

Разработка модели хоккейного шайбы-тренажёра ШЕСТ-1

Ефимов С.А.

информатика

6 класс ГБОУ Московской области «Одинцовский «Десятый лицей»,

Московская область, г. Одинцово

Научный руководитель: Колотовичев Артем Александрович,

учитель по информатике ГБОУ Московской области «Одинцовский «Десятый лицей», Московская область, г. Одинцово

Введение

Сила броска в хоккее, напрямую влияющая на скорость полёта шайбы, является одной из важных составляющих тактико-технических действий хоккейного игрока [1]. Соответственно данный показатель является одним из элементов селекции игроков в ходе тренировочного процесса.

Существующие системы мониторинга силы броска в хоккее через определение скорости полёта шайбы являются достаточно громоздкими, недостаточно точными и относительно дорогостоящими. Это затрудняет широкое применение таких систем в массовом, тренировочном процессе для селекции игроков. В этой связи разработка и техническая реализация идей, направленных на создание экономически эффективного, компактного и достаточно точного тренажёра для измерения силы броска в хоккее представляет актуальную задачу.

В этой связи, целью исследования было создать на основе взаимосвязанных компонентов Arduino опытную модель шайбы-тренажёра по измерению силы броска, через определение ускорения летящей при броске шайбы.

Для её достижения решались следующие задачи:

- Разработка принципиальной схемы модели тренажёра «ШЕСТ-1»;
- Создание виртуальной модели тренажёра в программной среде SolidWorks;

- Печать корпуса модели-шайбы на 3Д-принтере;
- Подбор электронных компонентов для системы и их сборка;
- Калибровка гироскопа-акселерометра;
- Создание рабочих кодов (скетчей) в программной среде Arduino IDE;
- Проверка работоспособности модели.

Материал и методы исследования

В ходе выполнения научного исследования использовались следующие *методы*: метод литературного поиска и анализа; метод 3Д-моделирования; метод программирования на языке Arduino.

Материально-техническое обеспечение исследования включало: гироскоп-акселерометр GY-521Arduino MPU-6050, микроконтроллер Arduino Nano Type-C ATMEGA328P, микроконтроллер Arduino Uno R3 (CH340G), радиомодуль-приёмопередатчик NRF24L01 2,4 ГГц 2 Мбит/с, радиомодуль-приёмопередатчик NRF24L01+PA+LNA 2,4 ГГц с усилителем и внешней антенной для Arduino, с дальностью связи до 100 м, медные провода 24 AWG в мягкой силиконовой изоляции сечением 0,2 мм², батарейки (таблетка) A192 алкалиновые Sonnen, контакты для батареек AA или AAA, модель шайбы, отпечатанная на 3Д-принтере, отсек для батареек с платформой для крепления электронных плат, ноутбук, 3Д-принтер, интегрированная среда разработки для Windows Arduino IDE, система автоматизированного проектирования SolidWorks.

Обзор литературы

Технические средства измерения силы удара наиболее развиты в спортивных единоборствах. В основе этих устройств лежит принцип измерения деформации тела, к которому прилагается сила или ускорения мишени [2].

В первом случае, когда силу удара измеряют через деформацию тела, используется датчик давления, который регистрирует изменение давления при ударе по эластичной капсуле, внутри которой и заключён датчик, связанный с системой индикации и преобразования сигнала. Однако, такой способ имеет недостатки, поскольку в данном случае, согласно законам физики, на результат

измерения будут, помимо силы удара, влиять также и упругость мишени и ударного предмета, их размерные характеристики и форма, относительная скорость движения [3].

Во втором случае для измерения силы удара через ускорение (сила = масса тела (к которому прикладывается сила) $\times$ ускорение) в качестве датчика используются акселерометры. При этом для увеличения точности измерений, в случаях, когда часть силы удара уходит на вращение, применяются также датчики угловых ускорений. Применение таких датчиков позволяет наносить удар по мишени практически в любом направлении [2]. Для компенсации влияния вибрации, гравитации и снятия гравитационной составляющей из выходного сигнала акселерометра, рекомендуется использовать одновременно с акселерометром гироскоп, который ввиду указанной причины повышает точность измерения акселерометра [4].

В таких видах спорта, связанных с воздействием силы на мишень, как: теннис, футбол, хоккей, для измерения силы удара применяются спортивные радары, определяющие этот показатель через измерение скорости и времени. Однако, такое оборудование, помимо относительно дорогой стоимости, имеет существенные проблемы с точностью измерений [5]. В последние годы, в футболе стали применять датчики, вшиваемые непосредственно в мяч, что, безусловно, значительно повышает точность измерений, поскольку в данном случае датчик воспринимает непосредственно прикладываемую силу.

Вместе с тем, подобные системы в хоккее до настоящего момента не описаны, что на наш взгляд объясняется определёнными техническими проблемами, связанными с используемой в данном виде спорта мишенью – шайбой.

Создать надёжно защищённую от сильного воздействия полость внутри шайбы для размещения датчиков, микроконтроллера и питания – непростая задача. Однако, патентованные технические решения данного вопроса известны [6]. Авторы указанного патента предлагают игровой вариант полый шайбы, наружная оболочка которой изготавливается из каучука, а внутренняя вставка

для электроники – из пластика. Шайба закрывается крышкой с пазовым соединением и после закрытия вулканизируется по стандартной технологии изготовления хоккейных шайб, чем достигается её прочность. Авторы патента сообщают, что данная технология не нарушает центровку шайбы. Однако каким образом это достигается из описания патента неясно. Также, непонятно как при такой конструкции достигается сохранность и надёжность работы электроники в условиях игры и значительных силовых воздействий на шайбу, как при ударах, так и при отскоках. В общедоступной литературе результаты применения данной конструкции не описаны.

Результаты и обсуждение

В отличие от существующих на данный момент технических разработок, предлагаемая модель определения силы броска в хоккее через регистрацию ускорения полёта шайбы, исходит из размещения системы регистрации, созданной на основе технологий Arduino внутри самой шайбы, а не в размещаемых снаружи компонентах. Это принципиальное отличие, формирующее научную новизну предлагаемого решения, позволяет добиться повышения точности измерения, мобильности устройства за счёт существенного снижения его размеров, а также, в перспективе, повысить надёжность эксплуатации. Оптимизация и относительная простота состава комплектующих и их сборки также даёт возможность снизить себестоимость производства такого тренажёра.

В основе работы системы лежит использование в качестве датчика – модуля гироскопа-акселерометра. Гироскоп измеряет угловую скорость вращения вокруг оси, условно в градусах/секунду. Акселерометр измеряет ускорение вдоль оси, условно в метрах/секунду. Совместное их использование в модульном исполнении позволяет измерить ускорение с учётом возможного приложения части силы удара на вращение шайбы в ходе броска. Перед началом использования модуля, была выполнена его калибровка для повышения точности измерений [7].

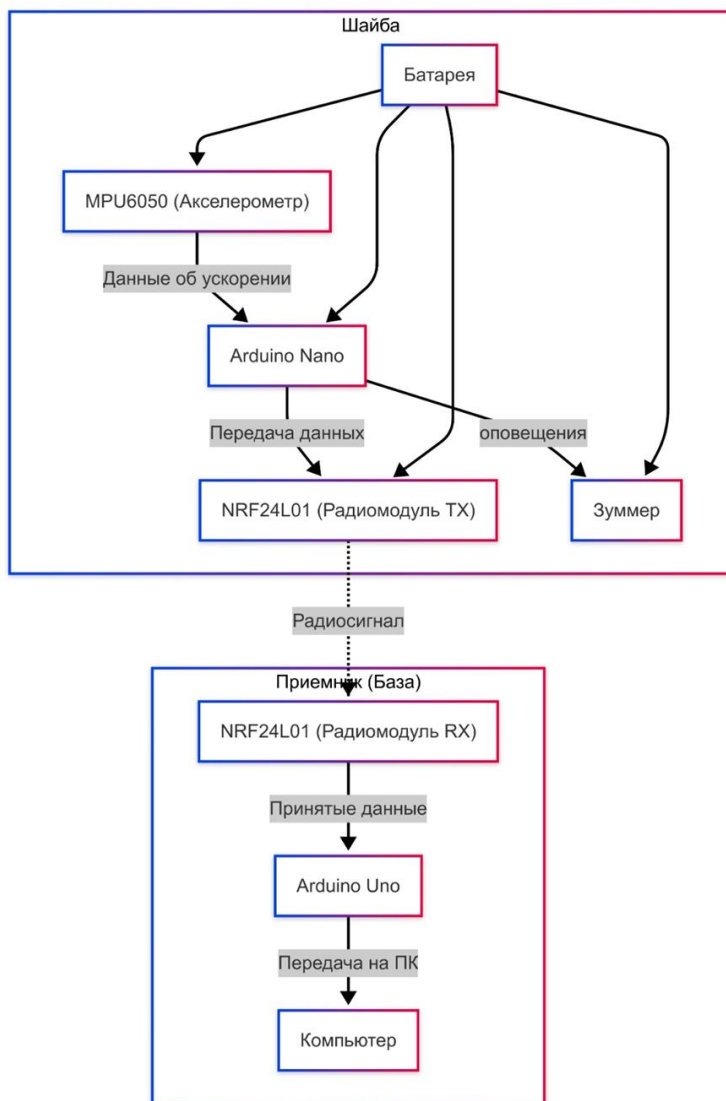


Рисунок 1. Принципиальная схема хоккейного шайбы-тренажёра «ШЕСТ-1»

Принцип действия тренажёра в следующем. Игрок в ходе тренировочного процесса бросает клюшкой тренажёр «ШЕСТ-1». Датчик гироскоп-акселератор воспринимает ускорение после полной остановки шайбы, и через медные провода передаёт значение на плату Arduino Nano. Микроконтроллер платы при помощи предварительно загруженного программного кода, учитывающего значение заранее определённой массы шайбы, преобразует переданный датчиком сигнал в значение приложенной силы (в ньютонах). В момент, когда определение завершено, звуковой индикатор издаёт сигнал и показатель через радиомодуль TX (в шайбе) передаётся на внешний радиомодуль RX (база) с

антенной, а с него преобразуется Arduino Uno в числовое значение, которое выводится на мониторе компьютера.

Для создания модели будущей системы производилось 3Д-моделирование в системе автоматизированного проектирования SolidWorks на основании размеров (толщина, диаметр) используемой в хоккее игровой шайбы (рисунок 2).

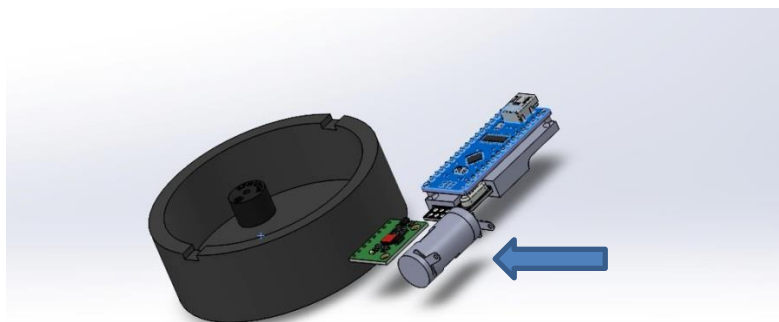


Рисунок 2. 3Д-модель шайбы с комплектом смонтированного регистрирующего оборудования

Шайба представляет собой полуую конструкцию с прилегающей плотно крышкой. Для крепления элементов питания использовалась специальный отсек, а электронных плат – специальная платформа (обозначены стрелкой на рисунке 2), которые, как и корпус по завершении моделирования были распечатаны на 3Д-принтере.

Ниже, в таблице 1 представлены наименования и стоимость подобранных электронных компонентов.

Таблица 1. Расчёт себестоимости сборки экспериментальной модели шайбы-тренажёра «ШЕСТ-1»

Наименование элемента сборки	Стоимость, руб.
Arduino Nano Type-C ATMEGA328P	302-00
Микроконтроллер Arduino Uno R3 (CH340G)	474-00
Гироскоп-акселерометр GY-521 Arduino MPU-6050	287-00

Радиомодуль-приёмопередатчик NRF24L01 2,4 ГГц 2 Мбит/с	203-00
Радиомодуль-приёмопередатчик NRF24L01+PA+LNA 2,4 ГГц с усилителем и внешней антенной для Arduino, с дальностью связи до 100 м	290-00
Медные провода 24 AWG в мягкой силиконовой изоляции сечением 0,2 мм ²	393-00
Батарейки (таблетка) А192 алкалиновые Sonnen	55-00
Контакты для батареек АА или ААА	115-00
Модель шайбы с отсеком для батареек, отпечатанная на 3Д-принтере	400-00
ИТОГО:	2 519-00

После сборки компонентов, они помещались для дальнейших испытаний внутрь корпуса (рисунок 3).

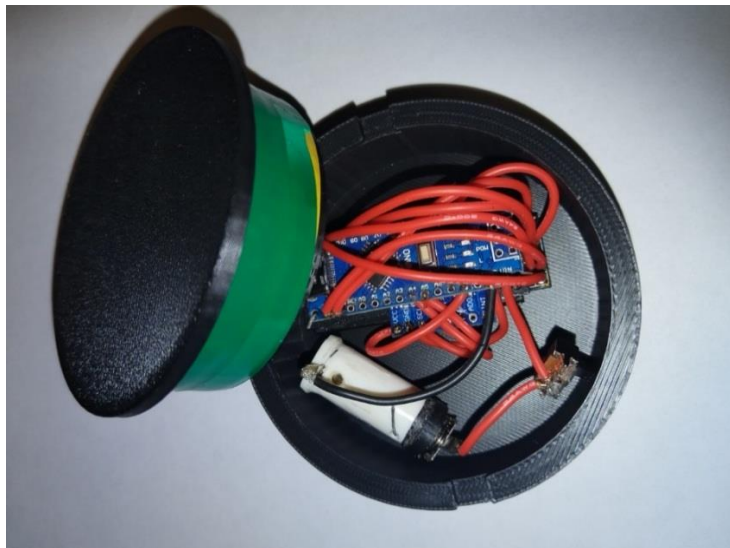
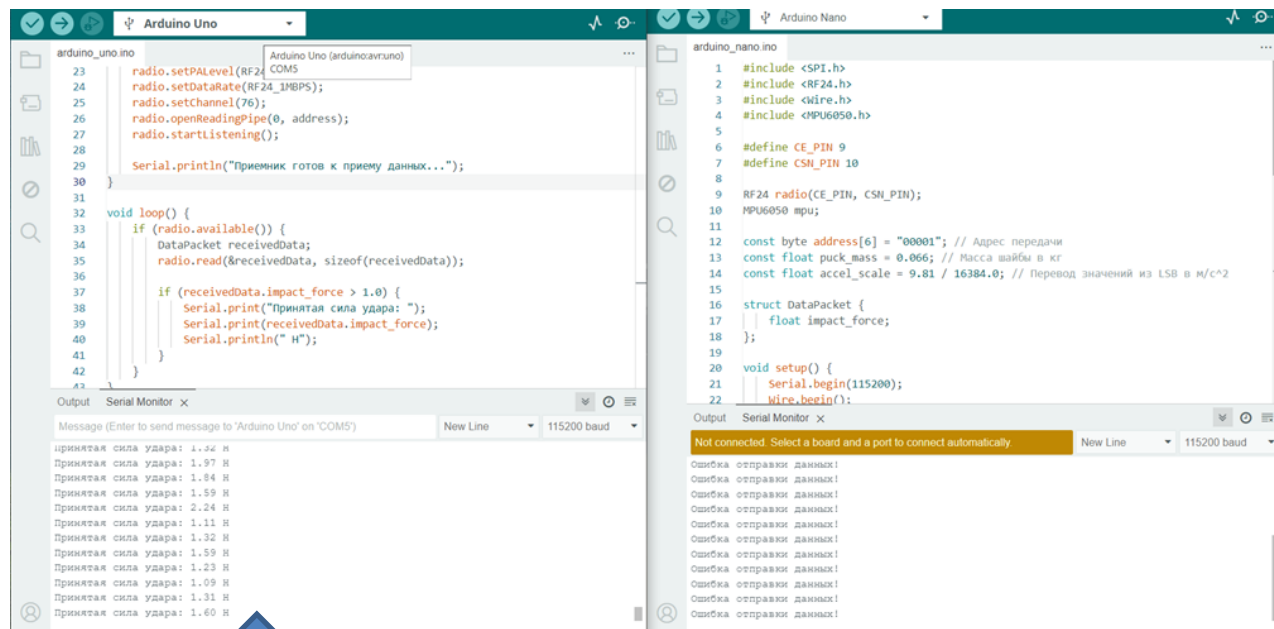


Рисунок 3. Собранная система регистрации, преобразования и передачи сигнала датчика гироскопа-акселерометра

Обеспечение функционирования собранной регистрирующей и передающей системы достигалось разработкой специального кода в программной среде Arduino.

По окончании сборки регистрирующей системы и разработки специального программного кода, проведены испытания опытной модели хоккейного тренажёра «ШЕСТ-1», результаты которых отражены на рисунке 4 (значения силы удара приводятся в ньютонах – кг*м/с²).



Значение силы удара на мониторе ПЭВМ

Рисунок 4. Выведение результатов измерения силы, прилагаемой к шайбе-тренажёру «ШЕСТ-1» на экране монитора ПЭВМ

Заключение

В результате проведённого литературного поиска было обосновано направление практических опытно-конструкторских работ – создание экспериментальной модели хоккейного тренажёра-шайбы для измерения силы удара хоккеиста с использованием датчика гироскопа-акселерометра и микроконтроллера Arduino, размещаемых внутри шайбы.

Проведено 3Д-моделирование, на основе которого создана физическая модель полый шайбы для размещения внутри регистрирующей, преобразующей

и передающей сигнал электроники. Осуществлён подбор и сборка комплектующих.

Выполнено написание и загрузка необходимого программного обеспечения (кодов или скетчей).

Произведены испытания модели, подтвердившие её работоспособность.

На основе проведённых испытаний сформулированы следующие рекомендации по дальнейшей доработке системы с целью обеспечения её возможного промышленного внедрения:

1. Разработка и создание оригинального корпуса прототипа шайбы-тренажёра «ШЕСТ-1», позволяющего перейти к испытаниям в условиях режима хоккейной тренировки.
2. Доработка включения системы питания путём обеспечения дистанционного включения с использованием ИК-пульта и доработка отсека питания под экологически безопасную аккумуляторную батарею с функцией подзарядки.
3. Доработка кодов (с целью нивелирования влияния инерции шайбы при регистрации повторных попыток бросков тренажёра).
4. Создание не менее 5 образцов прототипа.
5. Проведение испытаний прототипа в условиях тренировки хоккейного клуба «Армада» (г. Одинцово).
6. Возможная доработка прототипа по результатам испытаний.
7. Проведение патентного поиска и по его результатам возможное закрепление полученных результатов в патенте на изобретение или полезную модель.

Список литературы

1. Костичкин П.В., А.В. Руссу Методика оценки тактико-технический действий защитников в хоккее // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка, 2023 № 4С. 31-33 (Детский тренер). Электрон. версия. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-otsenki-tehniko-takticheskikh-deystviy-zaschitnikov-v-hokkee> [дата запроса: 15.02.2025].

2. Савельев В.Н. Способ определения динамических параметров удара, характеризующих силу // Патент на изобретение RU2322279C1. – дата публикации: 2008.04.20.
3. Крис Мёрфи Выбор оптимального акселерометра для конкретного приложения. Часть 1 // электрон. журнал: Компоненты и технологии. № 1, 2018. URL: <https://kit-e.ru/vybor-akselerometra-chast-1/> [дата запроса: 21.02.2025].
4. Как измеряют силу удара и скорость полёта мяча в футболе. Сайт sport-igrok.ru. URL: <http://sport-igrok.ru/blog/futbol/kak-izmeryayut-silu-udara-i-skorost-polyota-myacha-v-futbole.html> [дата запроса: 21.02.2025].
5. Хутер Матис, Вильденхоф Штефан, Пеллькофер Томас, Ретковски Райнер Шайба и способ изготовления шайбы // Патент на изобретение RU2707805C1. – дата публикации: 29.11.2019.
6. Работа с Arduino и MPU6050. Сайт alexgyver.ru. URL: <https://alexgyver.ru/arduino-mpu6050/?ysclid=m6f87m8acx299501938> [дата запроса: 20.02.2025].