



**Fulmina Human Resources®**

**Научное объяснение конструкции  
лопастей несущего винта Бондарева**

**Научный руководитель проекта Гай Монтпетит**

**автор**

**Л.А. Бондарев**

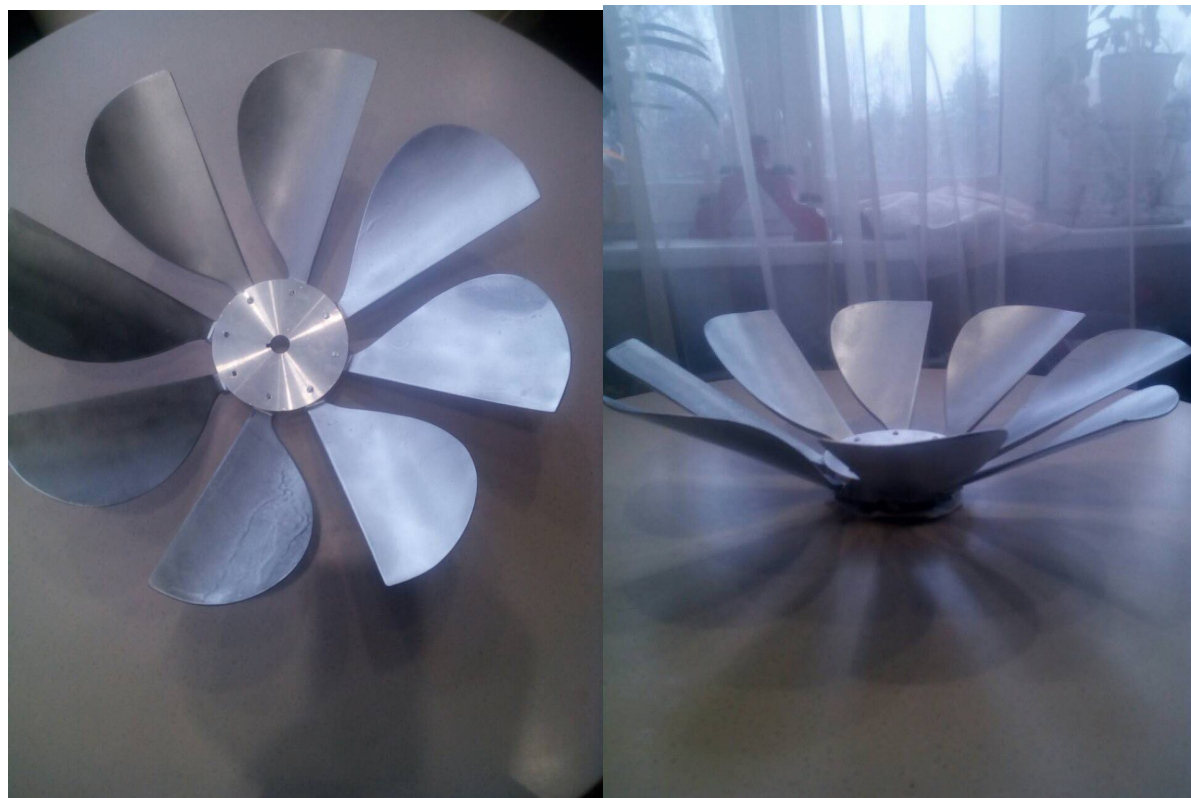
К геометрическим характеристикам воздушного винта относятся: форма лопасти в плане, форма профиля лопасти, диаметр, угол наклона лопасти и геометрический шаг винта.

По форме лопасти в плане винты бывают самые разнообразные.

Лопастей несущего винта являются наиболее ответственным и нагруженным агрегатом летательного аппарата, обеспечивающим создание потребной подъемной силы. Она должна удовлетворять разнообразным и противоречивым требованиям, таким как:

- обеспечение требований статической прочности: напряжения, действующие в лонжероне лопасти от центробежных сил в полете и от массовых сил на стоянке, не должны превышать допустимые напряжения;
- обеспечение необходимого запаса по флаттеру;
- отсутствие резонансных колебаний;
- обеспечение необходимого ресурса;
- обеспечение достаточной жесткости лопасти на изгиб в плоскостях тяги и вращения, а также на кручение;
- получение высоких аэродинамических качеств;
- обеспечение невысокой (по ресурсу) стоимости и технологичности.

Разработанная, согласно указанным требованиям лопасть, позволила создать винт новой конструкции.

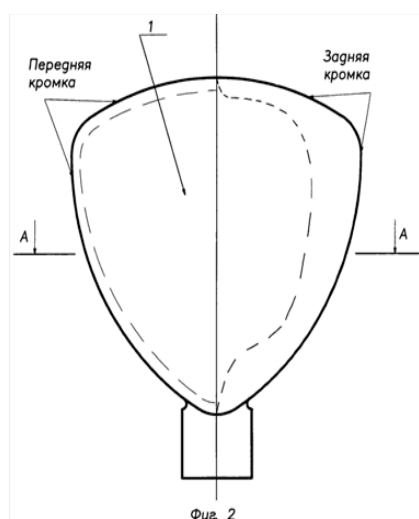


Аэродинамический винт, содержащий лопасти с комлевыми частями, закрепленными на оси винта, комлевая часть выполнена единой для всех лопастей, а также лопасти аэродинамического винта выполнены с периметром перьев, определенным по линии кривой равной ширины.

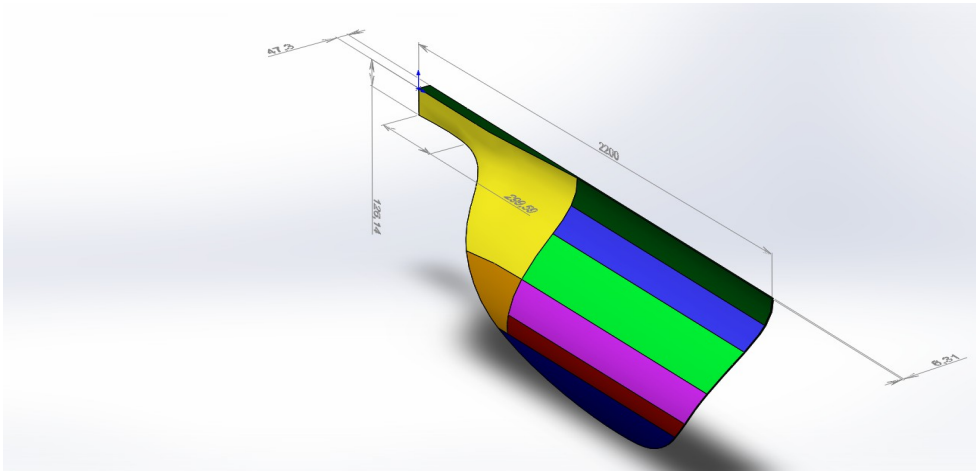
**Изобретение** относится к лопастям воздушных винтов, применяемых в авиации и ветроэнергетике. Лопасть воздушного винта содержит комлеву часть и перо. Перо лопасти выполнено из листовой заготовки с параллельными внутренней и внешней поверхностями. Периметр пера лопасти выполнен по кривой равной (постоянной) ширины. Передняя заходная кромка имеет фаски со стороны поверхностей и радиус в середине кромки. Задняя кромка лопасти выполнена со скосом по всему периметру со стороны внешней поверхности и радиусом, выходящим на внутреннюю поверхность. Перо лопасти воздушного винта может быть выполнено разделенным по отрезку выполнения кривой равной ширины при наличии прямой передней кромки с соответствующими элементами и задней кромки со скосом. Перо лопасти может быть выполнено усеченным с уменьшением размера лопасти по линии, параллельной отрезку образования кривой равной ширины, при наличии как передней кромки, так и задней кромки, и комля пера лопасти.

Перо лопасти воздушного винта может быть изогнуто относительно плоскости вращения вокруг цилиндра, радиус которого определен по зависимости  $R_{ц} = 100 \cdot \dots \cdot 1000 \delta$ , где  $\delta$  - толщина листа.

### Патент на изобретение

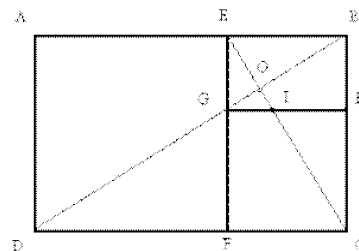
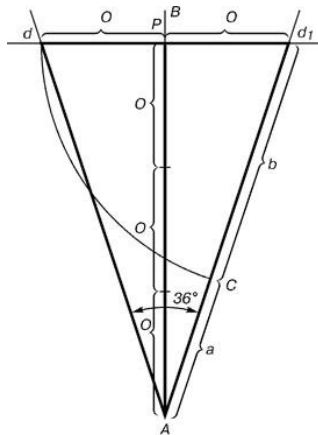


Изучение геометрии созданного винта, выявило её полное совпадение с геометрией Золотого треугольника.



*Лопасть винта Бондарева*

**Золотой треугольник** представляет собой равнобедренный треугольник, у которого отношение длины боковой стороны к длине основания равняется числу Фидия. Одним из его свойств является то что, длины биссектрис его углов при основании равны длине самого основания. Остальные свойства «вытекают» из свойств пентаграммы,



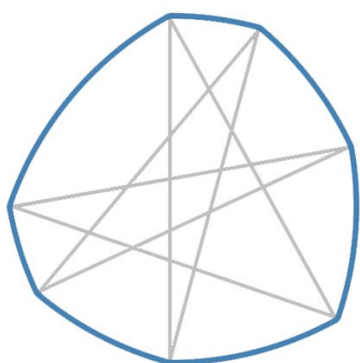
*Стороны золотого треугольника образуют угол  $36^\circ$  при вершине, а основание, отложенное на боковую сторону, делит ее в пропорции золотого сечения.*

Одним из свойств золотого треугольника является то что, длины биссектрис его углов при основании равны длине самого основания. Остальные свойства вытекают из свойств пентаграммы, которую мы рассмотрим позже.

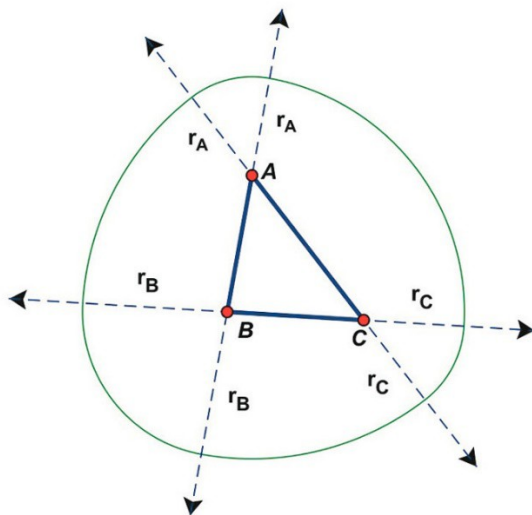
### Построение золотого треугольника

Проводим прямую АВ. От точки А откладываем на ней три раза отрезок О произвольной величины, через полученную точку Р проводим перпендикуляр к линии АВ, на перпендикуляре вправо и влево от точки Р откладываем отрезки О. Полученные точки d и d1 соединяем прямыми с точкой А. Отрезок dd1 откладываем на линию Ad1, получая точку С. Точка С разделила линию Ad1 в пропорции золотого сечения.

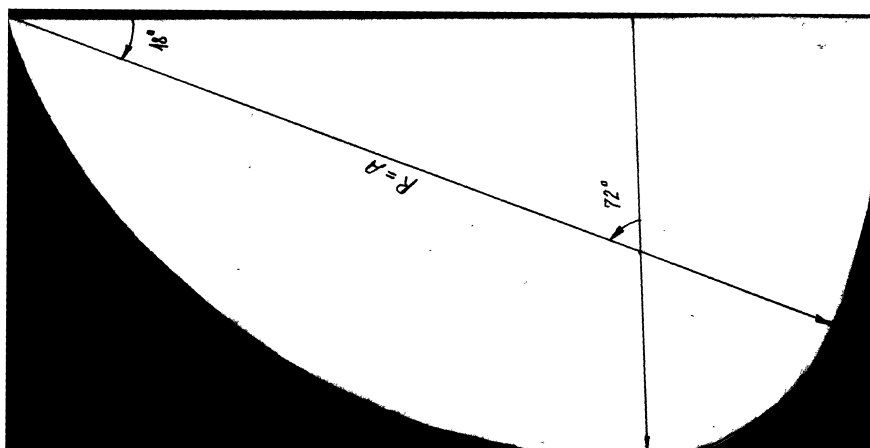
Существуют простые обобщения геометрической конструкции лопасти. Фигуру постоянного диаметра можно построить, взяв за основу звезду со сторонами одинаковой длины, не обязательно правильную



Можно также построить фигуру, начав с произвольного треугольника; при этом каждая вершина является центром не одной, а двух дуг, отчего углы получаются сглаженными (Пусть в треугольнике  $ABC$  угол  $A$  самый маленький (и, тем самым, противоположная сторона  $a$  самая короткая). Выберем неотрицательный радиус  $r_A$ . Теперь нам нужно подобрать радиусы  $r_B$  и  $r_C$  так, чтобы выполнялись соотношения  $a+r_B+r_C=r_A+b+r_C=r_A+r_B+c$ . Это несложно сделать, и диаметр фигуры получается равным  $2r_A+b+c-a$ . Самый маленький радиус регулирует сглаживание на углах: при  $r_A=0$  получаем фигуру с одним острым углом, а при  $r_A \rightarrow \infty$  фигура превращается в окружность.

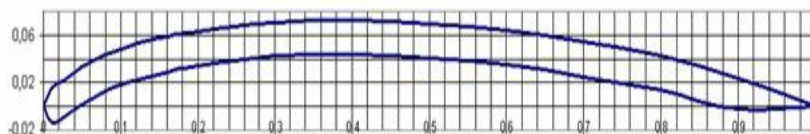


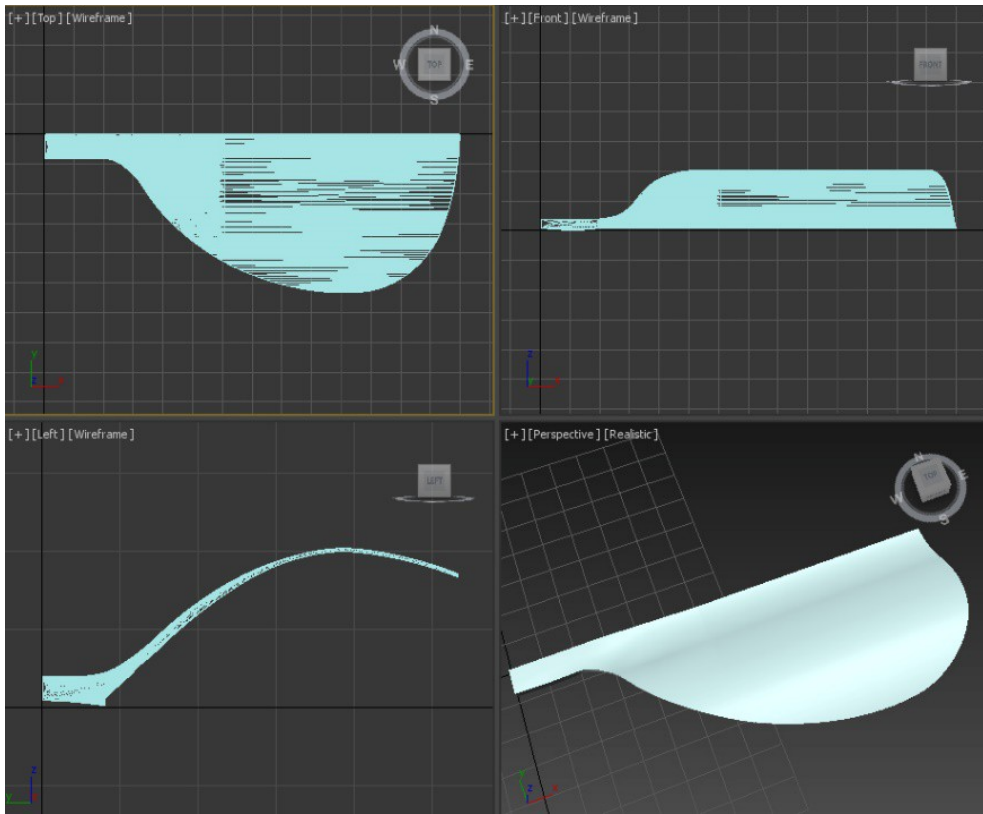
*Золотой треугольник постоянного диаметра со сглаженными углами.*



Геттингенская лаборатория в Германии произвела в начале прошлого века очень широкие исследования по изогнутым дужкам, напоминающим крылья птиц. Данные по одному из профилей легли в основу данной лопасти. При уменьшении числа Рейнольдса увеличивается лобовое сопротивление и падает аэродинамическое качество.

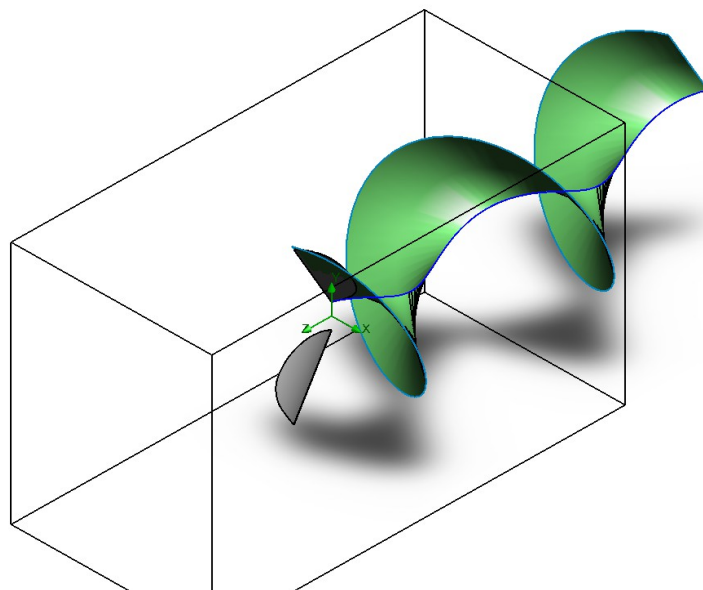
Достоинство желобков и в том, что они могут успешно работать при малых числах Рейнольдса, что характерно для небольших любительских ветряков. Плоская пластина работает на числах Рейнольдса даже меньших, чем желобок, но невозможность построить на плоских профилях быстроходный ветряк уменьшает скорость вращения.

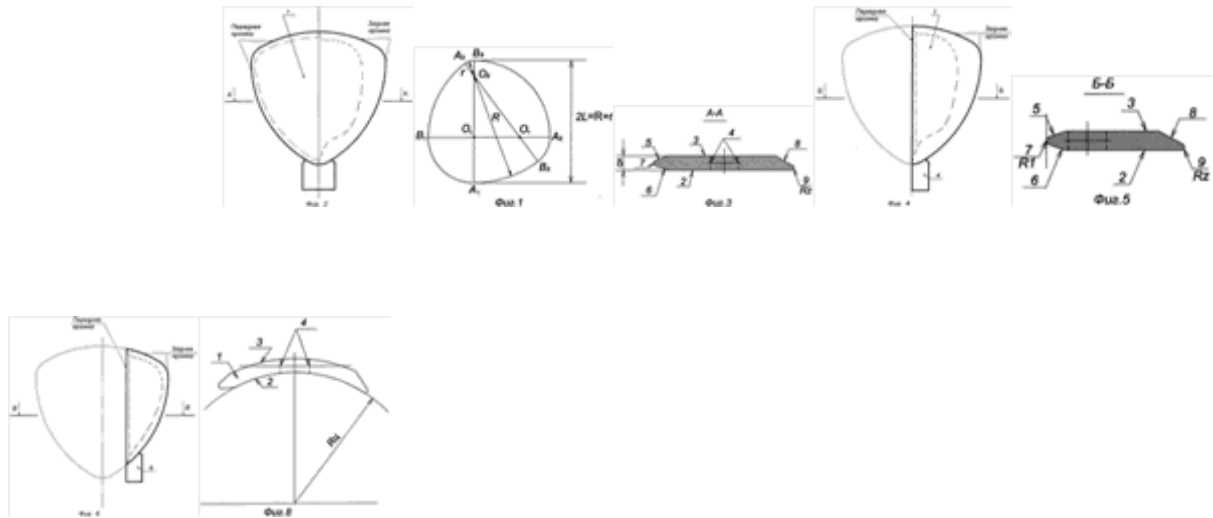




☰ : захват изображения

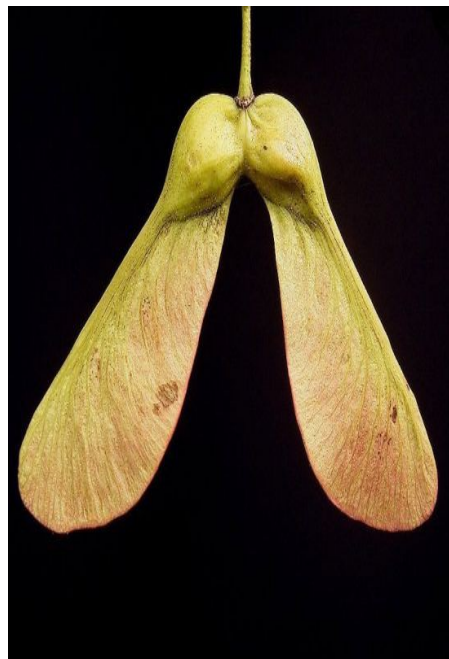
☰ : захват изображения





***Примеры использования геометрии Золотого треугольника в природе:***

1. Крылатые семена клёна — крылатка, состоящая из двух половинок — семян с крылышками, каждая из которых 2—2,5 см длиной. Крылатка сидит на длинном черешке.







2. Крыло насекомого.



3. Минералы



## Разработки винтов, наиболее близких по конструкции к винту Бондарева

Новая ветровая турбина (Австралия): имеет в 10 раз больше лопастей, чем традиционная. Работая и с низкоскоростным ветром, она не выдаёт особого шума или вибраций и при этом производит на 30% больше энергии, чем ветряки- конкуренты.

Ветрогенератор диаметром 6,5 метра наделён 30 алюминиевыми лопастями в виде желобков.



Ветряная линза (Япония): состоит из входной направляющей насадки, диффузора и внешней кромки. Сильные вихревые потоки, создаваемые диффузором и внешней кромкой ветряной линзы, образуют область низкого давления за пределами турбины. Это увеличивает разность давлений, что позволяет направлять больше ветра в ветряную линзу. Больше воздуха даёт больше энергии. Исследователи заявляют, что данный метод способен увеличить производимую ветряной турбиной мощность, одновременно уменьшая шум.

