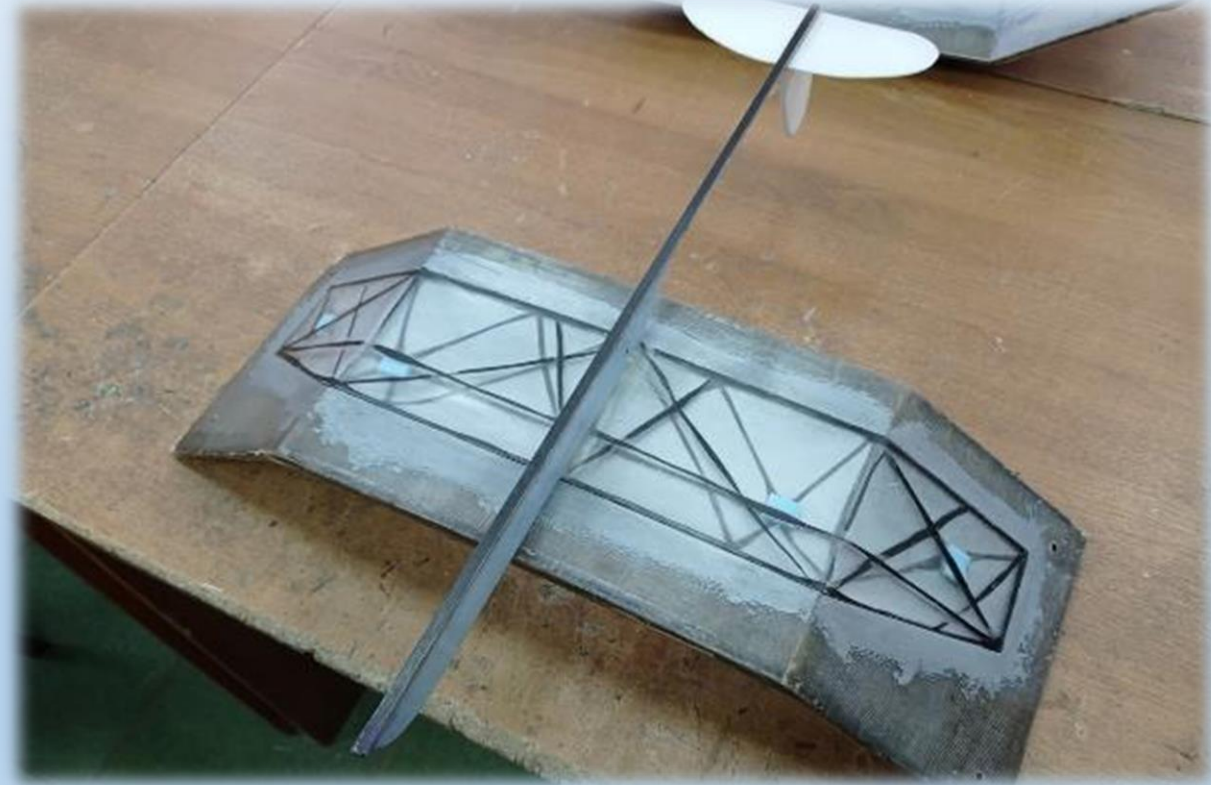
1. Стеклоткань (0.01 мм) ложится внутрь матрицы и пропитывается очень жидкой эпоксидной смолой («Ларит»).
2. Также этой смолой пропитывается углеволокно.
3. Углеволокно ложиться внутрь матрицы в качестве силового набора (для прочности)
4. Две половинки матрицы помещаются в микропористый полиэтиленовый пакет, предварительно накрыв их ветошью.
5. Внутри пакета откачивается воздух, создавая вакууму, вынуждая излишки смолы вытекать из полиэтиленового пакета через микропоры.
6. После высыхания смолы две половинки матрицы собираются и зажимаются струбцинами, предварительно смазав фланцы внутри матрицы эпоксидной смолой (чтобы консоли приклеились)

Готовое изделие (стеклоткань)

Готовые планера



Готовое крыло после формовки



Формовка крыла (карбон/кевлар)



Материалы



1. Пропитка материалов эпоксидной смолой



2. Нанесение пропитанных материалов на матрицу



3. Две половинки матрицы помещаются в микропористый полиэтиленовый пакет, предварительно накрыв их ветошью.

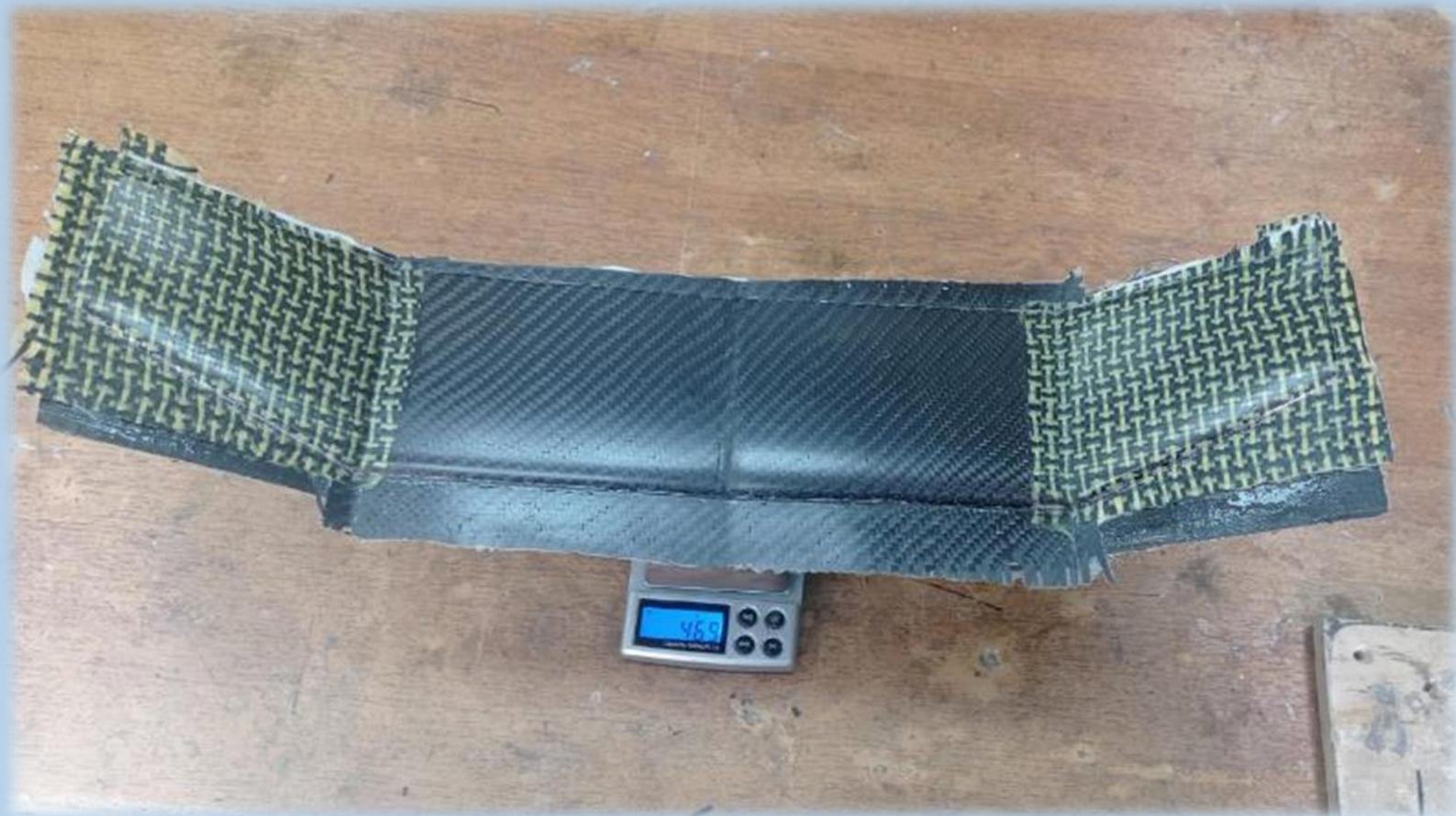


4. Вакуумная формовка



5. Склеивание двух половинок матрицы

Готовое изделие (Карбон/кевлар)



Эксперимент № 3 в аэродинамической трубе (финальный)

Угол атаки (в градусах)	Турбулентность (амплитуда колебаний на плоскости центроплана* аэродинамических полосок* в мм.)		
	Плоский	Плоско-выпуклый	Вогнуто-выпуклый
~ 0,00°	~ 1 ± 0,5 мм.	~ 1 ± 0,5 мм.	~ 1 ± 0,5 мм
~ 1,15°	~ 2 ± 0,5 мм.	~ 1 ± 0,5 мм.	~ 1 ± 0,5 мм
~ 2,30°	~ 3 ± 1,0 мм.	~ 3 ± 1,0 мм.	~ 2 ± 0,5 мм.
~ 3,50°	~ 3 ± 1,0 мм.	~ 2 ± 0,5 мм.	~ 3 ± 1,0 мм.

Вывод

Угол атаки (в градусах)	Подъёмная сила (в граммах)		
	Плоский	Плоско-выпуклый	Вогнуто-выпуклый
~ 0,00°	~ 3,6 г.	~ 4,5 г.	~ 6,0 г.
~ 1,15°	~ 4,1 г.	~ 5,0 г.	~ 6,5 г.
~ 2,30°	~ 4,2 г.	~ 5,3 г.	~ 6,0 г.
~ 3,50°	~ 4,3 г.	~ 4,6 г.	~ 5,7 г.

Вывод

Исходя от данных,
приведённых в таблицах
можно сделать **Вывод**, что,
как и ожидалось, у крыла с
вогнуто-выпуклым
крылом **наибольшая**
подъёмная сила.

Финальные испытания



Заключение

- При работе над проектом я изучил существующие модели планеров, их конструкцию и возможность создания планеров подручными средствами, рассмотрел физические явления, возникающие при полёте планера, изучил среду «Компас» для создания 3-D моделей, научился создавать программы для станка с ЧПУ и 3-D принтера, изучил свойства карбоновой нити, стеклоткани и эпоксидной смолы.
- Значительное место в моём проекте занимает сбор информации и испытания.
- В результате работы была выполнена цель работы проекта: проектирование и создание рабочего устройства/приспособления для создания крыльев свободнолетающей модели. Были выполнены все задачи, поставленные перед началом работы.

Спасибо за внимание