

Аэродинамическое и акустическое проектирование и экспериментальные исследования толкающего воздушного винта

В.С. Алесин, М.А. Бугаев, В.В. Губский,

С.Г. Игнатьев, О.В. Павленко

Цель исследований: Оценка условий работы винта в заторможенном потоке за телом вращения, оценка влияния на тяговые и мощностные характеристики, анализ распределения давления на поверхности фюзеляжа. Проектирование винта частично работающего в пограничном слое для увеличения тяги

Этапы работы

- 1 Проектирование и изготовление оптимизированного воздушного винта
- 2 Экспериментальные исследования в АДТ Т-102
- 3 Оценка аэродинамических характеристик
- 4 Исследования акустических характеристик винта

Аэродинамическая труба Т-102 ЦАГИ

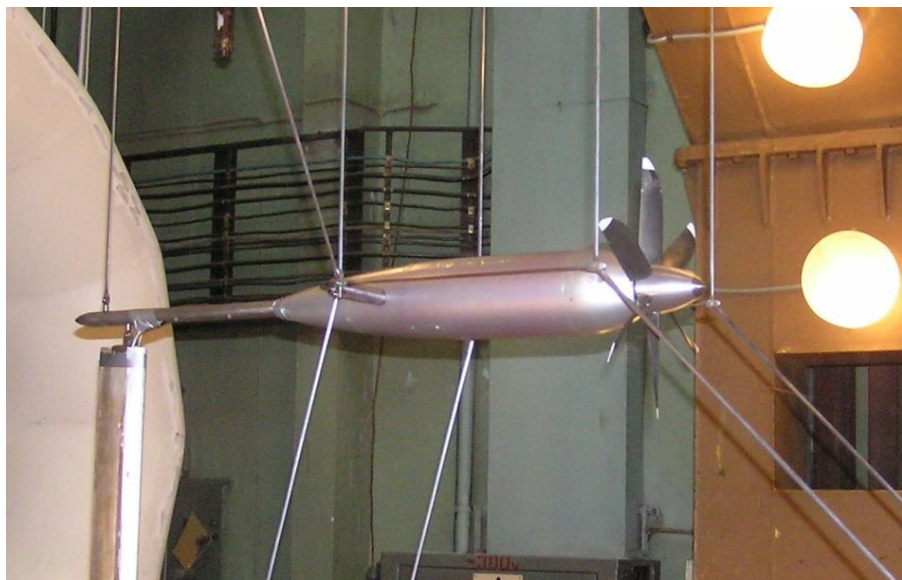


Скорость потока	от 10 до 55 м/с
Максимальное число Re ($L=1$ м)	до $3.8 \cdot 10^6$
Диапазон углов атаки (для АВ-102)	от -16 до 40°
Диапазон углов скольжения	$\pm 24^\circ$
Начальная турбулентность	0,4 %
Длина рабочей части	4 м
Эллипс сопла	Горизонталь 4 м , вертикаль 2.33 м

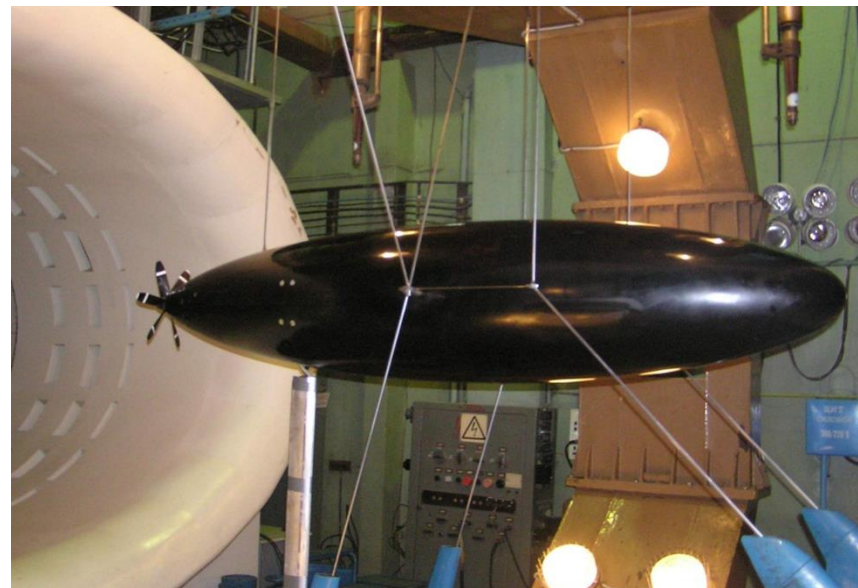
Геометрические параметры модели

Длина фюзеляжа, м	L_{ϕ}	2.611
Площадь миделевого сечения, м ²	$S_{m\cdot\phi}$	0.223
Удлинение	λ_{ϕ}	4.89
Поперечный диаметр	B_a	0.533

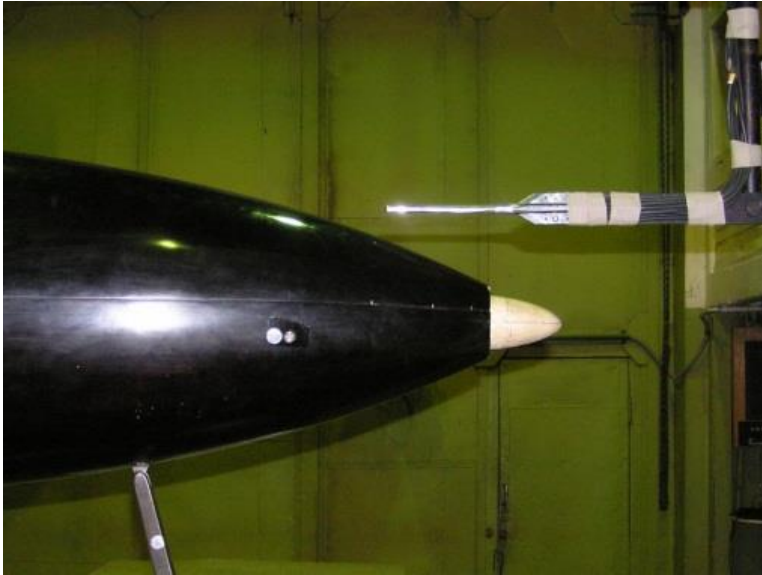
**Установка для измерения характеристик
изолированного винта**



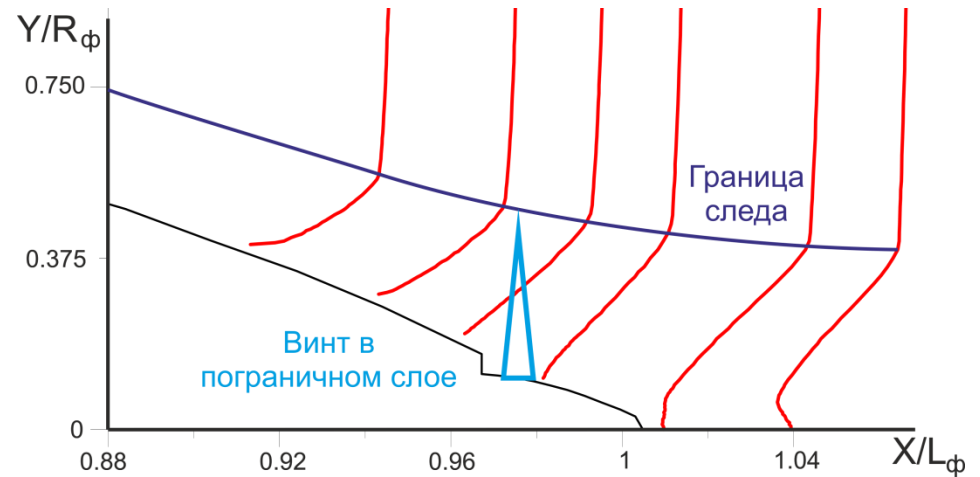
**Модель фюзеляжа с толкающим
ВИНТОМ**



Проектирование толкающего винта, удовлетворяющего условию положительной интерференции с фюзеляжем



Распределение продольной компоненты скорости в плоскости вращения винта



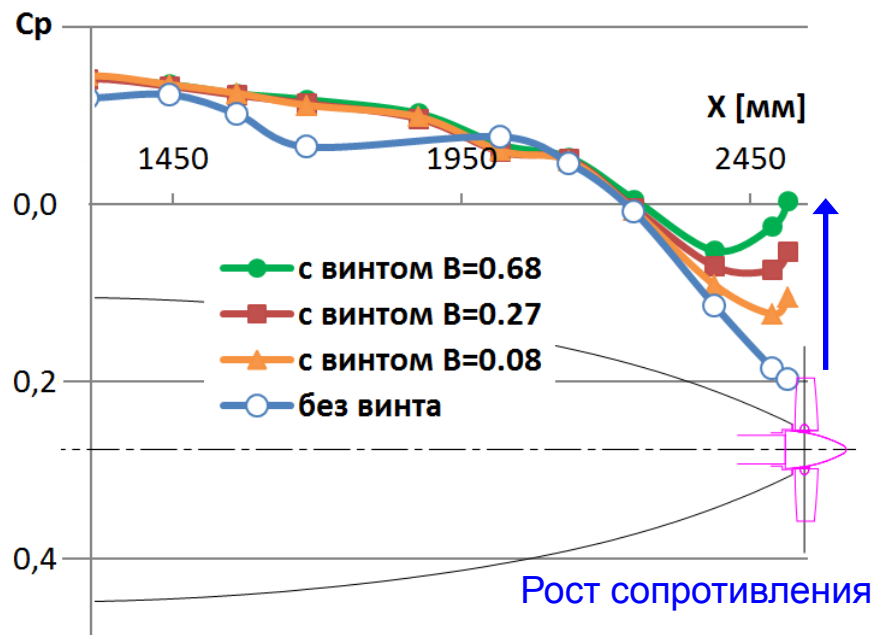
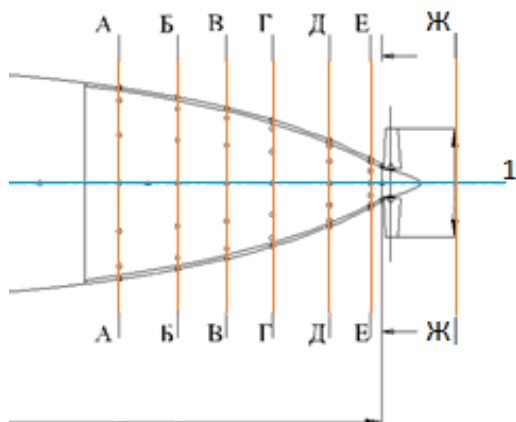
Винт полностью погружен в пограничный слой ($R = 120$ мм)

Проектирование выполнено с применением метода вихревой нити и программы А.Н.Кишалова

Особенности интерференции планера с толкающим винтом

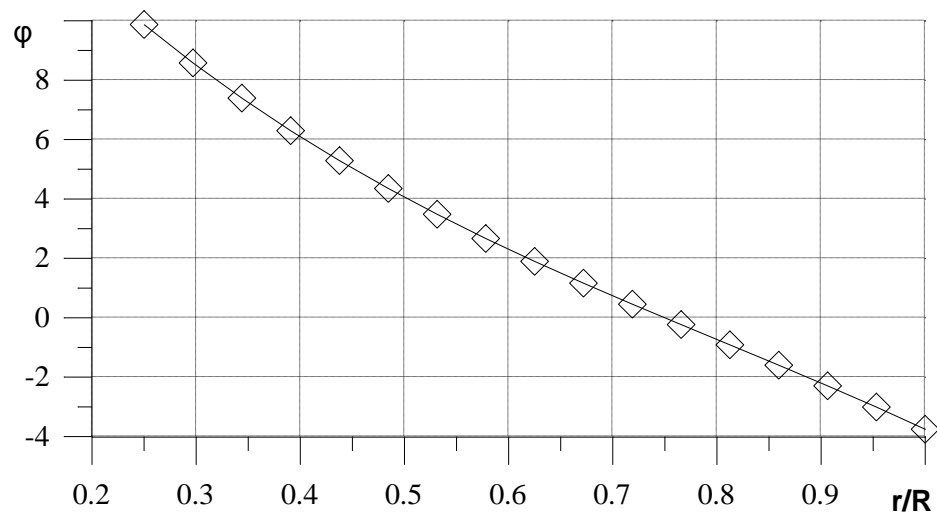
Экспериментальное исследование интерференции толкающего винта и фюзеляжа

Влияние винта на распределения давления по фюзеляжу



Толкающий винт создает разрежение и увеличивает донное сопротивление

Проектирование модифицированного воздушного винта

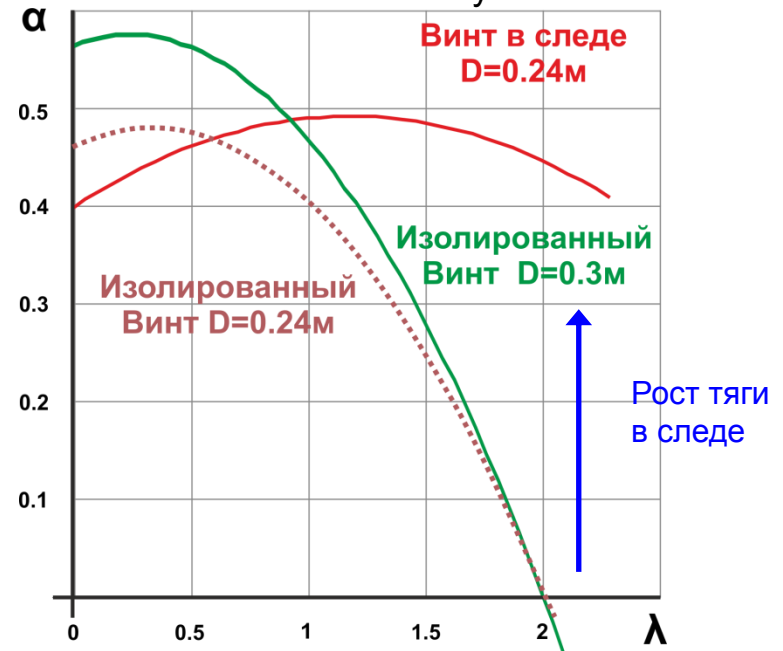


Особенности интерференции планера с толкающим винтом



Абсолютная тяга толкающего винта увеличивается на 20-25% при размещении в пограничном следе фюзеляжа

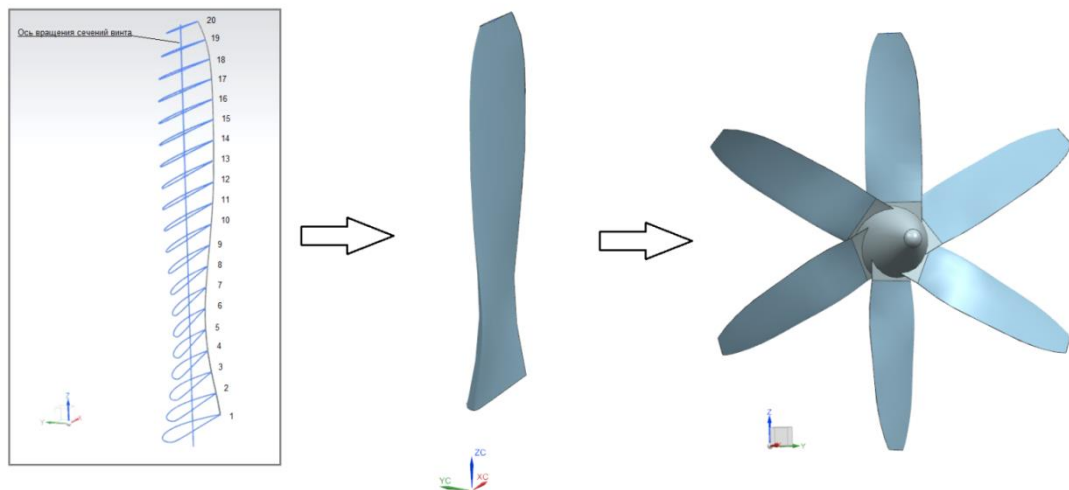
Зависимость коэффициента тяги винта от поступи



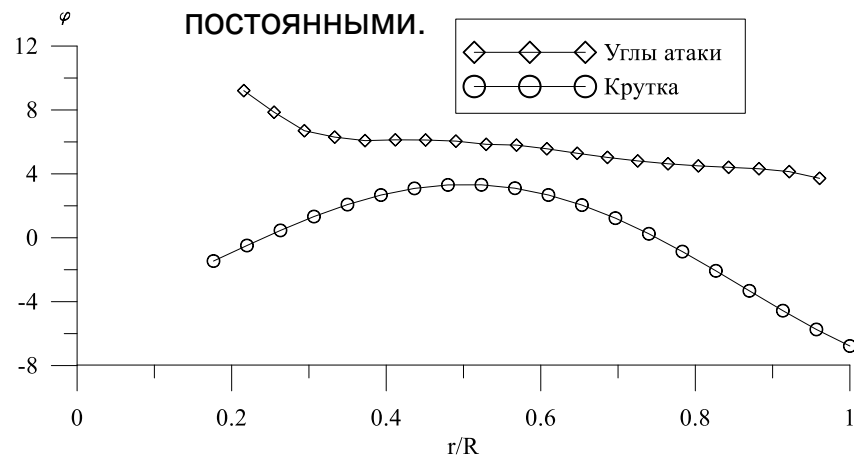
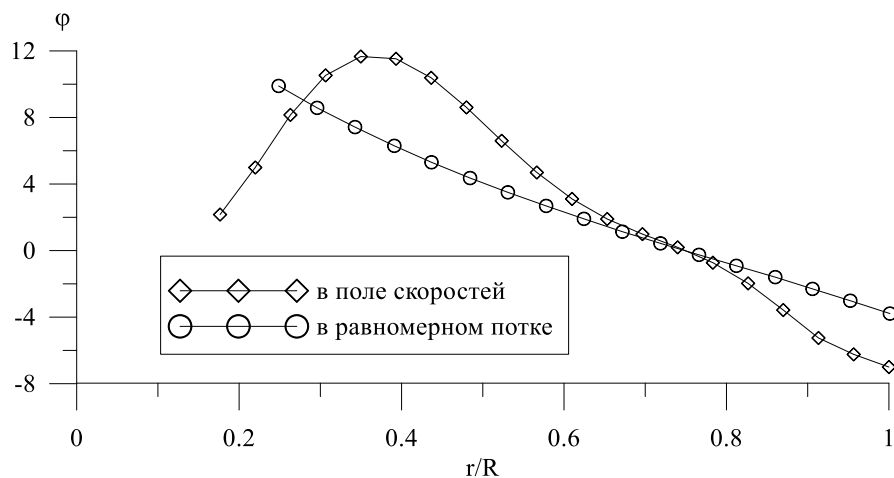
λ – поступь винта

α – коэффициент тяги

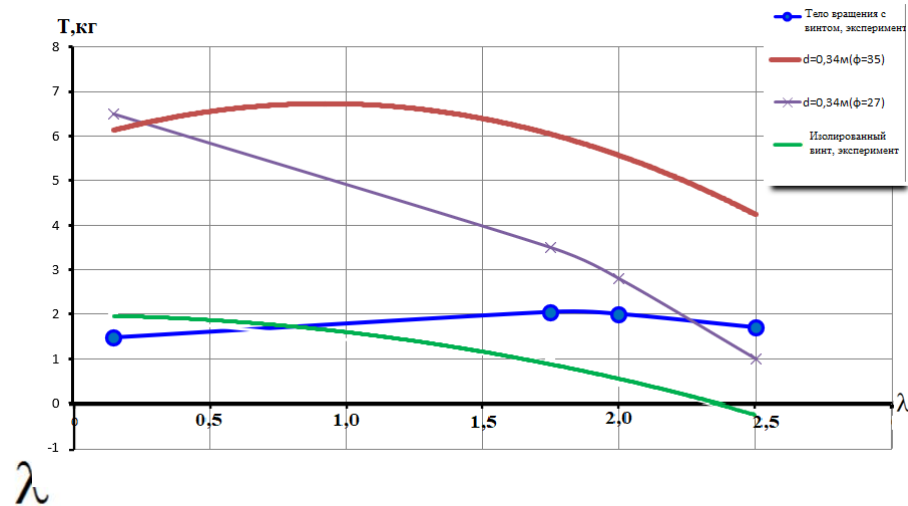
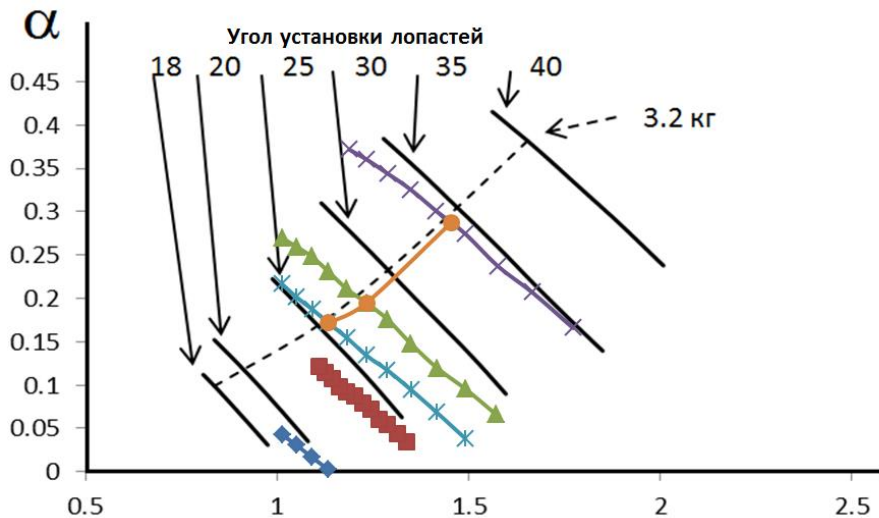
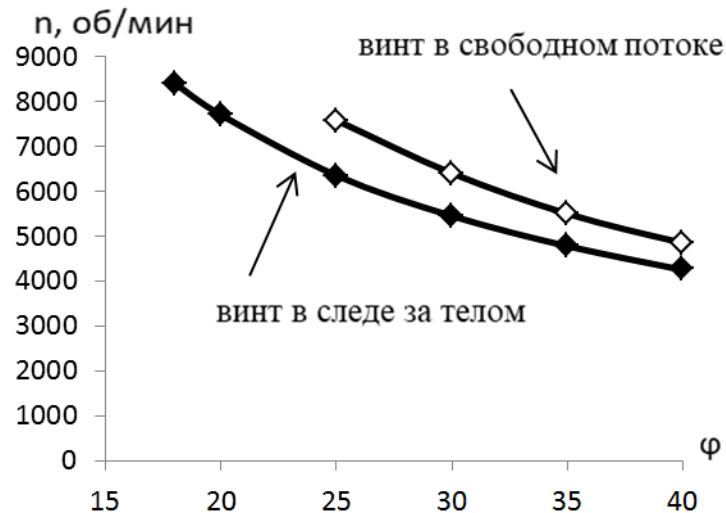
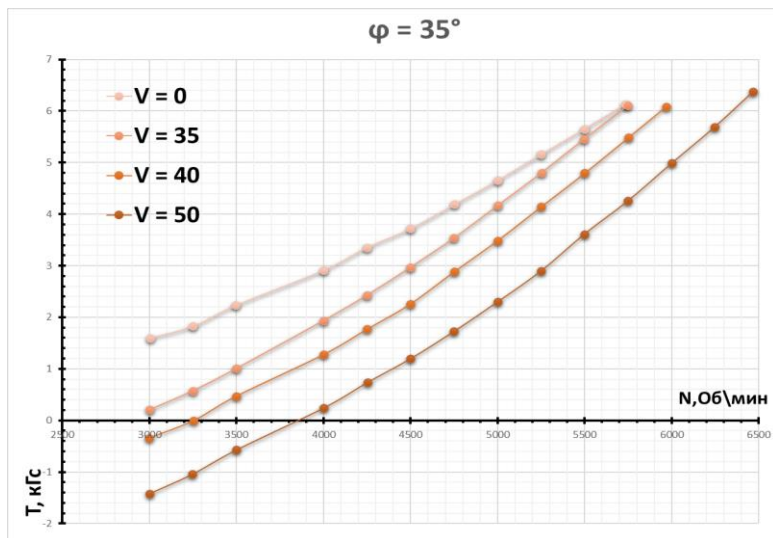
Проектирование винта частично работающего в пограничном слое



Для проектирования модели использована программа оптимального аэродинамического проектирования одиночных воздушных винтов. Использовалось условие оптимальности в вариациях, позволяющее найти оптимальную крутку лопастей для получения максимальной тяги (или КПД) при заданной мощности. Остальные геометрические характеристики лопастей и другие параметры, такие как число лопастей, диаметр винта, число оборотов, скорость потока, считаются постоянными.

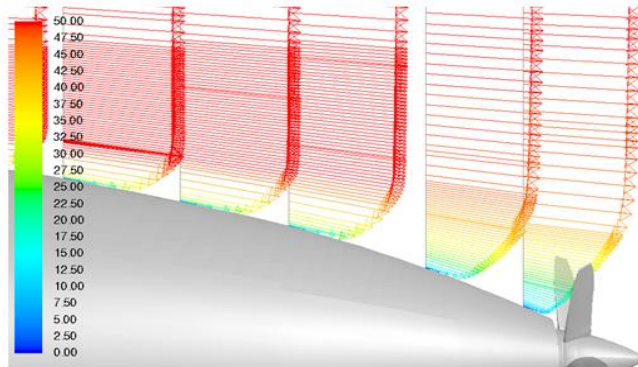


Проектирование винта частично работающего в пограничном слое

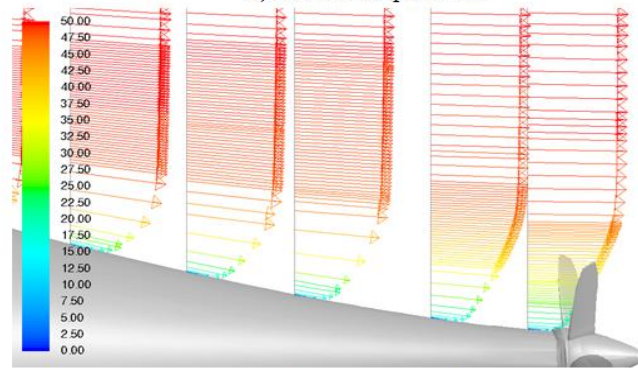


Результаты расчетных исследований 3D

Обтекание исходного и модифицированного фюзеляжей

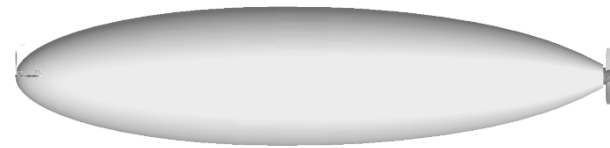


а) исходный фюзеляж

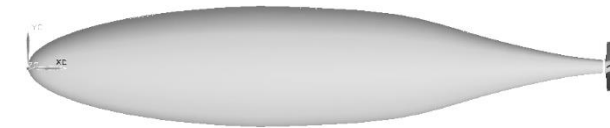


б) модифицированный фюзеляж

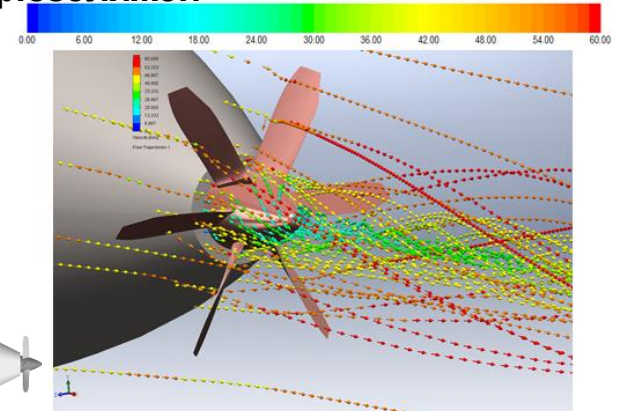
Общий вид фюзеляжа для 3D расчета



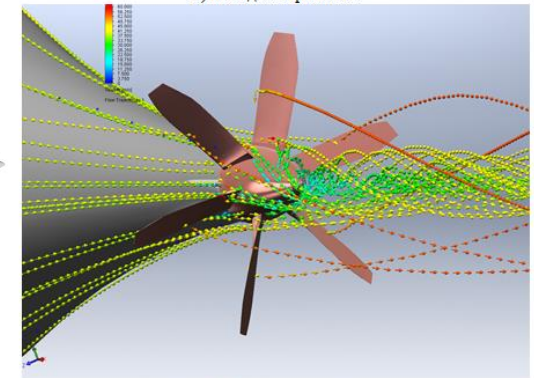
а) Исходный



б) Модифицированный



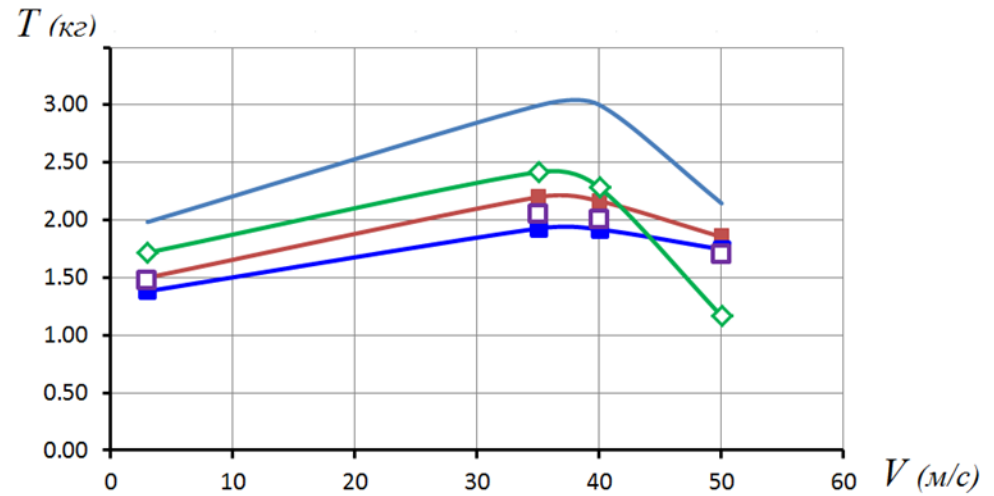
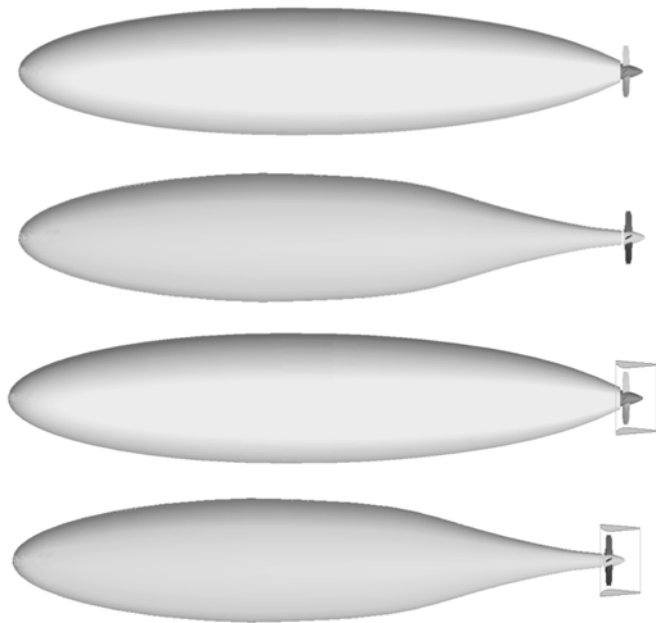
а) исходный фюзеляж



б) модифицированный фюзеляж

Векторы скорости (м/с) при обтекании верхней поверхности фюзеляжа в сечении $z=0$, $V=50$ м/с, $\alpha = 0$, FLUENT

Предельные линии тока в цвете шкалы скорости (м/с) при обтекании кормовой части модели фюзеляжа с толкающим винтом; $V=50$ м/с; расчет SOLID WORKS



- Эксперимент:
- Фюзеляж + винт
- Расчёт:
- Фюзеляж + винт
 - Модифицированный фюзеляж + винт
 - Фюзеляж + винт + кольцо
 - ◇ Модифицированный фюзеляж + винт + кольцо

Выводы:

- Получено, что закон крутки в следе значительно отличается от закона крутки винтов в равномерном потоке. Это связано с различными законами изменения углов притекания β вдоль лопасти, совмещённые с законами изменения скорости вдоль лопасти для винта в заторможенном потоке.
- В ходе проектирования выявлено что, винт в следе требует на $\approx 30\%$ меньше мощности по сравнению с винтом в свободном потоке для обеспечения потребных значений тяги. Также показано, что максимум распределения циркуляции вдоль размаха лопасти смещен в корневую часть лопасти на $0,55$ радиуса при этом винт в следе требует меньшее количество оборотов.
- Спроектированная модель воздушного винта по уровню шума нагрузки и вытеснения имеет весьма схожие уровни, порядка 28 дБ. В сравнении с толкающим воздушным винтом уменьшенного диаметра работающего полностью в пограничном слое, спроектированный винт имеет более низкий шум нагрузки, однако шум вытеснения довольно высок, что главным образом формирует полный шум. Поэтому, для уменьшения общего шума необходимо уменьшить его шум вытеснения или уменьшить толщину профилей, число лопастей и т.д.
- Получены основные аэродинамические зависимости и определены коэффициенты тяги и моментов возникающие на воздушном винте. Полученные значения согласуются между собой, а выбранный метод позволяет проводить оптимизацию толкающего воздушного винта