

Скорость наблюдаемого осреднённого течения не превышала 0.5 м/с (рис.2). Однако при поперечном обтекании цилиндра потоком с  $Re > 80 \times 10^3$  генерация плазмы разряда обеспечивала сокращение следа за обтекаемой моделью (рис.3) и снижение аэродинамического сопротивления [4].

Пороговое изменение характеристики течения свидетельствует о фундаментальном характере протекающих процессов и может быть связано с влиянием поверхностных разрядов на ламинарно-турбулентный переход в окрестности плохообтекаемого тела [6].

### **Библиографический список**

1. Schlichting H., Gersten K. Boundary layer theory, 8th ed., Springer. 2003.
2. Wang J. and Feng L. 2018 Flow Control Techniques and Applications Cambridge: Cambridge University Press, 2018.
3. Benard N., Jolibois J., Moreau E., Sosa R., Artana G. and Touchard G. Aerodynamic plasma actuators: A directional micro-jet device, Thin Solid Films, 2008, V.516, pp. 6660-6667.
4. Ivchenko A.V., Zhuravliov O.A and Shakhov V.G. Comparative studies of cylinder's aerodynamic features depending on propagation direction for the non-arcing surface discharge in subsonic flow, Europhysics conference abstracts, 2009, 33E, pp.1-4.
5. Ivchenko A.V. Flow visualization around cylinder under surface discharge action in the still atmosphere. IOP Journal of Physics: Conference Series, 2021, V.2127.-pp.1-8.
6. Örlü, R. (Ed), Talamelli, A. (Ed), Peinke, J. (Ed), Oberlack, M. (Ed) Progress in Turbulence IX, Springer, 2021.
7. Raffel M., Willert C. E. and Kompenhans J., Particle Image Velocimetry: A Practical Guide, Berlin: Springer 2001.

УДК 533. 682

**Назаров Д.В.**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКРАНОПЛАНА**

Настоящее исследование проведено в процессе разработки проекта 20-ти местного пассажирского экраноплана, использующего воздушную подушку как стартово-подъёмное устройство. На рис.1 представлен исходный вид испытываемой модели. Первые попытки оторвать модель от поверхности привели к крушению модели в результате потери устойчивости по высоте. Аналогичная авария произошла в 2015 г. с экранопланом «Орион-20» во время испытаний в районе Петрозаводска [1].



Рис. 1. Исследованная модель

Как известно, согласно критерию Иродова [2], для обеспечения продольной статической устойчивости экраноплана необходимо соблюсти несколько условий. Во-первых, также, как и для самолёта, необходимо обеспечить положение центра масс впереди по отношению к фокусу по углу атаки. Во-вторых, для обеспечения устойчивости по высоте необходимо обеспечить положения фокуса по углу атаки позади фокуса по высоте. Согласно рекомендациям [3], это расстояние для обеспечения комфортного управления должно составлять приблизительно 15 % средней аэродинамической хорды (САХ) аппарата. Если первое условие может быть обеспечено сдвигом центра масс в нос летательного аппарата (ЛА), то второе условие может быть выполнено только посредством правильного выбора аэродинамической компоновки экраноплана.

Экспериментальное исследование аэродинамических характеристик (АДХ) исходной модели проводилось в аэродинамической трубе ТЗ Самарского университета и описано в работе [4]. Расчётное исследование, проведённое инженерным методом, представлено в работе [5].

Настоящее исследование носило поисковый характер и проводилось с использованием программного комплекса XFLR5, который реализует для расчёта несущих и моментных характеристик ЛА метод особенностей [6]. Кроме того, программа позволяет учесть близость опорной поверхности, то есть экранный эффект.

Методика расчёта состояла в следующем. В программе XFLR5 создавалась 3D модель компоновки (рис.2), выбирался метод расчёта (VLM1- метод вихревой решетки), формировалась сетка, задавались параметры атмосферы и высота аппарата над опорной поверхностью. Для каждой компоновки расчёты производились в диапазоне относительных высот от 0,1 до 1 САХ.



Проведённое исследование показало возможность использования программного комплекса XFRLR5 для расчёта характеристик летательного аппарата в зоне действия экрана, в том числе и при определении его характеристик продольной устойчивости.

### **Библиографический список**

1. <https://www.youtube.com/watch?v=CuEsR8DFjNI&t=15s>
2. Иродов Р. Д. Критерии продольной устойчивости экраноплана // Учёные записки ЦАГИ. – 1970. – Т. 1. – №. 4. – С. 63-72.
3. Буковский В. В. Решение некоторых проблем создания высокоскоростного амфибийного флота // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2017. – №. 5 (72). – С. 54-59.
4. Назаров Д. В., Фролов В. А., Шахов В. Г. Экспериментальное исследование подъёмной силы модели экраноплана // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. – 2016. – №. 2. – С. 46-50.
5. Кошкина Д. К., Назаров Д. В. Исследование аэродинамических характеристик экраноплана с составным крылом. – // XX Всероссийский семинар по управлению движением и навигации летательных аппаратов. – 2020. – Ч. I. – С. 154-158.
6. <http://www.xflr5.tech/docs/Part%20I:%20Theoretical%20overview.pdf>

УДК 533.65

**Онушкин Ю.П., Сизов Д.А.**

## **АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ НАД ПРОБЛЕМОЙ САМОПРОИЗВОЛЬНОГО ЛЕВОГО ВРАЩЕНИЯ ВЕРТОЛЕТА ОДНОВИНТОВОЙ СХЕМЫ**

### **1 Введение**

Обеспечение безопасности вертолётов требует углублённого исследования аэродинамики винтов на особых режимах полёта вертолёта при попадании в режим «самопроизвольного» вращения, в условиях бокового ветра и при горизонтальном полете с малыми скоростями со скольжением. Исследования в данном направлении являются, безусловно, актуальными в связи с большим количеством катастроф, связанных с «неуправляемым» левым вращением. При этом лётные исследования на вертолётах сопряжены с высокой опасностью. Экспериментальные модельные исследования этих задач требуют больших материальных затрат и отличаются большой трудоёмкостью.