

Министерство образования и науки Республики Хакасия
МБОУ г.Абакана «Лицей имени Н.Г. Булакина»
Команда «Айдастар»

Международные соревнования по робототехнике RoboSkills 2023

НОМИНАЦИЯ
«Свободная творческая категория»

Проектирование действующей модели пожарного робота

Полное описание

Автор:

Жульмин Владимир Вячеславович
ФИО (полностью)

Образовательная организация:

Муниципальное бюджетное
общеобразовательное учреждение
г.Абакана «Лицей имени Н.Г. Булакина»

Класс/курс: 5 «В»

Руководитель:

Лопатина Татьяна Александровна,
учитель робототехники высшей
категории, Почетный работник общего
образования РФ, Заслуженный учитель
Республики Хакасия

Абакан, 2023

Содержание

Введение.....	3
Платформа.....	4
Функциональная схема.....	4
Описание конструкции.....	5
Описание алгоритмов.....	8
Программный код робототехнического устройства.....	8
Рассказ о предназначении робота.....	11
История создания проекта.....	11
Прочие сведения.....	13
Пожарная робототехника в России	13
Выводы.....	15
Список литературы.....	16

Введение

Одной из важнейших специальных проблем робототехники является проведение работ в экстремальных условиях. При этом необходимо удаление человека на безопасное расстояние.

Качество ликвидации пожаров и безопасность при борьбе с ними напрямую связана с технической оснащённостью подразделений пожарной охраны средствами предупреждения, локализации и тушения пожаров и зависят от нее.

Основные материальные потери наблюдаются при возникновении сложных пожаров, где работа противопожарных подразделений особо затруднена, где велика вероятность воздействия вторичных проявлений опасных факторов пожара. К таким пожарам, например, относятся пожары на складах боеприпасов, которые являются наиболее опасными, поскольку способны нанести большой материальный ущерб и привести к человеческим жертвам.

Для решения проблемы безопасности на таких пожарах необходимо создавать новые технические средства и оборудование для проведения разведки пожара и сбора информации на безопасном для противопожарных подразделений расстоянии. Это будет способствовать защите личного состава пожарных подразделений и пожарной, аварийно-спасательной техники от воздействия на них огня или взрыва. Таким образом, работа по разработке проектов пожарных роботов является высоко актуальной.

В данной работе осуществляется проектирование действующей модели пожарного робота.

Объектом исследования является процесс моделирования пожарного робота.

Предмет исследования разработка конструкции и написание программы для робота на основе базового робототехнического набора mBot Ranger Robot Kit фирмы «Makeblock» для решения задачи по поиску и тушению горящей свечи.

Цель работы смоделировать пожарного робота из базового робототехнического набора mBot Ranger Robot Kit фирмы «Makeblock» способного обнаружить открытый огонь (горящая свеча) и потушить его.

Задачи исследования:

1. Изучить проблемы по необходимости роботов предназначенных для работы в зонах повышенного риска для жизни человека.
2. Ознакомиться с существующими роботами для борьбы с пожарами.
3. Изучить свойства используемых датчиков огня и гироскопа.
4. Составить план работы над проектом.
5. Сконструировать и запрограммировать пожарного робота.
6. Провести эксперименты и доработать модель в соответствии с выявленными проблемами конструкции.
7. Обработать результаты исследования, сделать выводы и подготовить презентационный материал.
8. Представить результат своей работы на выставках.

Платформа

Проект пожарного робота создан на основе базового робототехнического набора mBot Ranger Robot Kit фирмы «Makeblock» для решения задачи по поиску и тушению горящей свечи.

Функциональная схема

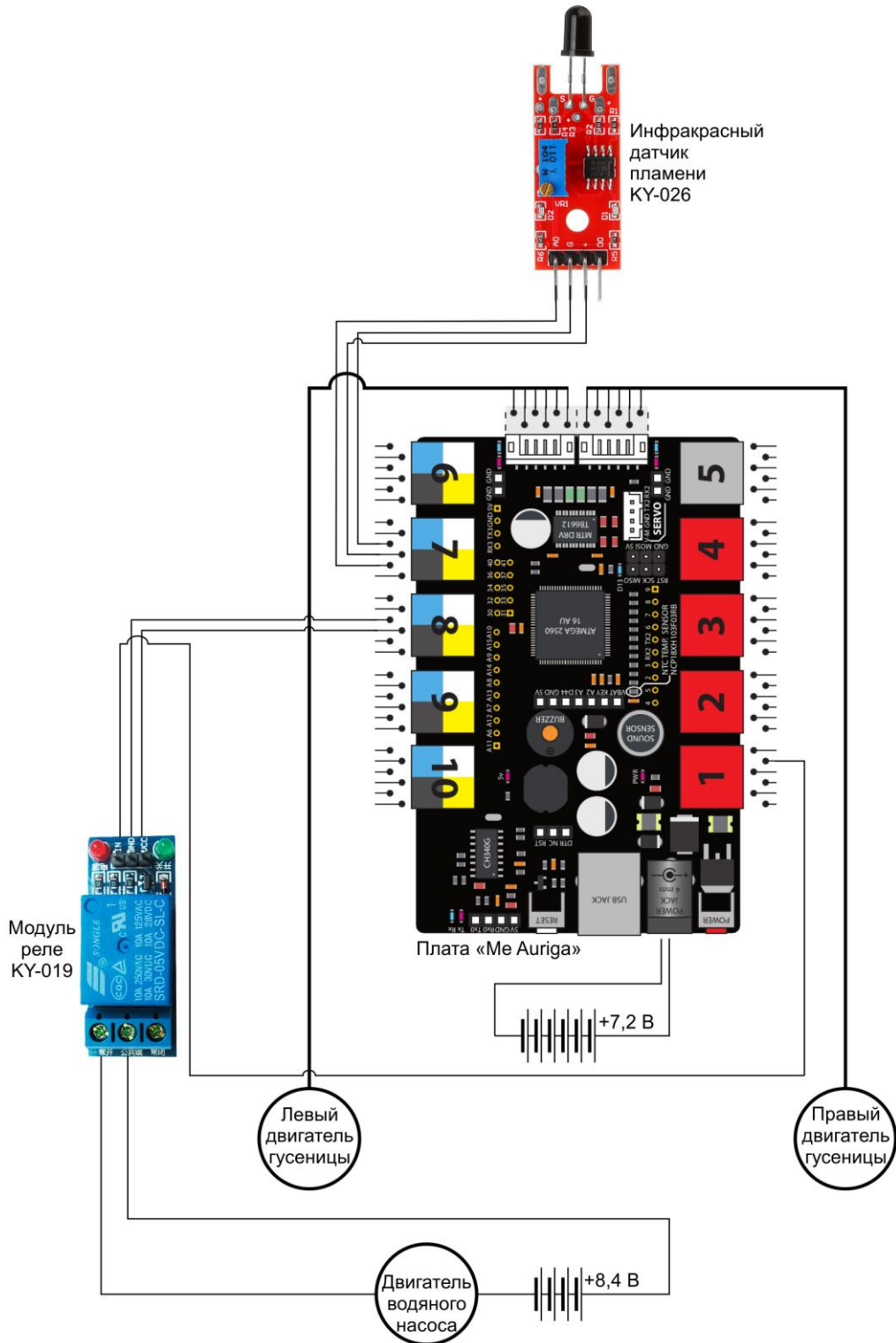


Рисунок 1. Функциональная схема пожарного робота.

Описание конструкции

Базовый вариант робота представляет собой гусеничную платформу на основе материнской платы «Me Auriga», совместимой с «Arduino Mega 2560». Для выполнения проекта робот был модифицирован увеличением высоты для размещения дополнительного аккумуляторного блока под материнской платой и оснащен следующим дополнительным оборудованием:

- инфракрасный датчик пламени KEYES ARDUINO «KY-026»;
- модуль реле KEYES ARDUINO «KY-019» для запуска водяного насоса;
- дополнительный аккумуляторный блок с напряжением 8,4 Вольт для питания водяного насоса;
- водяной насос омывателя лобового стекла автомобиля «ВАЗ-2109» со штатной гибкой трубкой для подачи воды;
- плоское сопло, изготовленное из алюминиевой трубки диаметром 6 мм и длиной 40 мм;
- бутылочка от детского питания в качестве емкости для воды;
- коннекторы RJ-12 для подключения датчика и реле к материнской плате;
- соединительные провода;
- красная пластина от конструктора «Лего» для крепления датчика огня;
- подвес для металлопрофиля для крепления к роботу емкости для воды и водяного насоса.

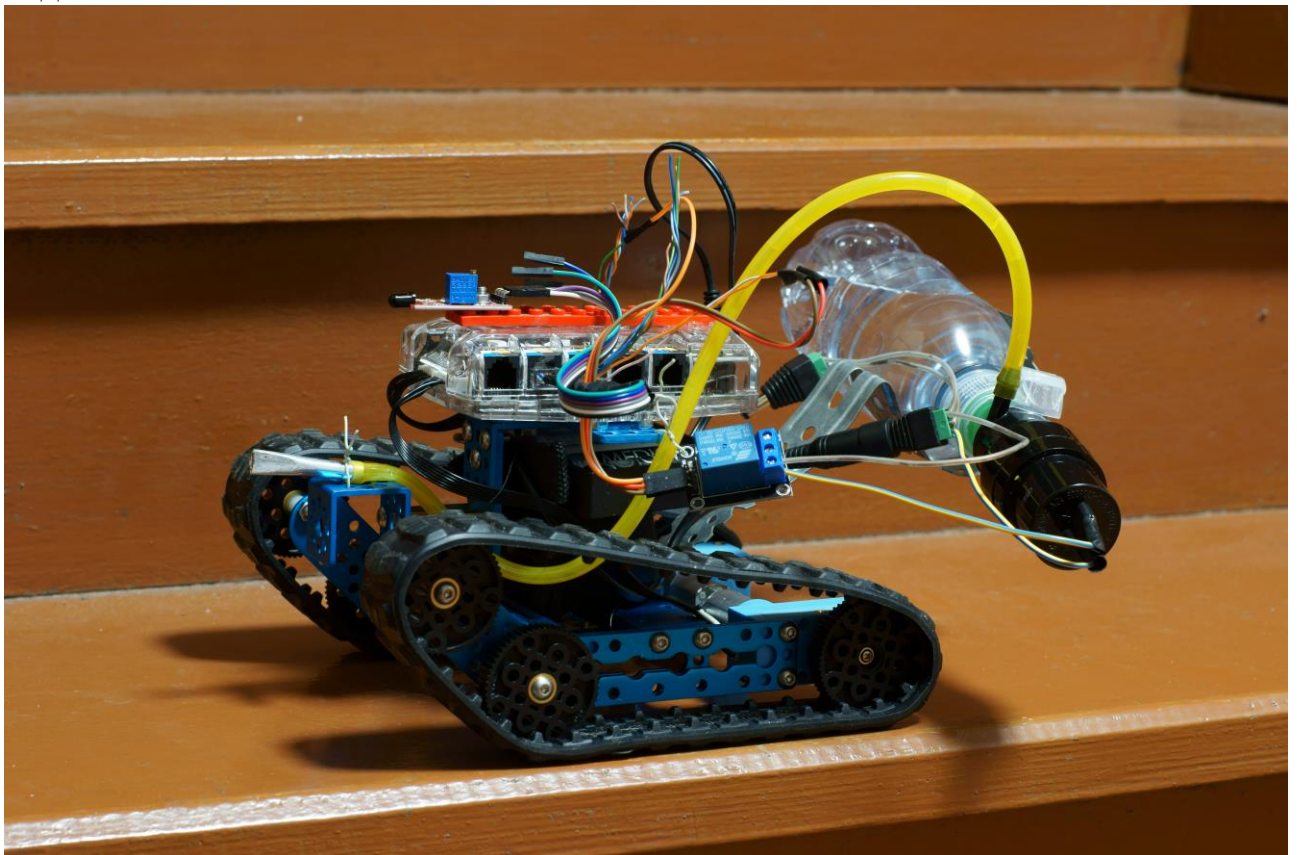


Рисунок 2. Пожарный робот на базе mBot Ranger Robot Kit фирмы «Makeblock».

Инфракрасный датчик пламени прикреплен к верхней части модуля с главной платой при помощи пластины от конструктора «Лего» на предусмотренные для этого выступы. Плата датчика крепится к пластине

«Лего» винтом, для чего в ней было просверлено отверстие диаметром 4 мм. Чувствительный элемент датчика расположен строго вдоль оси робота в направлении «вперед».

Дополнительный аккумуляторный блок с напряжением 8,4 Вольт для питания водяного насоса взят от велосипедной фары и размещен поверх основного аккумуляторного блока.

Бутылочка от детского питания в качестве емкости для воды была выбрана из-за подходящего отверстия в крышке, плотно надевающегося на патрубков водяного насоса. Для уменьшения риска попадания воды на электронные детали робота водяная емкость с насосом прикреплены снаружи робота за его задней частью с помощью пластины для подвеса металлопрофиля. Выгибание пластины производилось по месту с обеспечением надежного крепления емкости с насосом, ее наклона в сторону насоса для полного расхода воды и легкого снятия для наполнения водой.

Модуль с реле «КУ-019» для запуска водяного насоса прикреплен скруткой из проволоки над левой гусеницей робота с одновременной фиксацией трубки подачи воды к соплу.

Плоское сопло изготовлено из алюминиевой трубки длиной 40 мм и диаметром 6 мм, надето на трубку подачи воды, прикреплено в передней части робота, направлено немного вверх и вперед строго вдоль его оси и ориентировано так, чтобы вода направлялась вертикальным веером для тушения свечи разной высоты.

Коннекторы RJ-12 и соединительные провода использовались для подключения датчика и реле к материнской плате в соответствии с функциональной схемой.

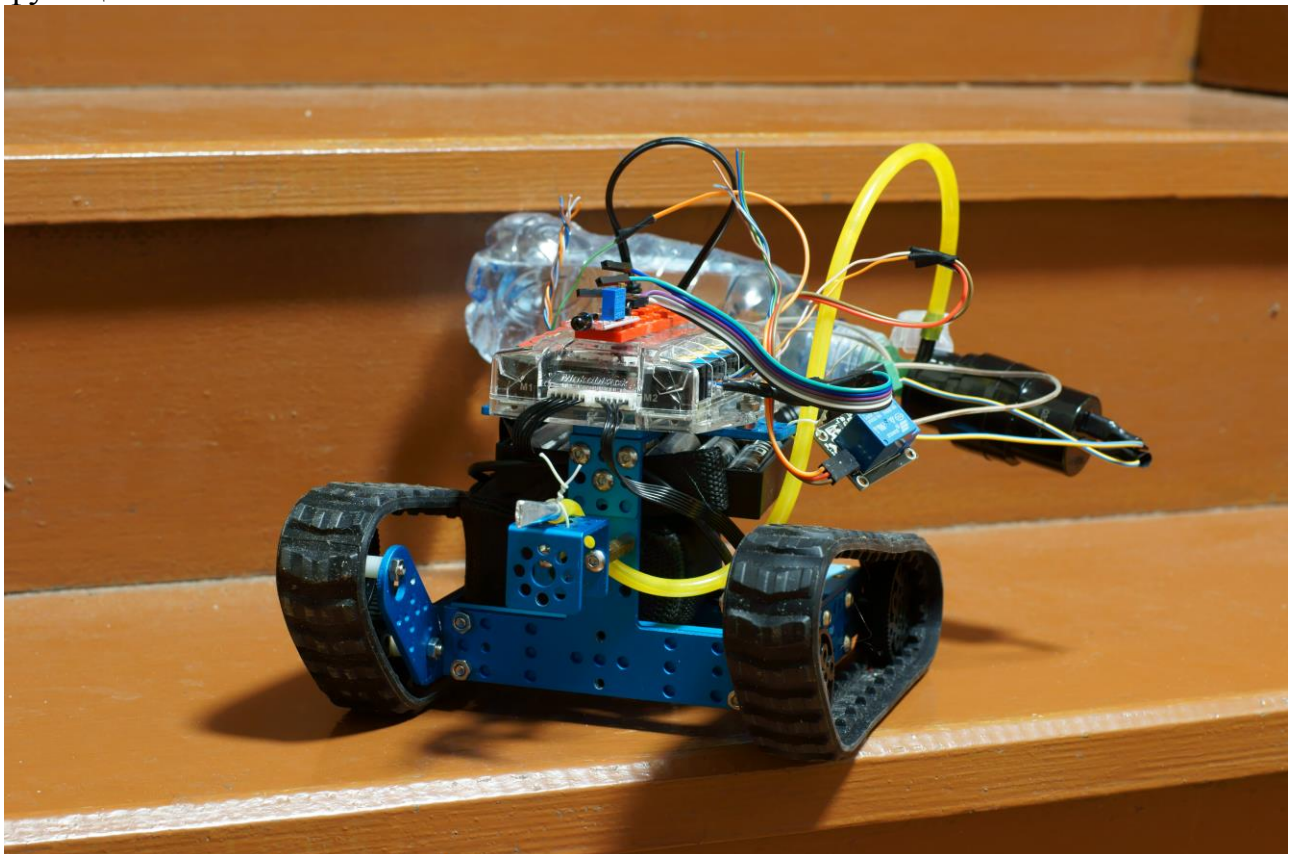


Рисунок 3. Пожарный робот, вид спереди.

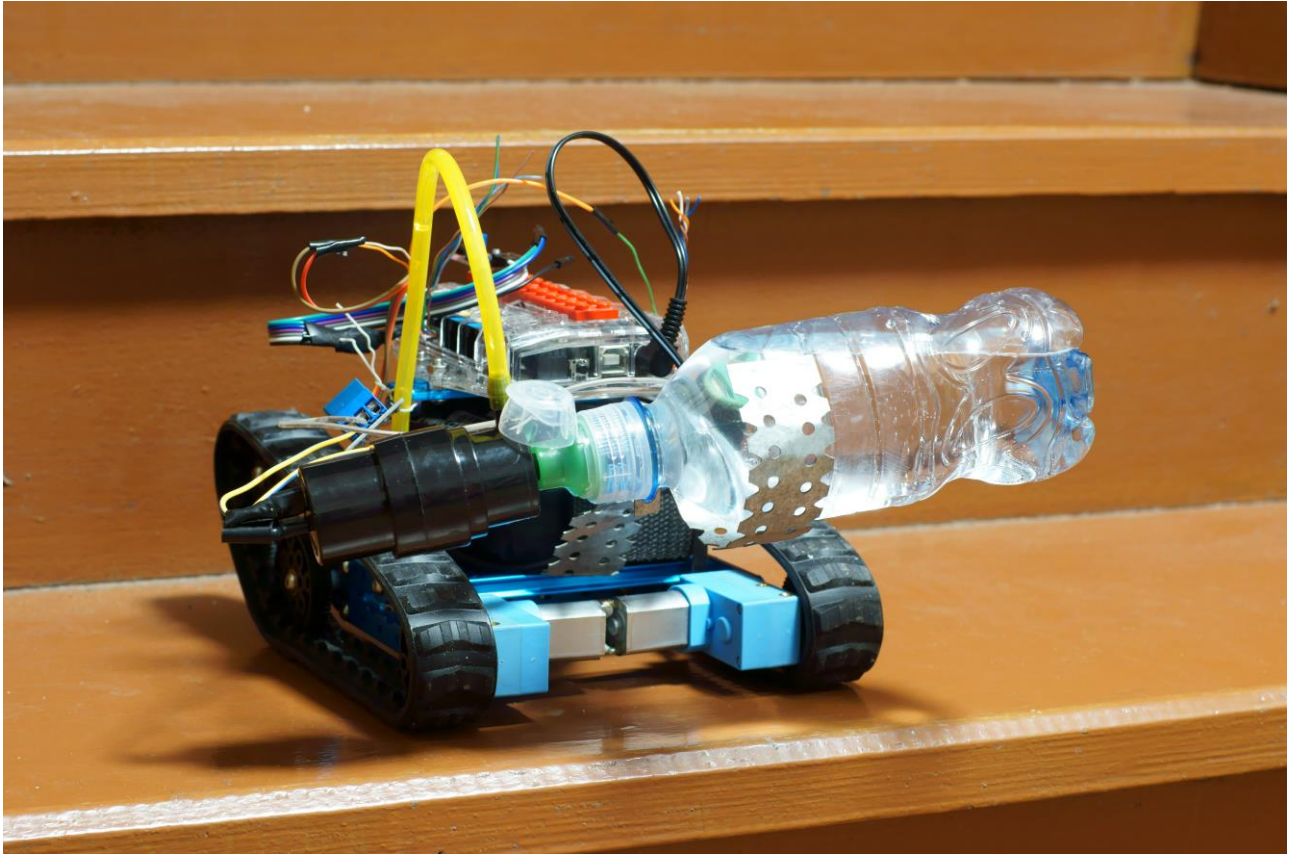


Рисунок 4. Пожарный робот, вид сзади.

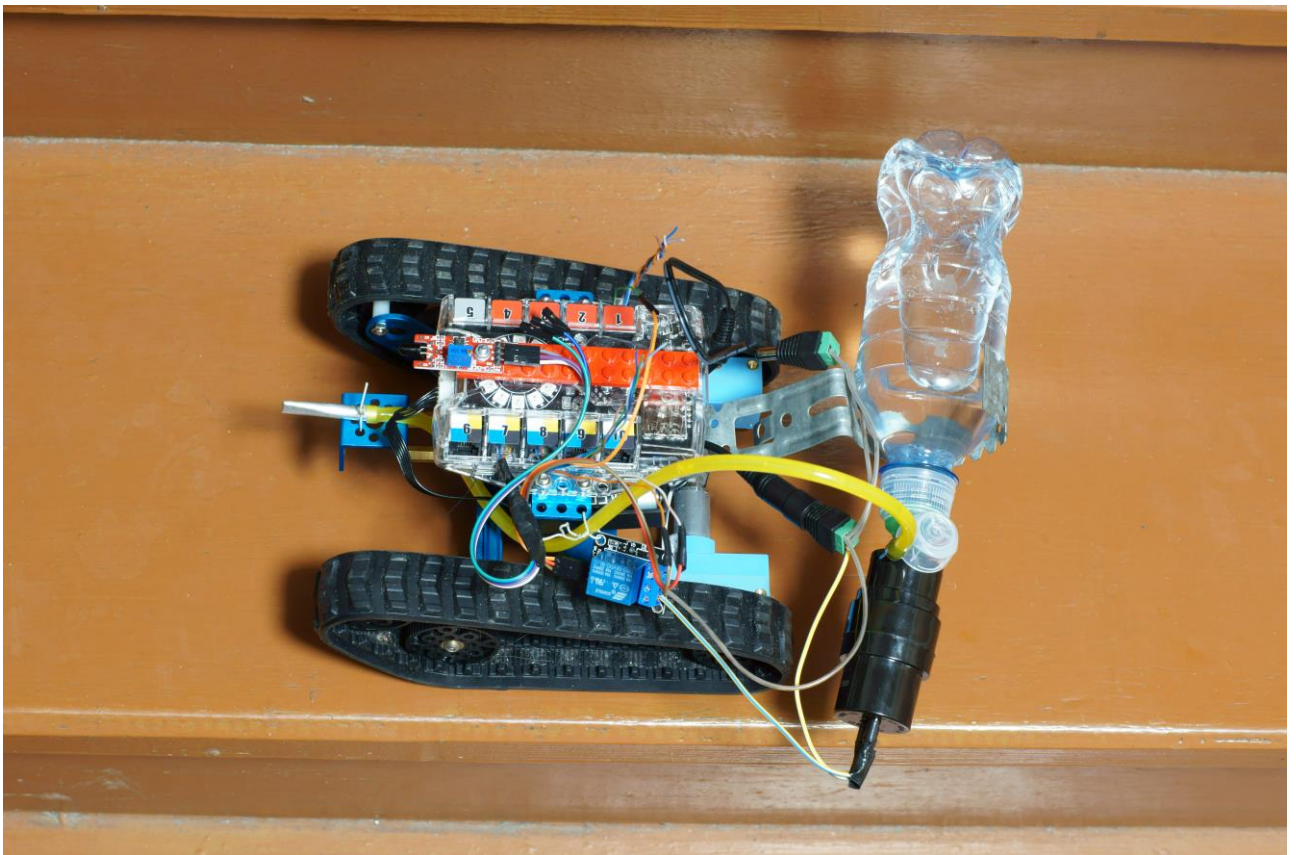


Рисунок 5. Пожарный робот, вид сверху.

Описание алгоритмов

Задачей робота является поиск и тушение горящей свечи высотой 10-12 см, расположенной впереди себя при условии отсутствия препятствий.

Для решения задачи используется инфракрасный датчик пламени для поиска свечи, встроенный датчик гироскопа для ориентации в пространстве и водяной насос для тушения.

Показания инфракрасного датчика уменьшаются при направлении на горящую свечу, а также при приближении к ней. Показания при отсутствии свечи – свыше 1000 единиц, при направлении на свечу с расстояния в 2 см – 10-12 единиц, оптимальные показания датчика для определения расстояния до свечи для ее тушения определено опытным путем и составляет 21 единицу.

Встроенный датчик гироскопа повороты робота в горизонтальной плоскости фиксирует вдоль оси Z и при включении робота направление «вперед» принимается за 0 градусов, направление «вправо» за 90 градусов, «влево» за -90 градусов, «назад» за +180 или -180 градусов.

После включения робот выполняет подпрограмму калибровки, в которой определяется угловая скорость поворота робота при текущем уровне заряда основного аккумуляторного блока.

Отдельной подпрограммой оформлен поворот робота на требуемый курс (азимут) по показаниям датчика гироскопа.

Поиск горящей свечи также выполнен в виде отдельной подпрограммы, которой передается начальный и конечный азимут поиска, а также время на поворот робота между измерениями показаний датчика огня. Результат передается в основную программу в виде азимута, которому соответствуют минимальные показания датчика огня с вызовом подпрограммы поворота робота на найденный азимут.

Основная программа производит вызов подпрограммы калибровки, затем осуществляет быстрый предварительный поиск азимута на горящую свечу в секторе от +90 градусов от -90 градусов и потом более точный поиск в секторе от +30 градусов от -30 градусов от найденного азимута. Затем робот начинает движение вперед с дополнительным вызовом подпрограммы поиска азимута на горящую свечу при отклонении от курса свыше 5 градусов, либо каждые полторы секунды.

По достижении оптимальной дистанции, определяемой снижением показаний датчика огня менее 21 единиц, производится остановка, точное прицеливание вызовом подпрограммы поиска горящей свечи и включение водяного насоса на 3 секунды. Затем после 5-секундной паузы проверяется состояние свечи, если она горит, то производится ещё одно тушение, иначе робот отъезжает назад в течение двух секунд и выключается.

Программный код робототехнического устройства

Программирование робота производилось в графической среде mBlock v5.4.0, основанной на Scratch 3.0.

Подпрограмма настройки, в которой определяется угловая скорость поворота робота при текущем уровне заряда основного аккумуляторного блока:



Рисунок 6. Подпрограмма Calibration.

Подпрограмма поворота робота на требуемый курс (азимут) по показаниям датчика гироскопа:

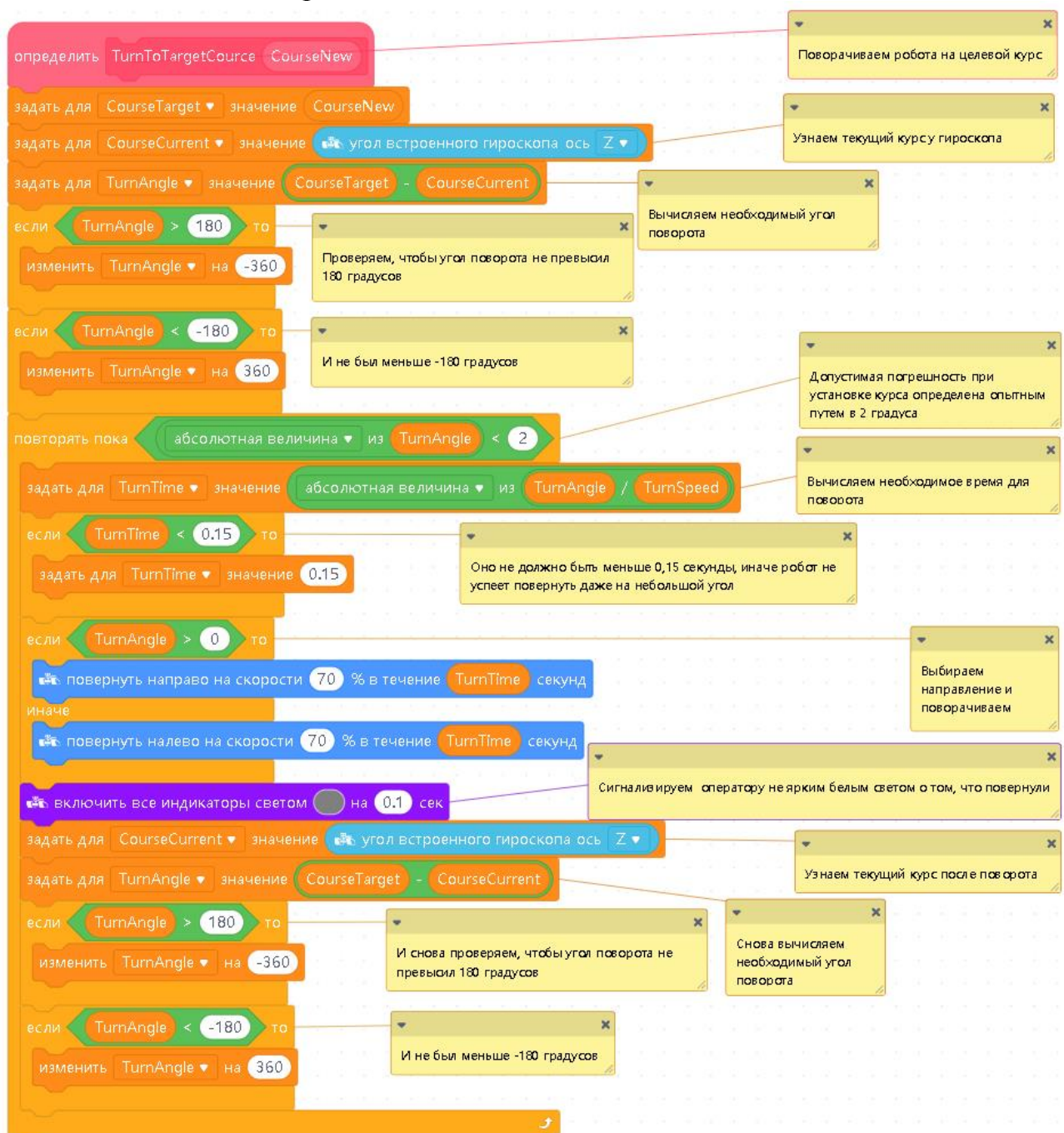


Рисунок 7. Подпрограмма TurnToTargetCourse.

Подпрограмма поиска горящей свечи, которой передается начальный и конечный азимут поиска, а также время на поворот робота между измерениями показаний датчика огня. Начальный азимут должен быть больше конечного. Результат передается в основную программу в виде азимута, которому соответствуют минимальные показания датчика огня с вызовом подпрограммы поворота робота на найденный азимут.

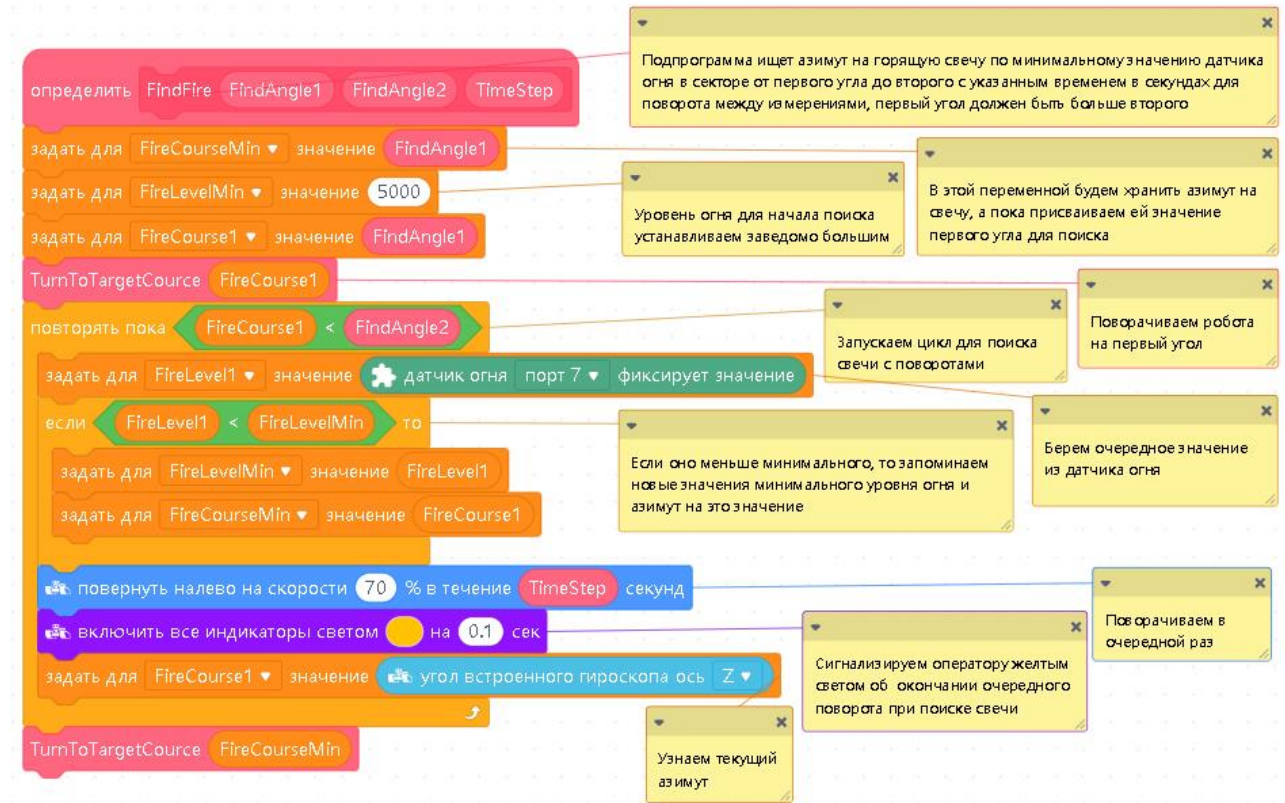


Рисунок 8. Подпрограмма FindFire.

Основная программа:

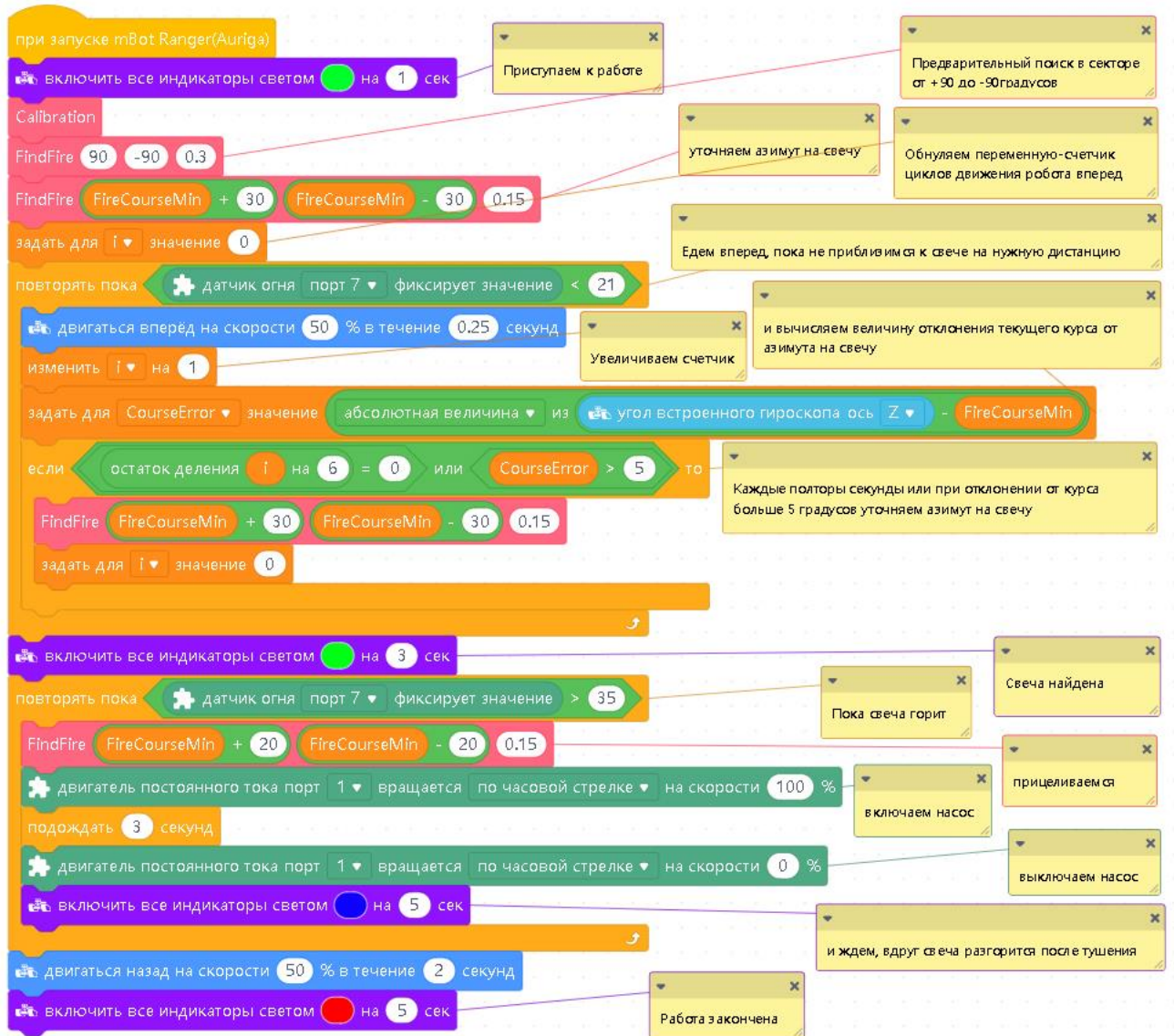


Рисунок 9. Основная программа.

Рассказ о предназначении робота

Задачей робота является обнаружение перед собой горячей свечи высотой 10-12 см и ее тушение при условии отсутствия препятствий.

История создания проекта

История началась с подарка мне на день рождения программируемого робототехнического набора mBot Ranger Robot Kit. На его основе можно собрать три разных модели роботов:

- Нервная птица – балансирующий робот-автомобиль, способный удерживать вертикальное равновесие на двух колёсах;
- Раптор-хищник – трехколесный гоночный автомобиль;
- Гусеничный вездеход – робот на резиновых гусеницах, предназначенный для перемещения по разнообразной местности и отличающийся повышенной проходимостью.

После последовательной сборки всех трех моделей за основу для пожарной машины был принят гусеничный вездеход.

Сначала была написана подпрограмма, разворачивающая робота на требуемый курс «TurnToTargetCourse» с подпрограммой настройки «Calibration». Это позволило писать небольшие программы для перемещения робота по простым траекториям, например, в виде квадрата.

Затем в магазине радиодеталей был приобретен набор датчиков для Arduino «37 в 1», где содержался датчик огня и реле для включения-выключения насоса. После изучения их конструкции и способа подключения к основной плате робота пришлось ехать в компьютерный магазин за коннекторами и проводами, а потом в магазин автозапчастей за водяным насосом, который брызгает на лобовое стекло автомобиля «ВАЗ-2109».

После подключения датчика огня была написана подпрограмма «FindFire» для поиска горящей свечи и определения ее азимута. Датчик огня имеет узкую направленность, что позволяет определить азимут с хорошей точностью, но при движении робота одна гусеница иногда пробуксовывает, что приводит к промаху мимо свечи. Поэтому в основную программу пришлось ввести проверку на отклонение от курса, если оно свыше 5 градусов, то производится дополнительное выполнение подпрограммы «FindFire». При удалении свечи на несколько метров точность определения азимута становится недостаточной, что также приводит к промаху робота мимо свечи, поэтому подпрограмма «FindFire» дополнительно запускается и по времени, через каждые полторы секунды. Для этого пришлось завести переменную-счетчик «i», увеличивающуюся на единицу при каждом выполнении цикла движения вперед. Этот цикл имеет длительность 0,25 секунды, поэтому подпрограмму «FindFire» нужно запускать, когда переменная «i» делится на 6 с остатком, равным 0.

Затем серией опытов было определено значение датчика огня, равное 21, при котором расстояние до горящей свечи подходит для ее тушения. За пределами задней части робота (чтобы не залить водой его электронные компоненты) был прикреплен насос с емкостью для воды и подключен согласно функциональной схеме. Приступили к опытам по тушению свечи.

Струя воды первоначально формировалась как в лейке, путем прокалывания иглой множества отверстий на изгибе шланга, заглушенного с одной стороны и подключенного к выходному патрубку насоса – с другой. На практике такой вариант давал пучок тонких струек воды, попадающих на фитиль горящей свечи лишь случайно. После нескольких опытов, убедившись в низкой эффективности этого варианта, было принято решение изготовить плоское сопло. Для этого небольшой обрезаек алюминиевой трубки диаметром 6 мм был расплюснен на одном конце до состояния узкой щели. Получившееся сопло было надето на шланг подачи воды и размещено в передней части робота так, чтобы вода, выходящая вертикальным веером, могла тушить свечи разной высоты. Этот вариант доказал свою высокую эффективность и был принят в работу.

Для компенсации возможного промаха в программе были предусмотрены небольшие повороты робота вправо-влево во время работы водяного насоса. Но по результатам экспериментов от этого отказались, так как точность

прицеливания оказалась достаточной, а вот время работы насоса было увеличено с 2 до 3 секунд.

Прочие сведения

Штатное напряжение для электропитания водяного насоса составляет 12 вольт, но за неимением небольшого и легкого аккумулятора с таким напряжением используется аккумулятор от велосипедной фары с выходным напряжением 8,4 вольт. В результате насос работает медленнее, чем на автомобиле, но этого достаточно, так как на автомобиле используется два сопла для мойки стекла, а на работе для тушения свечи – только одно.

Пожарная робототехника в России

О первом пожарном роботе нашей страны стало широко известно из сообщения ТАСС от 18 июня 1984 г. в газете «Правда». Первый пожарный робот создан специалистами из Карелии для защиты памятников деревянного зодчества музея «Кижичи». Это стало своеобразной точкой отсчета в создании нового направления техники борьбы с пожарами. При государственной поддержке в Петрозаводске была создана Лаборатория пожарных роботов, работающая в тесном контакте с УГПС Карелии, ВНИИ противопожарной обороны г. Москвы и ГПИ «Спецавтоматика» г. Ленинграда.

Изделия центра в 1986 году эффективно использовались для ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Когда случилась чернобыльская беда, то первый пожарный робот и еще два аналогичных экстренно изготовленных изделия по телеграмме министра МВД СССР Власова А.В. были направлены на ликвидацию последствий аварии на АЭС. В Чернобыле они в составе роботов из Бауманского МВТУ и ФРГ очистили значительную часть кровли на отметке 70,8 м от радиоактивных кусков и частей конструкций, спасли здоровье многих солдат химических войск, которым очистку приходилось делать вручную (см. Рисунок 10). В отзыве руководства Чернобыльской АЭС отмечена «глубокая перспективность» технических решений. Особенно актуальной для АЭС стала необходимость замены пожарных ствольщиков в опасных зонах, ведь большая часть пожарных, защищающих машинный зал Чернобыльской АЭС, погибла. На состоявшемся в Госкомитете по атомной энергии совещании по данной проблеме было принято решение об объединении усилий Лаборатории пожарных роботов г. Петрозаводска, Института физико-технических проблем и ВНИИ противопожарной обороны г. Москва по исследованию, разработке и созданию роботизированных пожарных комплексов для АЭС. И такой комплекс был создан на Ленинградской АЭС. К сожалению, в 90-е годы эти работы были свернуты. Но удалось сохранить научно-техническую базу и специалистов, которые не только не прекратили работы по этой тематике, но и расширили разработки по более востребованным изделиям ствольной пожарной техники, которая, как известно, относится к основным техническим средствам тушения пожаров.



Рисунок 10. Работы по перекрытию четвертого аварийного блока на Чернобыльской АЭС

В настоящее время ООО «Инженерный центр пожарной робототехники «ЭФЭР» выпускает роботизированные установки пожаротушения РУП, представляющие собой комплекс из двух и более пожарных роботов (пожарных роботизированных стволов) и системы программного управления. РУП обеспечивают автоматическое пожаротушение зданий, сооружений и наружных объектов в различных климатических условиях.



Рисунок 11. Роботизированная пожарная установка «Пеликан»

Компания НПО «Сибирский Арсенал» предлагает роботизированную пожарную установку «Пеликан» (см. Рисунок 11), которая осуществляет пожаротушение в режиме дистанционного управления направленной струёй воды, дальность которой может достигать 60 метров. Пожаротушение может выполняться пеной.

Установка приспособлена к воздействию экстремально высоких температур.

Проведение пожаротушения в условиях, при которых обычные методы пожаротушения не могут быть использованы для немедленного противодействия стихии:

- в железнодорожных системах массовых перевозок

- авто-, железнодорожных и пешеходных туннелях
- на железнодорожных станциях
- крытых автостоянках
- и других ЧС, которые могут подвергнуть опасности жизни и здоровья людей, причастных к ликвидации ЧС.

Таким образом, разработка и создание роботизированных систем пожаротушения в России активно развивается.

Выводы

Изучены проблемы по необходимости роботов предназначенных для работы в зонах повышенного риска для жизни человека.

Ознакомились с существующими роботами в России для борьбы с пожарами.

Изучены свойства используемых датчиков огня и гироскопа.

В процессе реализации проекта придерживались разработанного плана.

Сконструирован и запрограммирован пожарный робот на основе базового робототехнического набора mBot Ranger Robot Kit фирмы «Makeblock».

Проведены эксперименты и прошла доработка модели в соответствии с выявленными проблемами конструкции.

Отснято видео с устной презентацией проекта, где продемонстрирована работоспособность робота пожарного набора mBot Ranger Robot Kit фирмы «Makeblock». Видео опубликовано: <https://disk.yandex.ru/i/usv1as7OdW-6bw>
Подготовлен презентационный материал.

Результаты работы представлены на Республиканском Фестивале «Молодые профессионалы в IT» в 2023 году. Учредителем конкурса является Министерство образования и науки Республики Хакасия, организатором – Центр цифрового образования «IT-куб» – структурное подразделение ГБПОУ РХ «Хакасский политехнический колледж». Материал подготовлен для участия в Международных соревнованиях по робототехнике Roboskills 2023 International Robotics Competitions. (Отборочный этап РобоФинист 2023 Петрозаводск. Отборочный этап RoboCup Russia в Республике Карелия).

Список литературы

1. ARDUINOVFSTER Российское ардуино-сообщество. Уроки Ардуино- URL: <https://arduinomaster.ru/uroki-arduino/mblock-dlya-arduino-kak-skachat-s-chego-nachat/>(дата обращения:22.02.2022)
2. Инструкция Makeblock mBot Ranger BT (09.00.92) - F.ua - URL: https://f.ua/statik/files/products/makeblock/mbot-ranger-bt-09-00-92_9277.pdf (дата обращения:04.02.2022)
3. ООО «Инженерный центр пожарной робототехники «ЭФЭР» Главная / О компании /История- URL: <https://firerobots.ru/company/history> (дата обращения:16.02.2023)
4. Пожарный робот «Пеликан» Официальный сайт компании НПО «Сибирский Арсенал»- URL: https://arsenal-sib.ru/pozharnyj_robot/pozharnyj_robot/pelikan/(дата обращения:27.02.2023)
5. Робототехнический набор Makeblock mBot Ranger Robot Kit (Bluetooth Version) (90092)"Принтер-Плоттер.ру"Главная / Презентационное оборудование / Робототехника / - URL:<https://printer-plotter.ru/prezentacionnoe-oborudovanie/robototekhnika/makeblock-mbot-ranger-robot-kit-bluetooth-version/>(дата обращения:03.02.2022)