

**Н. Жуковский**

**Вихревая теория гребного  
винта**

**Серия "Классики  
естествознания"**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 53  
ББК 22.3  
Н11

**Н. Жуковский**  
Н11 Вихревая теория гребного винта: Серия "Классики естествознания" / Н. Жуковский – М.: Книга по Требованию, 2016. – 244 с.

**ISBN 978-5-458-50435-5**

Гребной винт применяется в технике давно и чрезвычайно широко. Однако до работ Н. Е Жуковского не существовало надежных основ его расчета. Трудность создания теории гребного винта объяснялась сложностью явления, сущность которого была открыта только Н. Е. Жуковским, давшим объяснение мгновенным фотографиям водяного винта, полученным О. Фламмом. Работы Н. Е. Жуковского по теории винта намного опередили соответствующие исследования за границей; это привело к тому, что и в дальнейшем теория винта в Советском Союзе развивалась успешнее, чем в других странах. Вихревая теория гребного винта Н. Е. Жуковского, являющаяся основой расчета воздушных и водяных винтов, ветряков, компрессоров и турбин — одна из самых замечательных глав современной аэромеханики.

**ISBN 978-5-458-50435-5**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2016

© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2016

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс  
[www.samizday.ru/reprint](http://www.samizday.ru/reprint)



## ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА.

Гребной винт применяется в технике давно и чрезвычайно широко. Однако до работ Н. Е. Жуковского не существовало надежных основ его расчета. Трудность создания теории гребного винта объяснялась сложностью явления, сущность которого была открыта только Н. Е. Жуковским, давшим объяснение мгновенным фотографиям водяного винта, полученным О. Фламмом.

О. Фламм обнаружил, что за работающим в воде винтом образуется система светлых винтовых полос, но объяснить, что представляют собою эти полосы, Фламм не смог. Н. Е. Жуковский показал, что эти светлые полосы являются местами концентрации пузырьков воздуха и пара, выделившегося из воды, следовательно, местами наибольшего разрежения в воде, а так как наибольшее разрежение имеет место на оси вихря, то светлые полосы суть не что иное, как «свободные» вихри. Свободные вихри являются продолжением «присоединенных» вихрей, действие которых на среду эквивалентно действию лопастей винта; понятие «присоединенного вихря» в науку было введено Н. Е. Жуковским в 1906 г. Таким образом появилась вихревая теория винта (первая статья, 1912 г.) намного опередившая «индуктивную» теорию крыла (1918 г.).

Для практических приложений Н. Е. Жуковский ограничился вычислением средней по окружности скорости, вызываемой винтовыми вихрями, однако, он указал также путь вычисления и истинной скорости, который впоследствии был использован. Применение средней скорости

вместо истинной существенно упростило все расчеты и, как в дальнейшем было показано, не внесло заметных погрешностей, так как в то время не приходилось иметь дело с относительными поступями винта, большими единицы.

В. П. Ветчинкин, ученик Н. Е. Жуковского, распространил вихревую теорию гребного винта на случай переменной циркуляции и рассмотрел вопрос о «наивыгоднейшей» циркуляции и форме лопастей винта.

Во второй, третьей и четвертой статьях о вихревой теории гребного винта Н. Е. Жуковский применил к расчету винтов теорию решеток профилей и рассмотрел ряд практических приложений.

Работы Н. Е. Жуковского по теории винта намного опередили соответствующие исследования за границей; это привело к тому, что и в дальнейшем теория винта в Советском Союзе развивалась успешнее, чем в других странах.

Вихревая теория гребного винта Н. Е. Жуковского, являющаяся основой расчета воздушных и водяных винтов, ветряков, компрессоров и турбин — одна из самых замечательных глав современной аэромеханики.

Н.Е. ЖУКОВСКИЙ



ВИХРЕВАЯ  
ТЕОРИЯ  
ГРЕБНОГО  
ВИНТА



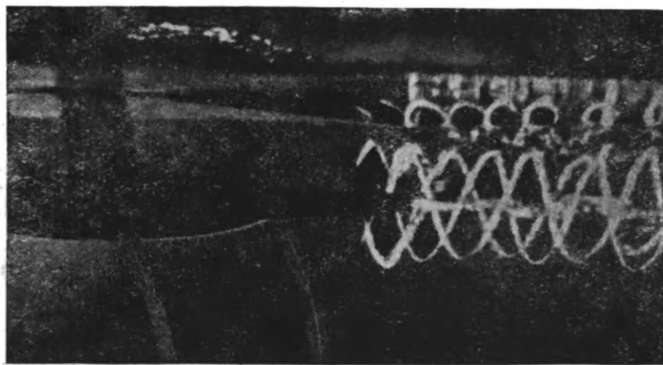




## ВИХРЕВАЯ ТЕОРИЯ ГРЕБНОГО ВИНТА.

(Статья первая)<sup>1)</sup>.

§ 1. Введение. Образование вихрей около винта с точки зрения абсолютного движения. На двенадцатом съезде естествоиспытателей и врачей в Москве я высказал



Фиг. 1.

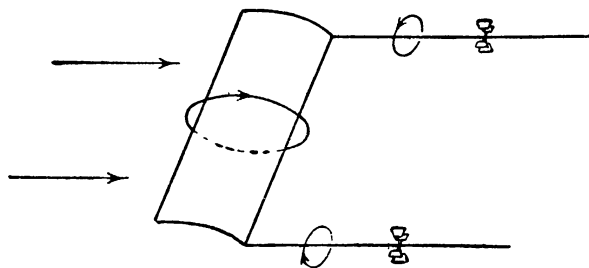
мысль, что интересные фотографии Фламма<sup>2)</sup>, одна из которых помещена на фигуре 1, представляют расположение воздушных пузырьков, помещающихся по осям вихрей,

<sup>1)</sup> Сообщено 1 X 1912 года Московскому математическому обществу и впервые опубликовано в Трудах Отделения физических наук Общества любителей естествознания, т. XVI, вып. I, 1912, стр. 1 — 31.

<sup>2)</sup> F l a m m, Die Schiffsschraube und ihre Wirkung auf das Wasser. [Русский перевод 1910 года.]

образующихся за винтом. Один из этих вихрей представляет прямолинейный осевой вихрь, другие суть винтовые вихри, число которых равно числу лопастей пропеллера.

Я высказал тогда надежду, что обстоятельное изучение этих вихрей может лечь в основание новой теории гребного винта. В настоящее время выяснилось, что такая теория должна представлять распространение на винт учения о циркуляции, давшего столь важные результаты в применении к поддерживающим планам.



Фиг. 2.

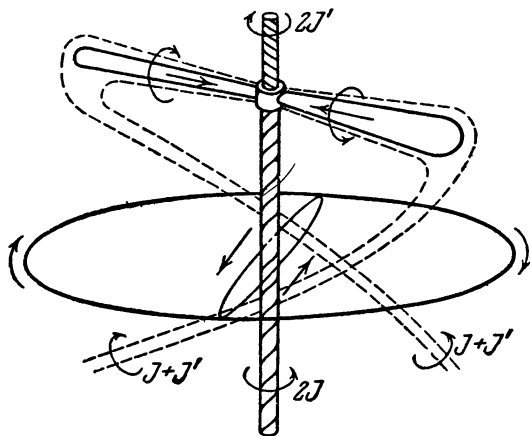
Финстервальдер<sup>1)</sup> и С. А. Чаплыгин<sup>2)</sup> указывают, что замкнутые контуры, сбегая с поддерживающего плана, сохраняют циркуляцию и образуют вихревые шнуры, сходящие с концов плана в виде усов. Эти шнуры переходят постепенно в прямолинейные шнуры, направленные по потоку жидкости. Прандтль<sup>3)</sup> в своем докладе на Геттингенском съезде дает схему вихревых шнуров, сбегających с поддерживающего плана, аналогичную той, которая изображена на фигуре 2.

<sup>1)</sup> Finsterwalder, Die Aerodynamik als Grundlage der Luftschiffahrt, Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt, 1910, № 1 und 2.

<sup>2)</sup> Чаплыгин С. А., Бюллетени Московского общества воздухоплавания, № 3, 1911. [Собрание сочинений, т. II, стр. 230, Гостехиздат, 1948.]

<sup>3)</sup> Prandtl, Ergebnisse und Ziele der Göttinger Modellversuchsanstalt, Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt, 1913, № 3.

Здесь предполагается, что вихревые шнуры круто заворачиваются по схождению с концов планов в направлении потока жидкости. В аэродинамической лаборатории Московского высшего технического училища подобная модель планов с присоединенными к ней проволоками и флюгерками на проволоках была помещена в круглой аэродина-



Фиг. 3.

мической трубе. При этом получилось вращение флюгерков в сторону, указанную стрелками, что показывает существование вихрей, намеченных Прандтлем.

Этим летом Д. П. Рябушинский напечатал брошюру, в которой на основании своих наблюдений и опытов Фламма дает расположение вихрей, окружающих винт<sup>1)</sup>. Это расположение представлено на схеме фигуры 3. Автор предполагает, что над винтом имеется вихревой столб, вращающийся в сторону, обратную вращению винта, а под винтом имеется столб, вращающийся в сторону вращения винта. (На фигуре 3 и на последующих фигурах вихревые шнуры представляются в виде канатов, закрученных

<sup>1)</sup> Рябушинский Д. П., Теоретическое исследование о винтах, Москва, 1912.

с верхнего конца в ту сторону, в которую совершается вращение вихря.) Далее он принимает, что по лопастям винта течет слой завихренной жидкости, а на концы лопастей опираются вихревые шнуры, имеющие форму винтовых спиралей.

На чертеже видно, что, согласно теореме Стокса, циркуляция по замкнутым контурам, охватывающим винтовые спирали, будет равна  $J + J'$ , если циркуляции скорости по контурам, охватывающим осевые вихревые столбы, будут в указанных направлениях равны  $2J$  и  $2J'$ .

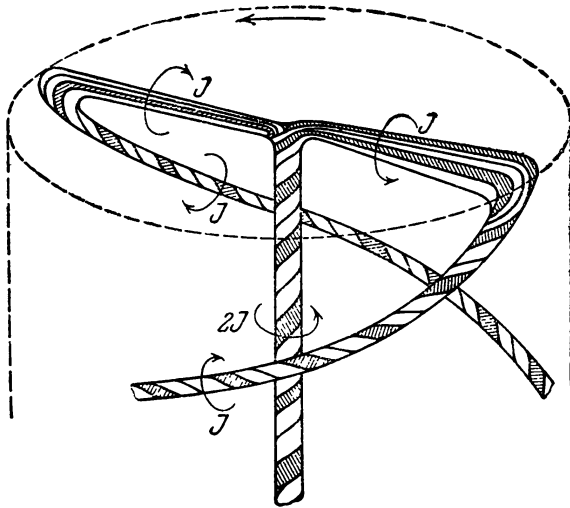
Во всех упомянутых сочинениях не рассматривается причина образования вихревых шнуров и их стационарность. В случае поддерживающих планов предполагается, что на контурах, охватывающих планы, циркуляция развивается эффектом поверхностного трения, а потом эти контуры смываются потоком, идущим от середины планов к их концам. В случае винта это объяснение не приложимо, так как поток идет по лопастям к оси винта, как это показано стрелками на фигуре 3. С точки зрения стационарности при предположении искривленных вихрей надо считать с большими скоростями, с которыми элементы вихревого шнура приходят в движение в направлении, перпендикулярном к соприкасающейся плоскости оси вихря. Все эти вопросы рассматриваются в предлагаемом сочинении, которое заключает в себе распространение на винтовой пропеллер идей, изложенных в моей статье «О присоединенных вихрях»<sup>1)</sup>. Я предполагаю (фиг. 4), что движение жидкости около вращающегося пропеллера управляется вихревым шнуром, который представляет осевой вихревой столб под винтом, вращающий в сторону вращения пропеллера с циркуляцией  $2J$ . Этот вихревой столб разделяется на две системы присоединенных вихрей, идущих внутри полостей винта, так что циркуляции скорости по контурам, охватывающим лопасти, равны  $J$ , и опускается, выходя из концов лопастей, вниз в виде двух винтовых

---

<sup>1)</sup> Труды Отделения физических наук Общества любителей естествознания, том XIII, вып. 2, 1906 [Жуковский Н. Е., Собрание сочинений, том IV, стр. 69, Гостехиздат, 1949].

вихревых шнуров с циркуляциями  $J$  в направлениях, указанных стрелками. При этом присоединенные вихри могут быть и с отрицательными циркуляциями, лишь бы сумма всех циркуляций была равна  $J$ .

На нашем рисунке мы считаем затушеванную вихревую нить вращающею в осевом столбе в сторону, обратную вращению пропеллера.

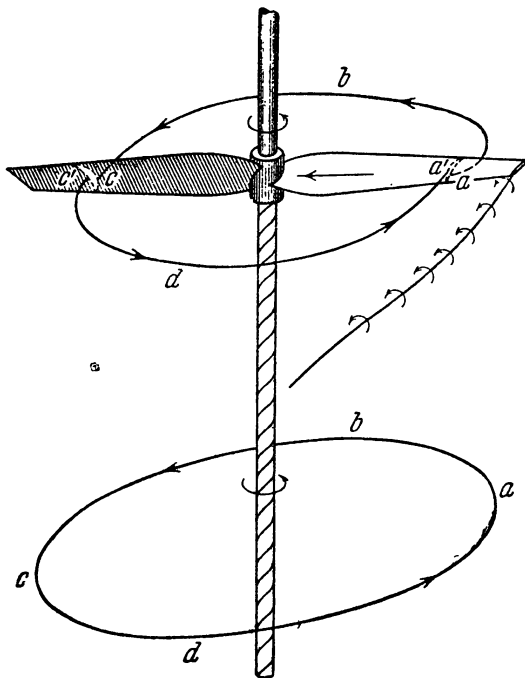


Фиг. 4.

Что касается до винтовых вихревых шнуров, то они, как будет показано ниже, сохраняют свою форму и вращаются около оси пропеллера, причем быстрота вращения зависит от толщины вихревых шнуров и угла наклонения их осей к оси пропеллера. Эти параметры всегда можно подобрать так, что угловая скорость вращения винтовых вихревых шнуров будет равна угловой скорости вращения пропеллера, и вихревые шнуры будут стационарны по отношению к вращающемуся пропеллеру.

Перейдем к объяснению причины образования указанных вихрей. Для этого воспользуемся фигурой 5. В абсо-

лутном движении жидкости линии тока на краю лопастей направляются от нижней рабочей поверхности лопасти к верхней. Вследствие этого мы всегда можем вообразить образованные частицами жидкости контуры, опирающиеся концами на лопасти винта, которые по схождению с лопастей



Фиг. 5.

замкнутся и будут при этом иметь циркуляцию по указанным стрелкам. Эти контуры по схождению с лопастей образуют внутри себя вихревой шнур, пополняемый все новыми и новыми частицами жидкости.

Точно так же мы можем вообразить два разомкнутые контура  $abc$  и  $a'dc'$ , опирающиеся концами на правую и левую лопасть винта и выбранные так, что по схождению с лопастей пропеллера частицы жидкости  $a$  и  $a'$ , а равно