

СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТРЕНАЖЁРА ДЛЯ НАСТОЛЬНОГО ФУТБОЛА

Гриценко К.В.¹, Дотти П.², Поберезкин Н.И.³

¹ТПУ, ИШИТР, гр. 8Е11, e-mail: kvq15@tpu.ru

²ТПУ, ИШИТР, гр. 8Е11, e-mail: pablo1@tpu.ru

³ТПУ, ИШИТР, ассистент ОАР, e-mail: nip6@tpu.ru

Введение

Настольный футбол – динамичная игра, развивающая реакцию, скорость мышления и мелкую моторику, которая за последние 20 лет стала настоящим видом спорта и начала активно популяризоваться в таких странах, как США, Германия, Италия, Россия и др. Благодаря чему начали создаваться тактики и стратегии игры в настольном футболе, а также появились люди, которые вывели определенные виды ударов и научились играть в настольный футбол определенным образом, и, как в любом виде спорта, для того чтобы стать профессионалом необходимо усердно тренироваться. Однако для этой цели мало работать со статичными “игроками”, появляется необходимость в спарринг-партнере, но, к сожалению, такого не всегда получается найти. Одним из вариантов решения может стать автоматизированный тренажёр, который смог бы заменить настоящего соперника. Существующие варианты не обладают достаточно высоким уровнем игры.

Описание работы

Поскольку автоматизированный тренажер должен выполнять те же функции, что и реальный игрок, на столе для настольного футбола он должен осуществлять контроль четырёх ручек. На каждой ручке он должен выполнять две функции: поступательное перемещение с целью блокировки мяча и вращательное движение с целью удара по мячу. Так как принцип работы всех ручек одинаковый, то устройство для каждой из них будет идентичным.

На первом этапе разработки и проектирования тренажера был проведен обзор существующих решений механической части системы, в результате которого был сделан вывод об их преимуществах и недостатках.

Были рассмотрены решения, представленные в источниках [1], [2] и [3], авторы которых применяют типичные кинематические схемы управления, когда один двигатель выполняет вращательное движение, а второй поступательное. Преимущества данных методов: легкое управление; высокая точность. Помимо этого, эти решения обладают и некоторыми недостатками, а именно: высокая стоимость, сложность разработки, большие габариты.

Кроме того, был выполнен анализ другого варианта исполнения кинематики [4], где автором было предложено двигать и вращать вал с помощью голономных подшипников, представлено на рисунке 1. Преимущества данной конструкции заключаются в её малогабаритности, которая обусловлена отсутствием актуатора поступательного действия и отсутствием необходимости перемещать двигатель из стороны в сторону вместе с ручкой. Эта конструкция имеет два двигателя, расположенных по разные стороны стола и являющихся статичными. Поэтому данная конструкция была выбрана для реализации тренажера.

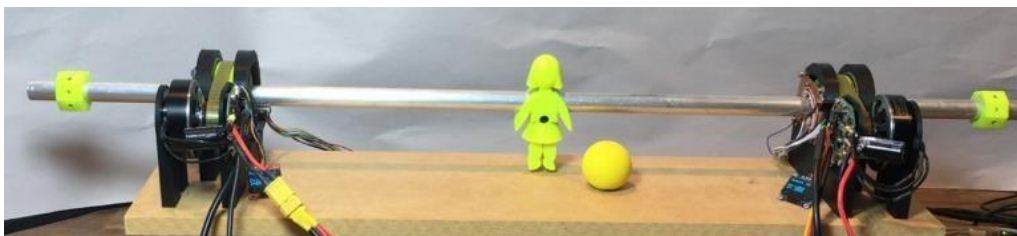


Рис. 1. Конструкция Paul Gauld

Следующим этапом работы стало построение структурной схемы предлагаемой конструкции тренажера. В данной структурной схеме микроконтроллер управляет двигателем через драйвер, а для обратной связи двигателя с контроллером нужны датчики угла поворота. Исходя из этого была разработана следующая структурная схема системы, представленная на рисунке 2.

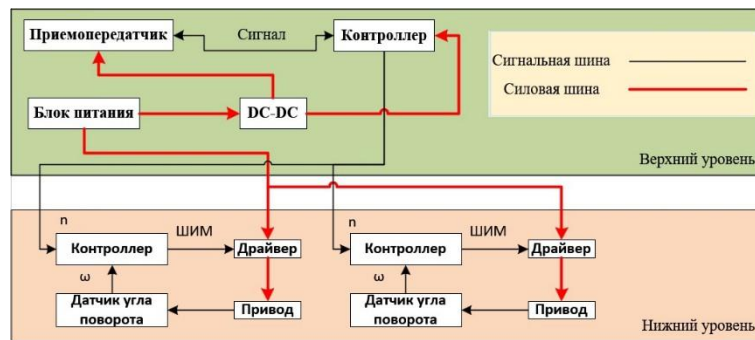


Рис. 2. Структурная схема системы

Далее для выбора правильного двигателя для данной системы были проведены физические расчеты вращательной и линейной инерций вала, линейной инерции шара, скорости перемещения из стороны в сторону и вращения вала, скорости мяча после удара и др.

С помощью высокоскоростной камеры и линейки были измерены следующие параметры: линейная скорость вала равна 0,32 м/с; угловая скорость вала — 60.32 рад/с; линейная скорость мяча — 4.8 м/с.

Далее были проведены расчеты для линейной и вращательной инерций вала с помощью формул (1) и (2) из источника [5]:

$$I = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\left(\frac{d_1}{2} \right)^2 + \left(\frac{d_2}{2} \right)^2 \right) \quad (1)$$

$$T = \frac{mv^2}{2} \quad (2)$$

где в формуле (1) m - масса вала, d_1 – внешний диаметр вала, d_2 – внутренний диаметр вала, и в формуле (2) m -масса мяча, и v – скорость мяча.

Так как энергия и время работы известны, то требуемая мощность двигателей была найдена по формулам (3) и (4):

$$P = \frac{T}{t} \quad (3)$$

$$P = \sum_{i=0}^3 P_i \quad (4)$$

Подстановка известных данных позволила определить, что для достаточно быстрого перемещения вала нужны 2 двигателя мощностью 40 Вт или более с частотой вращения 12 000 об/мин или более. На основе полученных параметров был выбран двигатель постоянного тока ХН/545/24V12.5К, мощность которого составляет 50 Вт.

Для реализации требуемого высокого крутящего момента при сохранении оборотов двигателя в пределах нормы, был установлен редуктор в виде приводного ремня, который позволяет сместить ось вращения привода относительно оси вращения ручки. В результате работы были построены следующие модели в среде разработки Blender, рисунок 3.

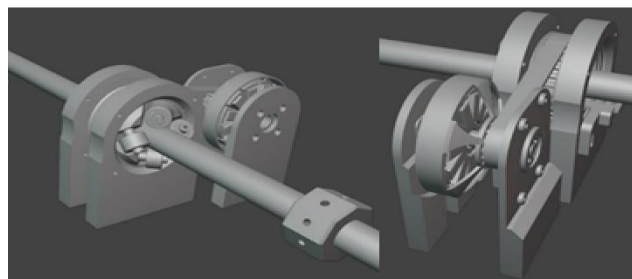


Рис. 3. 3D-модель механизма

Следующим этапом данной работы стало изготовление первого прототипа. Была изготовлена и проверена первая часть прототипа - голономные подшипники. Сами подшипники были распечатаны на 3D-принтере из PETG пластика, а ролики из BFlex пластика. Был разработан первый прототип, который показал свою работоспособность, показан на рисунке 4.



Рис. 4. Первый прототип

Второй частью конструкции является крепление. Эта часть позволяет системе удерживаться на столе. При испытании крепления, представленного на рисунках 3 и 4, стало понятно, что при его установке и эксплуатации портится внешний вид настольного футбола, впоследствии этот недостаток был исправлен и изготовлен корректный вариант крепления.

Заключение

В рамках данной работы, проведен обзор решений тренажера, создана 3D-модель, реализована механическая часть системы, и создан прототип, который показал свою работоспособность. После завершения испытаний механического узла планируется разработать и реализовать алгоритм работы одной оси, которая включает в себя два двигателя и передачи, на микроконтроллере серии STM32. В дополнении к этому, после изготовления и отладки работоспособности четырёх осей системы, планируется установка видеокамеры и обработка видеоматериалов, которые позволят использовать нейросетевые алгоритмы для определения местонахождения мяча и игроков, а также для управления системы на уровне профессиональных игроков.

Список использованных источников

1. Table soccer robot with artificial intelligence (KI-cker). [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.bosch.com/stories/bend-it-like-bosch/>
2. Autonomous Foosball Table [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.instructables.com/Autonomous-Foosball-Table/>
3. Autonomous Foosball Table – Eski. [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.instructables.com/Autonomous-Foosball-Table/>
4. Inverted Mecanum Drives Robotic Table Soccer. [Электронный ресурс]. — URL: <https://hackaday.io/project/170578-inverted-mecanum-drives-robotic-table-soccer>
5. Moment Of Inertia of a Hollow Cylinder. [Электронный ресурс]. — URL: <https://byjus.com/jee/moment-of-inertia-of-a-hollow-cylinder/>