Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Институт Прикладной математики и механики  
Кафедра Теоретической механики

А.С. Филимонов

ШТРАФНОЙ УДАР

Курсовой проект

Направление подготовки бакалавров: 010800 Механика и математическое моделирование

Группа 23604/1

Руководитель проекта: Панченко А.Ю.

Допущен к защите:

«\_\_» 20\_\_ г.

Санкт-Петербург

2015

# 

# **Оглавление**

[**Оглавление** 2](file:///C:\Users\Се\Downloads\Programming_project1.docx#_Toc388226015)

[**Введение** 3](file:///C:\Users\Се\Downloads\Programming_project1.docx#_Toc388226016)

[**Глава 1. Футбол и эффект Магнуса**](file:///C:\Users\Се\Downloads\Programming_project1.docx#_Toc388226017)

[1.1 Футбол 4](file:///C:\\Users\\Се\\Downloads\\Programming_project1.docx" \l "_Toc388226018)

[1.2 Открытие эффекта Магнуса 5](file:///C:\Users\Се\Downloads\Programming_project1.docx#_Toc388226019)

[1.3 Понятие “Эффект Магнуса” 6](file:///C:\Users\Се\Downloads\Programming_project1.docx#_Toc388226019)

[**Глава 2. Написание программы**](file:///C:\Users\Се\Downloads\Programming_project1.docx#_Toc388226021)

[2.1 Задачи, поставленные перед программой 7](file:///C:\Users\Се\Downloads\Programming_project1.docx#_Toc388226022)

[2.2 Написание кода 8](file:///C:\Users\Се\Downloads\Programming_project1.docx#_Toc388226023)

[2.3](file:///C:\Users\Се\Downloads\Programming_project1.docx#_Toc388226025) [Итоги работы 1](file:///C:\Users\Се\Downloads\Programming_project1.docx#_Toc388226021)0

[**Литература**](file:///C:\Users\Се\Downloads\Programming_project1.docx#_Toc388226027) 13

**Введение**

Проект направлен на построение и исследование математической модели движения футбольного мяча, позволяющей моделировать полёт мяча с учётом различных внешних факторов, влияющих на движение и позволяющих обойти «стенку». В процессе выполнения курсовой работы необходимо решить следующие задачи:

* Написать программу, моделирующую динамику и траекторию движения мяча во время исполнения штрафного удара.
* Рассмотреть влияние таких факторов, как сопротивление воздуха, зависящее от скорости мяча, и эффекта Магнуса, являющихся существенными при движении мяча
* Необходимо получить начальную угловую скорость, которую футболист придаёт мячу при ударе, чтобы закрутить мяч и «обойти стенку» из футболистов

В первой главе приведена краткая справка о футболе как виде спорта. Во второй главе описывается то, как создается программа с примерами кодов страниц и приводятся данные для конкретного удара.

**Глава 1. Футбол и эффект Магнуса**

* 1. **Футбол**

Футбол (от англ. foot — нога, ball — мяч) — командный вид спорта, в котором целью является забить мяч в ворота соперника ногами или другими частями тела (кроме рук) большее количество раз, чем команда соперника.

В настоящее время футбол является самым популярным и массовым видом спорта в мире. Согласно заявлению ФИФА, в футбол на планете играет более 250 миллионов человек, из них более 20 миллионов – женщины 1. В настоящее время проблема выстраивания правильной тактики в футболе при ведении мяча очень актуальна. Это связано с постоянным проведением различных соревнований в этом виде спорта. Поэтому важно уметь владеть футбольным мячом для прохождения различных «препятствий», создаваемых противником. Одним из таких препятствий является «стенка». Стенка – защитное построение игроков для уменьшения площади обстрела ворот (рис.1). На движение мяча в среде влияют такие факторы, как эффект Магнуса (который возникает при обтекании средой вращающегося тела, в результате чего проявляется сила, которая будет воздействовать на мяч и будет направлена перпендикулярно направлению потока воздуха), сопротивление среды, препятствующее свободному движению мяча и стремящееся уменьшить его скорость, сила ветра, способная изменить направление движения мяча и другие. Таким образом, предсказать направление движения мяча достаточно сложно 2 .



**Рис.1. «Стенка» из футболистов**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_   
1 *Футбол* [Электронный ресурс]

2 *Футбол и Физика* [Электронный ресурс]

**1.2. Открытие эффекта Магнуса**

Генрих Густав Магнус– известный немецкий физик и химик, открывший “Эффект Магнуса” в лабораторных условиях и объяснивший изменение траектории движения шара.

Еще в те времена, когда стреляли настоящими круглыми „ядрами", артиллеристы обратили внимание на неправильные отклонения от обычной траектории снаряда.

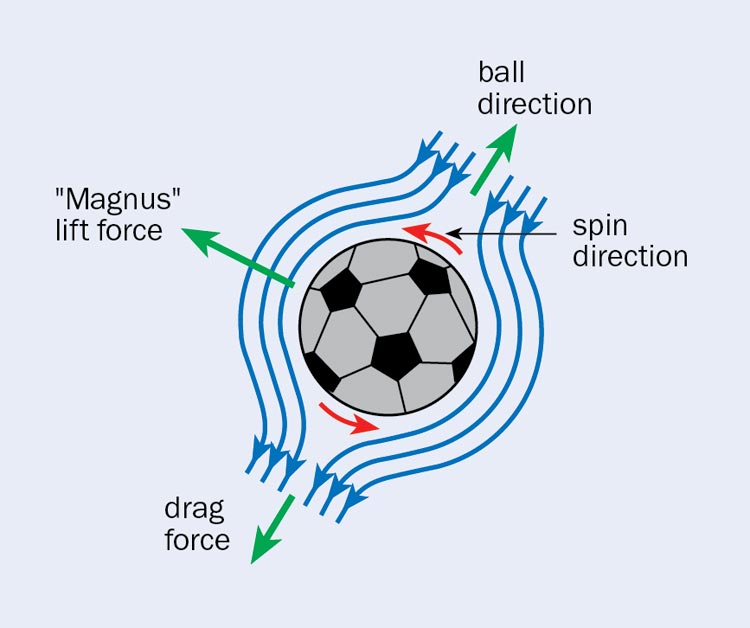
Для определенного решения этого вопроса известный берлинский физик Магнус , учитель Гельмгольца , произвел в 1852 г. некоторые лабораторные опыты . Один из таки опытов заключался следующем. Латунный цилиндр мог вращаться между двум остриями; быстро вращения цилиндр сообщалось, как в волчке, шнуром. Вращающийся цилиндр помещался в раме, которая в свою очередь легко могла поворачиваться. На эту систему пускалась сильная струя воздуха при помощи маленького центробежного насоса. Цилиндр отклонялся направлениия, перпендикулярно к воздушной струе и к оси цилиндра, при том в ту сторону, с которой направления вращения и струи были одинаковы. Направление отклонения было такое же, как и в артиллерийских опытах, величин отклоняющей силы Магнус не измерял; он полагал, однако, что порядок этой величины такой же, как и при отклонении сферических снарядов, а также предметов других форм. С этих пор принято всю группу явлений называть „эффектом Магнуса". Таким образом заслуга Магнуса , впервые выяснившего явление в лабораторной обстановке, оценен по достоинству. 3

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_   
3 *Л. Прандтль* «Эффект Магнуса и ветряной корабль.»

**1.3. Понятие “Эффект Магнуса”**

Под “Эффектом Магнуса” принимается физическое явление, возникающее при обтекании вращающегося тела потоком жидкости или газа. Образуется сила, воздействующая на тело и направленная перпендикулярно направлению потока. Это является результатом совместного воздействия таких физических явлений, как эффект Бернулли и образования пограничного слоя в среде вокруг обтекаемого объекта.

Вращающийся объект создаёт в среде вокруг себя вихревое движение. С одной стороны объекта направление вихря совпадает с направлением обтекающего потока и, соответственно, скорость движения среды с этой стороны увеличивается. С другой стороны объекта направление вихря противоположно направлению движения потока, и скорость движения среды уменьшается. Ввиду этой разности скоростей возникает разность давлений, порождающая поперечную силу от той стороны вращающегося тела, на которой направление вращения и направление потока противоположны, к той стороне, на которой эти направления совпадают. Такое явление часто применяется в спорте, см., например, специальные удары: топ-спин, сухой лист в футболе или система Hop-Up в страйкболе. 4

******

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_   
3 «Magnus force» [Электронный ресурс]

**Глава 2. Написание программы**

**2.1 Задачи, поставленные перед программой**

Программа должна выполнять следующие функции:

1. Визуализация части поля, мяча и его траектории во время исполнения штрафного удара.
2. Полет мяча с учетом силы тяжести, силы сопротивления воздуха, силы Магнуса.
3. Пользователь может выставить скорость ветра, угловую скорость вращения мяча, линейную скорость мяча, вязкость среды.
4. У пользователя должна быть возможность изменения параметров при ударе.

**2.2 Написание кода**

**Ниже приведены части кода[5], [6], который отвечают за внешний вид программы:**

//Половина футбольного поля, которое соответствует размерам реального поля(в масштабе)  
   var planeGeometry = new THREE.PlaneGeometry(52.5,70,32,32);  
   var planeMaterial = new THREE.MeshLambertMaterial({color:0x009900});  
  var plane = new THREE.Mesh(planeGeometry, planeMaterial);  
  plane.position.x=0;  
   plane.position.y=0;  
   plane.position.z=0;  
   scene.add(plane);

// мяч  
   var geometry = new THREE.SphereGeometry( 0.25, 32, 32 );  
   var material = new THREE.MeshBasicMaterial( {color: 0xff0000} );  
   var sphere = new THREE.Mesh( geometry, material );  
   scene.add( sphere );  
   sphere.position.x=-8.75;  
   sphere.position.y=-0.75;  
   sphere.position.z=0.25;

**Рассчет траектории полета мяча, скорости мяча и его координаты:**

var Wx = controls.BallX\_AngularVelocity ; //снятие вводимых данных,  
   var Wy = controls.BallY\_AngularVelocity ; // в данном случае угловой скорости  
   var Wz = controls.BallZ\_AngularVelocity ; // мяча

 function renderer() //функция, отвечающая за прорисовку

{   if (sphere.position.z >= 0.25 && sphere.position.x <= 40) // Ограничение работы программы, то есть, пока мяч выше поверхности поля и не вылетел за определенные границы программа работает.  
      {  
    var Ux = vX-windX; // Расчет относительной скорости(разность между скоростью  
    var Uy = vY-windY; // мяча и скоростью ветра) по трем координатам.  
    var Uz = vZ-windZ;  
      \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_   
5 *Баррет Д.* JavaScript. Web-профессионалам. - Киев: БХВ - Киев, 2001.  
6 *Вайк А.* JavaScript в примерах. - Киев: ДиаСофт, 2000.

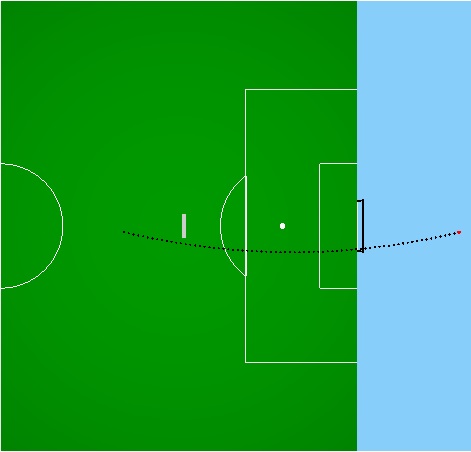
 vX += (-6\*pi\*r\*nu\*vX/m + 2\*pi\*ro\*r\*r\*r\*((Uz)\*Wy-((Uz))\*Wz)/m)\*dt;

//Расчет скорости мяча в каждый момент времени dt с учетом силы Магнуса, Стокса по трем осям.   
      vY += (-6\*pi\*r\*nu\*vY/m + 2\*pi\*ro\*r\*r\*r\*((Ux)\*Wz)-((Uz))\*Wx/m)\*dt;  
      vZ += (-g-6\*pi\*r\*nu\*vZ/m + 2\*pi\*ro\*r\*r\*r\*((Uy)\*Wx-((Ux))\*Wy)/m)\*dt;  
      sphere.position.x += vX\*dt;// Изменение позиции мяча, с учетом измененной  
      sphere.position.y += vY\*dt;// скорости  
      sphere.position.z += vZ\*dt;  
            
      var trajectory = new THREE.Mesh(trajectoryGeometry, trajectoryMaterial);  
      trajectory.position.x = sphere.position.x; //Часть кода, отвечающая за  
      trajectory.position.y = sphere.position.y; // прорисовку траектории  
      trajectory.position.z = sphere.position.z; // в каждый момент dt  
        
      scene.add( trajectory );  
      }  
        
      
    requestAnimationFrame(renderer);  
    control1.update();  
    render.render(scene,camera);  
      
    
  }  
  this.start = renderer; //Кнопка, с помощью которой мы запускаем функцию renderer  
    
}

**2.3 Итоги работы.**   
  
 Таким образом, в ходе работы над проектом была написана программа, моделирующая траекторию движения мяча во время штрафного удара, а так же смоделирован конкретный удар, при известных условиях.

На основании статьи “Физика футбола” можно вычленить входные данные для нашей программы. В статье описывается удар Роберто Карлоса, где указано, что ***v*0=35(м/с)** - начальная скорость мяча; ***d*=35(м)** - расстояние от мяча до ворот; ***ωz*=10(об/с)=62.8(рад/с**) - скорость вращения мяча во время полета. Также было известно, что погода была сухая и безветренная, то есть скорость ветра по всем осям равна 0.

**Подставив в программу данные, полученные учеными, можно увидеть, как мяч залетает в ворота.**

****

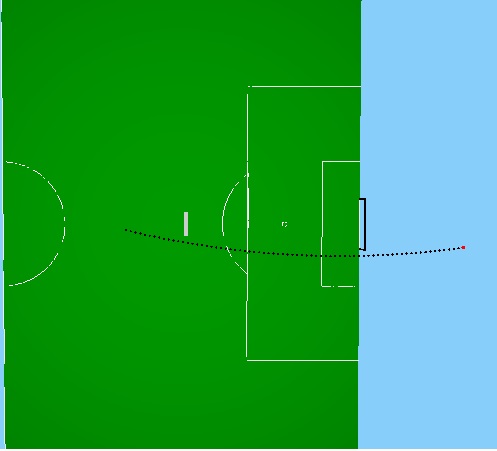
**Также эту траекторию можно сравнить с примерной траекторией, нарисованной учеными.**

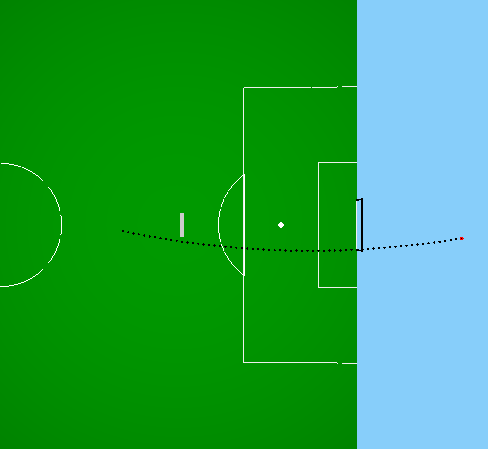
Очевидно, что траектории схожи, что означает правильность расчетов.



В случае если мы поменяем исходный параметр угловой скорости мяча на ***ωz*=8.5(об/с)=51(рад/с**),

а другие параметры оставим прежними, то мяч не залетит в ворота.



Но стоит нам изменить проекцию линейной скорости мяча в сторону нанесения удара до ***v*x=45(м/с)**, при угловой скорости в ***ωz*=8.5(об/с)=51(рад/с**) мяч оказывается в воротах.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что даже при небольших изменениях траектория критически меняется. И, рассмотрев конкретный удар Роберто Карлоса, можно сказать, что мяч оказался в сетке с немалой долей удачи.

**Список литературы**

1. Футбол. [Электронный ресурс]. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Футбол;

2. Футбол и физика. [Электронный ресурс]. URL: http://ru. http://www.shtangagol.ru/istoriya-igry/futbol-i-fizika.html;

3. *Л. Прандтль* «Эффект Магнуса и ветряной корабль.» (журнал «Успехи физических наук» выпуск 1-2. 1925 г)

4. «Magnus force». [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%DD%F4%F4%E5%EA%F2_%CC%E0%E3%ED%F3%F1%E0>;

5. *Баррет Д.* JavaScript. Web-профессионалам. - Киев: БХВ - Киев, 2001.

6. *Вайк А.* JavaScript в примерах. - Киев: ДиаСофт, 2000.