

ГБУДОПО «Центр развития творчества детей и юношества»

**Изготовление и калибровка датчика температуры для модели автономного
роботизированного многофункционального
модульного транспортного средства,
изучения и обслуживания водоемов малой глубины
на основе робототехнического комплекта Lego Mindstorms EV3**

Королева София, ученица 7 класса

Зотов Андрей, ученик 7 класса

Руководитель: педагог дополнительного образования

Пеганов Станислав Юрьевич

Пенза 2023 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Теоретическая часть.....	5
Устройство штатного датчика температуры LEGO MINDSTORMS Education EV3.	5
Устройство портов датчиков микропроцессорного блока LEGO MINDSTORMS Education EV3 и порядок подключения датчиков.	5
Выбор датчиков температура.....	6
Аналоговый датчик температуры LM35DZ.	7
Практическая часть	8
Устройство согласования датчика температуры LM35 с микропроцессорным блоком LEGO MINDSTORMS Education EV3.....	8
Изготовление водонепроницаемого датчика температуры на основе LM35DZ.....	8
Программное обеспечение для измерения температуры LEGO MINDSTORMS Education EV3... 	9
Калибровка датчика температуры на основе LM35DZ.	9
Аппроксимация полученных данных.....	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	15
ЛИТЕРАТУРА	15

ВВЕДЕНИЕ

При создании различных проектов на основе робототехнического комплекта LEGO MINDSTORMS Education EV3 одними из основных устройств, применяемых в них, являются различные датчики и сенсоры. Они являются органами восприятия окружающего мира полноценного робототехнического устройства. К сожалению, в силу целого ряда причин, иногда невозможно найти и использовать в своем проекте, датчики изготовленные компанией Lego. Выход в данной ситуации только один, изготовить такой датчик самостоятельно, особенно если это касается такого простого датчика как датчик температуры.

Цель:

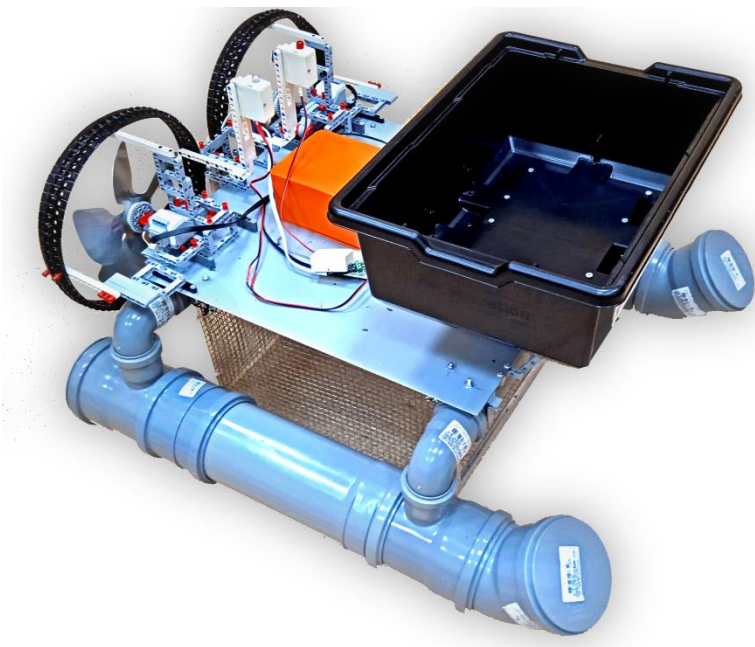
Изготовить датчик температуры для использования с микропроцессорным блоком LEGO MINDSTORMS Education EV3, в модели роботизированного водного транспортного средства.

Задачи:

1. Изучить технические данные микропроцессорного блока LEGO MINDSTORMS Education EV3 и штатного датчика температуры.
2. Подобрать полноценную замену штатного датчика температуры.
3. Разработать конструкцию датчика с учетом погружения в воду.
4. Произвести калибровку датчика температуры и обеспечить вывод информации в стандартных единицах (градусах Цельсия).

Актуальность

Создаваемая модель автономного роботизированного многофункционального модульного транспортного средства предназначена, в том числе для мониторинга состояния водоемов, измерения их физико-химических параметров, в том числе и температуры воды в различных частях водоема и на различной глубине.



В состав комплекта LEGO MINDSTORMS Education EV3 не входит штатный датчик температуры, он приобретается отдельно или входит в состав других комплектов. Стоимость данного датчика на сегодняшний день составляет порядка 4500 -5900 рублей. Поэтому нами было принято решение

изготовить данный датчик самостоятельно.

Теоретическая часть

Устройство штатного датчика температуры LEGO MINDSTORMS Education EV3.

Датчик температуры – это цифровой датчик, работающий от блока LegoNXT.

Датчик можно настроить датчик на две системы измерения температур: в градусах по Цельсию и по Фаренгейту (от -20° C до +120° C / от -4 F до +248 F).

Данный датчик полностью совместим с роботом Lego Mindstorms Education EV3.

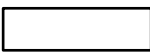





К сожалению больше никакой информации по этому датчику найти не удалось.



Устройство портов датчиков микропроцессорного блока LEGO MINDSTORMS Education EV3 и порядок подключения датчиков.

Назначение контактов портов «1-4» микропроцессорного блока LEGO MINDSTORMS

Education представлено в таблице:

№ Kontakta порта	Цвет провода разъема	Имя	Назначение
1		AI	Аналоговый вход(вход датчиков NXT)
2		GND	Общий “ - “ (Земля)
3		GND	Общий “ - “ (Земля)
4		+4.3В	“ + ” Питание
5		DIG0	Цифровой вход 0
6		DIG1	Цифровой вход 1 / Аналоговый вход (EV3)

При этом следует учитывать что контакт №1 используется для подключения только датчиков NXT, а контакт №6 для подключения аналоговых датчиков EV3.

При подключения датчиков к микропроцессорному блоку LEGO MINDSTORMS Education EV3 используется их идентификация. И если к порту подключается аналоговый датчик, порт надо перевести в режим работы с аналоговым датчиком и по цепи №6 будут приниматься данные от подключенного датчика. При этом аналоговый сигнал может иметь величину от 0 до 4,3 В.

Для перевода цепи №6 в режим приема аналогового сигнала необходимо цепь №1 соединить с цепью №№2,3 через резистор 910 Ом.

Таким образом, для изготовления собственного датчика, целесообразно взять аналоговый датчик температуры, у которого напряжение питания от 3,3 до 5В.

Для подключения данного датчика к блоку LEGO MINDSTORMS Education EV3 необходимо будет изготовить устройство сопряжения, которое позволит цепи №6 принимать аналоговый сигнал.

Выбор датчиков температура.

Исходя из наших требований эксплуатации:

1. Напряжение питания 3,3-5В.
2. Диапазон измеряемых температур 0 - +30 С°.
3. Точность $\pm 0,5$ С°.

По запросу в сети Интернет «аналоговый датчик температуры», мы выбрали датчики TMP35, TMP36, TMP37 или LM35. LM358.

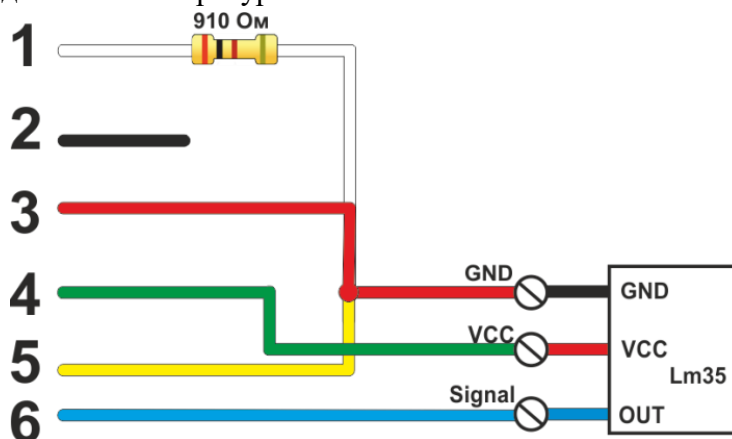
В различных интернет-магазинах в наличии имелся весь ряд датчиков, в том числе и в герметичном корпусе, но стоимость доставки в два раза превышала стоимость самого датчика, а известный «АЛИЭКСПРЕСС» предлагал срок доставки 1-2 месяца.

В одном из городских магазинов нашелся датчик LM35DZ, на нем мы и остановили наш выбор.

Практическая часть

Устройство согласования датчика температуры LM35 с микропроцессорным блоком LEGO MINDSTORMS Education EV3.

Схема подключения датчика температуры LM35:



Сопротивление в 910 Ом, подключенное согласно схеме сообщает контроллеру, что данный порт необходимо переключить в режим аналогового входа.

Также цифровой вход DIG0 замыкается на землю.

Изготовление водонепроницаемого датчика температуры на основе LM35DZ.

Для измерения температуры воды конструкция корпуса датчика должна обеспечивать герметичность LM35DZ и мест пайки соединительных проводов.

В основе конструкции - медная трубка обжата с одной стороны и облуженная.

С другой стороны надеты несколько термоусадочных трубок:

1. На каждый соединительный провод в отдельности.
2. Общая на все провода, заходящая внутрь медной трубки.
3. Общая на провод и медную трубку.

По краю трубке с отступом 5 мм сделана канавка глубиной ~0.5 мм для лучше фиксации и герметизации.

Торец трубки (со стороны входа проводов) между 2 и 3 термоусадочными трубками, заполнен герметиком.

Корпус LM35DZ плотно прижимается к медной трубке.



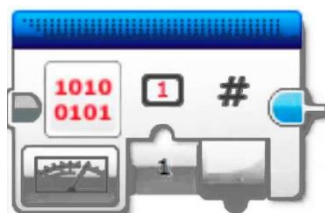
Программное обеспечение для измерения температуры LEGO MINDSTORMS Education EV3.

Для считывания показаний датчиков в программном обеспечении LEGO MINDSTORMS Education EV3 предусмотрено два вида программных блоков:

1. Палитра блоков стандартных датчиков, с выдачей измеряемой величины в стандартных величинах, например, ультразвуковой датчик выдает расстояние до объекта в сантиметрах или дюймах.



2. Блок «Необработанные значения датчика»



Выдача результатов в данном блоке производится в условных единицах от 0 до 1023, значение 1023 соответствует максимальному уровню сигнала с датчика (+4.3В).

Таким образом, для вывода измеряемой температуры с нашего датчика, подходит только данный блок. В связи с чем, возникает необходимость перевода получаемых условных единиц в градусы Цельсия.

Цель данной калибровки - получение эмпирической формулы перевода условных единиц в градусы Цельсия.

Калибровка датчика температуры на основе LM35DZ.

Для получения данной эмпирической формулы перевода нам необходимо поставить в соответствие условным единицам выдаваемым блоком LEGO MINDSTORMS Education EV3 значение температуры получаемым «эталонным» термометром в нескольких точках. На основе полученных данных, используя стандартные методы аппроксимации получить формулу для перевода.

Аппроксимация опытных данных – это метод, основанный на замене экспериментально полученных данных аналитической функцией наиболее близко проходящей или совпадающей в узловых точках с исходными значениями (данными полученными в ходе опыта или эксперимента).

Необходимое оборудование и материалы:

1. Калориметр.
2. Электронный термометр.
3. Электрическая плитка.
4. Лед.
5. Вода.

Порядок проведения калибровки:

1. В калориметр опустить лед и налить холодной воды.
2. Поставить калориметр на выключенную электрическую плитку.
3. Опустить датчик температуры и электронный термометр.
4. Добавляя лед или воду дождаться показаний электронного термометра - 0C° .
5. При достижении указанной температуры считать показания с блока и начать заполнять таблицу соответствия.
6. Включить электроплитку и снимать аналогичные показания с шагом 5 градусов с ожиданием стабильности показаний датчика температуры.
7. Нагрев воды вести до $+40\text{C}^{\circ}$.

Полученная таблица значений:

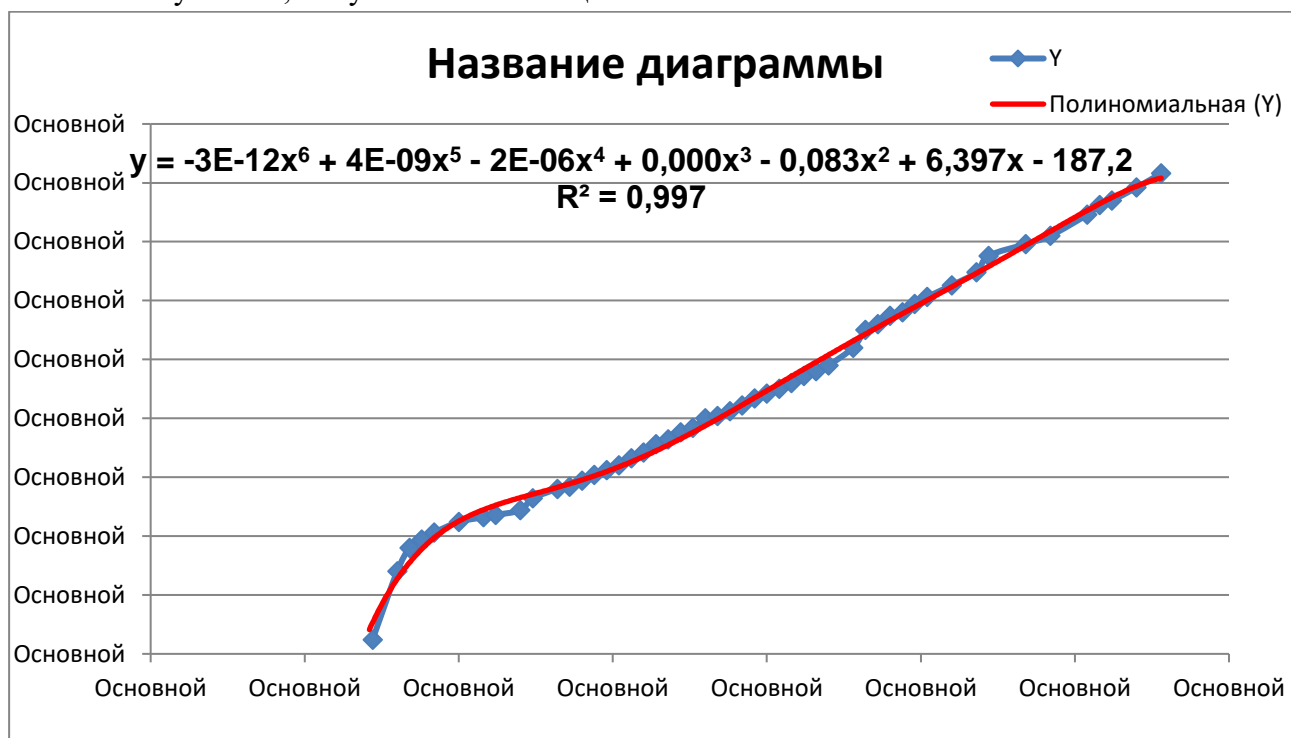
Электронный Термометр (ось Y)	Датчик Температуры (ось X)	Электронный Термометр (ось Y)	Датчик Температуры (ось X)
1,2	72	21,1	192
7	80	21,7	196
9	84	22,1	200
9,7	88	22,5	204
10,3	92	23	208
11,2	100	23,6	212
11,6	108	24	216
11,8	112	24,5	220
12,2	120	26	228
13,2	124	27,5	232
14	132	28	236
14,2	136	28,7	240
14,7	140	29	244
15,2	144	29,7	248
15,6	148	30,3	252
16	152	31,3	260
16,6	156	32,4	268
17,1	160	33,8	272
17,8	164	34,8	284
18,2	168	35,5	292
18,8	172	37,3	304
19,2	176	38,1	308
20	180	38,5	312
20,2	184	39,6	320
20,6	188	40,8	328

Аппроксимация полученных данных.

Аппроксимация данных была проведена двумя способами:

1. С помощью инструментов Microsoft Excel.
2. Онлайн-сервиса Planetacalc.ru.

Результаты, полученные с помощью Microsoft Excel:



Наилучшее приближение к реальным результатам, как видно из графика дало применение полинома 6 степени. При этом коэффициент достоверности аппроксимации равен 0,997. Что несомненно является хорошим результатом приближения.

Коэффициент достоверности аппроксимации это значение которое характеризует точность аппроксимации, т. е. показывает на сколько точно теоретическое распределение описывает реальное распределение.

Результаты, полученные с помощью онлайн-сервиса Planetacalc.ru:

Квадратичная регрессия
 $y = 0.000x^2 + 0.109x - 1.878$

Коэффициент корреляции
0.995

Коэффициент детерминации
0.990

Средняя ошибка аппроксимации, %
11.169 %

Кубическая регрессия
 $y = 0.000x^3 - 0.000x^2 + 0.147x - 3.927$

Коэффициент корреляции
0.995

Коэффициент детерминации
0.990

Средняя ошибка аппроксимации, %
10.886 %

Показательная регрессия
 $y = 4.701 \cdot 1.007^x$

Коэффициент корреляции
0.937

Коэффициент детерминации
0.879

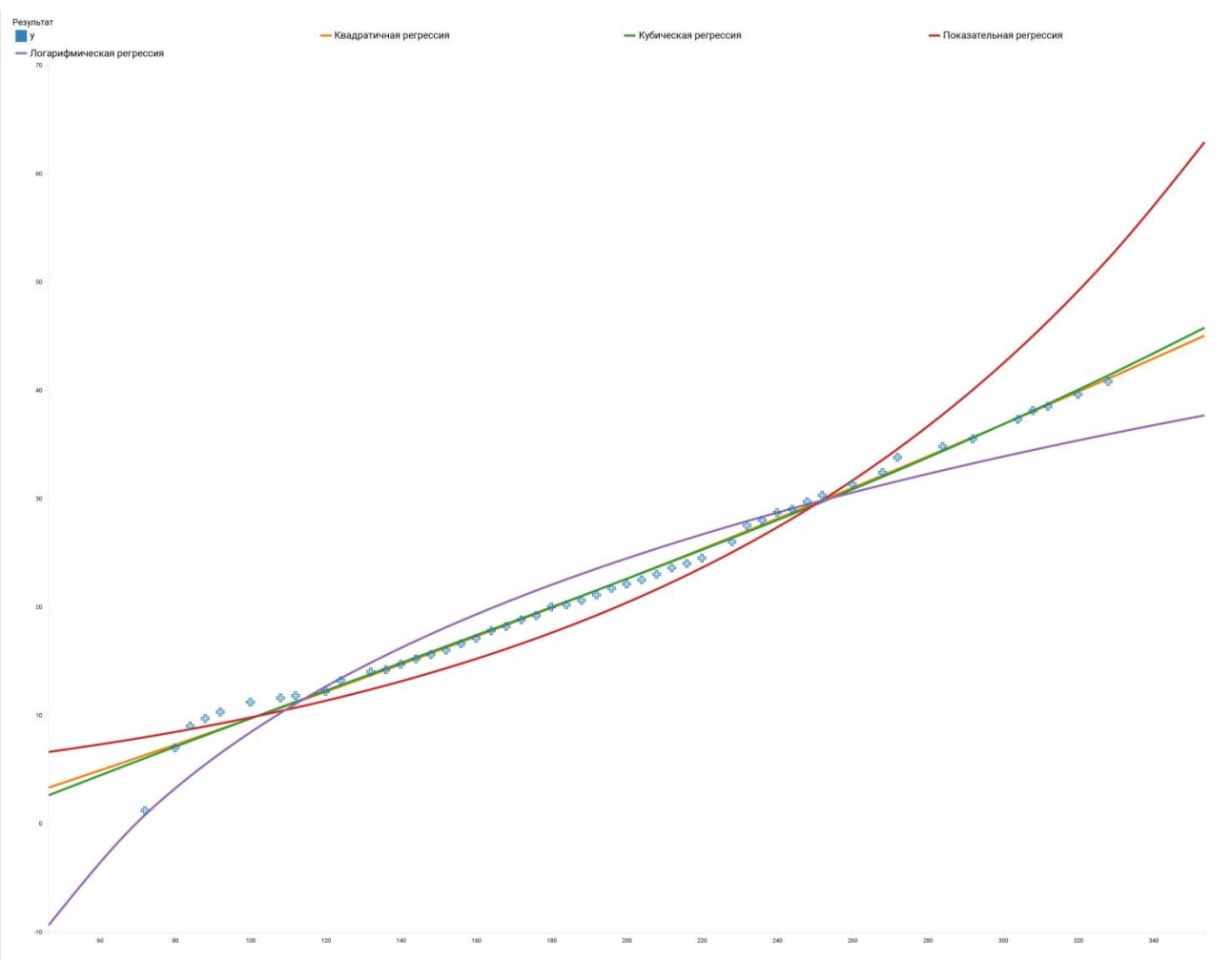
Средняя ошибка аппроксимации, %
20.737 %

Логарифмическая регрессия
 $y = -98.252 + 23.162 \cdot \ln x$

Коэффициент корреляции
0.968

Коэффициент детерминации
0.937

Средняя ошибка аппроксимации, %
12.080 %



Таким образом, в результате анализа полученных данных можно сделать вывод, что наиболее точная формула перевода значений получена с помощью Microsoft Excel : $y = -3E-12x^6 + 4E-09x^5 - 2E-06x^4 + 0,000x^3 - 0,083x^2 + 6,397x - 187,2$

Ввиду сложности данной формулы и малого радиуса беспроводной связи блока LEGO MINDSTORMS Education EV3 механизм перевода на практике будет выглядеть следующим образом:

1. Измерение температуры роботизированным устройством в заданной точке или точках.
2. Запись необработанных данных в память блока.
3. Возвращение к оператору, выгрузка данных на компьютер (ноутбук).
4. Обработка данных, получение истинных значений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный датчик температуры по своим техническим данным и точности измерений не уступает штатному датчику Lego. Стоимость датчика составляет не более 200 рублей.

Калибровка датчика в условиях школьного кабинета физики заняла не более 30 минут.

Изготовленный датчик может быть без переделки применен совместно с микроконтроллером Arduino, сердцем нашей будущего реального устройства.

Мы получили новые знания и приобщились к современным методам проведения физических экспериментов и обработки их результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://karandashsamodelkin.blogspot.com/2016/05/lego-mindstorms-ev3.html>
2. <https://www.youtube.com/watch?v=C3CG5JNmRBI>
3. http://smartep.ru/index.php?page=lego_mindstorms_hardware
4. <http://karandashsamodelkin.blogspot.com/2016/05/lego-mindstorms-ev3.html>
5. <https://www.philohome.com/nxtspotlight/spotlight.htm>
6. http://eco-project.org/data/upload/Razrabotka_ustroystva_dlya_monitoringa_sostoyaniya_vodoemov.-20130124021714.pdf

РЕЦЕНЗИЯ

На проект

Изготовление и калибровка датчика температуры для модели автономного роботизированного многофункционального модульного транспортного средства, изучения и обслуживания водоемов малой глубины на основе робототехнического комплекта Lego Mindstorms EV3

Вышеназванная работа демонстрирует в первую очередь огромное стремление учащихся, проделавших данную работу, к изучению таких науки как физика, информатика, технология и претворению полученных знаний в практическую плоскость повседневной жизни.

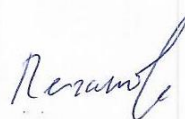
Авторы проекта поставили перед собой цель - изготовить датчик температуры для использования с микропроцессорным блоком LEGO MINDSTORMS Education EV3. Проект можно считать полностью реализованным.

Материал в работе изложен грамотно, работа чётко структурирована, состоит из введения, теоретической и практической частей. Структура работы соответствует поставленным целям и задачам.

Процесс изготовления датчика и его калибровка демонстрирует нестандартный подход к решению инженерных задач, конструктивность и нестандартность мышления учеников, большой объем изученного материала вне учебной программы.

Считаю, что проведенная работа заслуживает высокой оценки с точки зрения актуальности выбранной темы и ее реализации на практике.

Педагог дополнительного образования
ГБУДОПО «Центр развития
творчества детей и юношества»



С.Ю. Пеганов