



# БАЛТИЙСКИЙ НАУЧНО-ИНЖЕНЕРНЫЙ КОНКУРС 2019

Санкт-Петербург, 4-7 февраля 2019

## Исследование полёта мяча при критических числах Рейнольдса «Физика»

Лашков Леонид Александрович, Липатов Алексей Владимирович, Гарбарук Андрей Викторович (научный руководитель, научный сотрудник), место выполнения работы: СПбГПУ

В современном футболе игроки научились искусно управляться с мячом. Из-за этого появляются новые футбольные приемы, например, прием “сухой лист”. “Сухой лист” - мяч, который летит с большой скоростью и сильно закручен, из-за этого на мяч начинает действовать сила Магнуса, вследствие чего мяч летит не по привычной траектории. Но этот эффект уже много кем изучен. Таким же удивительным эффектом является эффект knuckleball. Эффект возникает при сильном ударе по мячу без вращения. Это объясняется переходом пограничного потока из турбулентного в ламинарный. В процессе полета мяч тормозится и пограничный поток начинает менять из турбулентного в ламинарный. Вследствие чего сила давления действует на мяч не равномерно и возникает боковая сила, из-за которой мяч сходит со своей намеченной траектории [B]. Эффект Knuckleball исследовался до этого только, в рамках хобби людей.

В ходе работы были построены пневматическая пушка, а трак же системы контроля и воспроизведения скорости, построен светопролетный датчик, написана программа на языке программирования Java для моделирования траекторий полёта мяча. Так же были проверены эти системы с помощью других датчиков и сверхскоростной камеры. Далее на основе всего сделанного была посчитана скорость возникновения эффекта Knuckleball.

В ходе исследования было проведено очень много выстрелов, но только 20 выстрелов были проведены с известными давлением и временем открытия клапана и фиксировалась камерой и датчиками и в них появлялся эффект knuckleball. На основе этих 20 запусков найдена скорость, при которой возникает эффект knuckleball. Из данных получено, что эффект knuckleball появляется при скорости  $16,9 \pm 2,9$  м/с.

Построена пусковая установка Платформа для контроля угла Система запуска мяча Система измерения скорости Произведено тестирование и найдена погрешность измерения скорости в 10% Разработана программа для построения баллистической траектории Проведена серия экспериментов Определена скорость возникновения эффекта knuckleball

### Список литературы:

1. The aerodynamics of the beautiful game by J.W.M. Bush Department of Mathematics, MIT;
2. Visualization of air flow around soccer ball using a particle image velocimetry Sungchan Hong1, Takeshi Asai1 & Kazuya Seo.