

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ

Президентский физико-математический лицей №239

РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА “РОБОТ-АКТЁР”

Работу выполнил
обучающийся 10-7 класса
ГБОУ Президентского ФМЛ №239
Кутузов Всеволод Александрович

Руководитель проекта
Педагог дополнительного образования ПФМЛ №239
Хартанен Александр Вячеславович

Санкт-Петербург

2021

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Основная часть	
Глава 1. Теоретическая часть	6
1.1 Анализ прототипов и историческая справка	7
1.2 Изучение экспертного мнения	8
1.3. Окончательная формулировка задач	9
1.4 Выбор модели прототипа робота	11
1.5. Требования, которым должен удовлетворять прототип	16
1.6. Исследование свойств материалов и способов соединения	16
Глава 2. Технологическая часть	17
Конструкторско-технологический этап	
2.1. Техническая документация	17
2.2. Техническая дизайн-спецификация	17
Глава 3. Эколого-экономическая часть	25
3.1. Экономический расчет	25
3.2. Экологическая оценка проекта	26
Глава 4. Оценка проекта	
4.1. Самооценка изготовленного проекта и процесса работы над проектом	27
Список использованной литературы и источников	28
Приложения	29-30

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность

Робототехника - прикладная наука, занимающаяся разработкой автоматизированных технических систем и являющаяся важнейшей технической основой развития современного мира. Роботы на производстве и в быту давно перестали быть чем-то необычным. В данное время встает вопрос о включении роботов во все сферы жизни, включая искусство.

Вопрос об организации взаимодействия робота и человека уже давно вышел за рамки выполнения робота каких-либо функций, замены человека в сложных, тяжелых условиях. Сейчас разработчики активно исследуют возможность создания роботов, способных общаться, передавать эмоции, обучать и развлекать.

Появление понятия «Роботизированное искусство» (англ. Robotic art) - привело к появлению инсталляций, перформансов и театральных постановок, в которых используются роботы в качестве исполнителей. Таким образом, актуальной становится разработка технических решений, способных взять на себя роль актеров в этой новой реальности индустрии развлечений.

Данный вид искусства является также одной из дисциплин международных соревнований RoboCup Junior OnStage, в которой детские и подростковые команды робототехников создают 3-5 минутные театральные постановки с участием роботов-актеров и людей. В задачи входит написание сценария, создание конструкции и программного кода автономных роботов актеров и показ театральной постановки на сцене.

RoboCup — это некоммерческий, научный и культурный проект по продвижению искусственного интеллекта, робототехники и других связанных областей науки и техники посредством организации и проведения робототехнических соревнований [5].

В данном исследовании мы рассмотрим вопрос о создании роботизированного устройства, которое может работать автономно, выполняя заданную программу и взаимодействовать с другими роботами и людьми, выполняя функцию одного из актеров в театральной постановке по произведению ленинградского писателя Евгения Шварца «Сказка о потерянном времени».

Объект исследования – эффективное устройство, способное работать автономно, взаимодействовать с другими роботами и людьми и выполнять функцию актера по заданному сценарию.

Предмет исследования – прототип роботизированного устройства, технического решения, которое демонстрирует возможности взаимодействия типа “робот-человек” и “робот-робот”, а также выступает актёром на сцене, решая эстетические и нравственные задачи.

Новизна заключается в создании полностью автономного аппарата, способного решать поставленные задачи, то есть действовать и взаимодействовать по типу «робот-робот» и «робот-человек» в рамках заданного сценария. Кроме того, устройство должно иметь эстетичный внешний вид, который удовлетворяет условиям сценария и может частично трансформироваться в процессе представления по команде.

При этом робот-актер является универсальным, может быть перенастроен и перепрограммирован для других условий работы и для решения других задач, связанных с аналогичными функциями.

Цель:

Создание технического решения, которое демонстрирует возможности взаимодействия типа “робот-человек” и “робот-робот”, а также выступает актёром на сцене, решая эстетические и нравственные задачи.

Задачи:

Для реализации проекта были поставлены следующие задачи:

- Разработать корпус робота-актера
- Разработать механум колеса для передвижения робота по сцене во всех направлениях
- Разработать руку робота, по виду и функциям аналогичную человеческой, способную удерживать и перемещать реквизит
- Разработать систему датчиков для организации порядка движения и остановок робота на сцене в соответствии с требованиями сценария
- Разработать поворотный механизм для смены внешнего образа робота-актера для решения эстетической задачи представления
- Создать программный код
- По результатам отладки робота внести нужные изменения в программный код и конструкцию робота

Для этого понадобятся навыки конструирования, программирования, моделирования, умение пользоваться необходимым программным обеспечением ПК.

Методы

При работе над проектом используются метод структурно-функционального анализа, системного анализа, морфологического анализа, метод прототипирования; использованы также общенаучные методы анализа, синтеза, сравнения и обобщения.

Основная часть

Глава 1. Теоретическая часть

1. ПОИСКОВО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЭТАП.

1.1 Анализ имеющихся решений и историческая справка

Роботизированное искусство (англ. Robotic art) - вид современного искусства, в котором используются технологии автоматизации или робототехники.

Первые роботоизированные инсталляции появились еще в 1970—1974 в Нидерландах, где Эдвард Игнатович продемонстрировал свою работу *Senster*. В ней использовались датчики и гидравлические приводы, которые реагировали на звук и движения людей, оказавшихся рядом.[6]

Роботизированные инсталляции запрограммированы на взаимодействие со зрителем благодаря наличию датчиков и исполнительных устройств. Поведение таких инсталляций может меняться в зависимости от действий зрителя или желания художника, что отличает подобные произведения от других произведений кинетического искусства.

Пионером андеграундного роботизированного искусства считается Survival Research Laboratories из Сан-Франциско. Также в Сан-Франциско работали OmniCircus Фрэнка Гарви и Amorphic Robot Works Чико Макмертри, которые были одними из первых роботизированных музыкально-театральных групп, в которых актёры, танцоры и музыканты работали вместе с механическими исполнителями.

В Европе роботизированное искусство также получило свое развитие: в 2007 году немецкая группа художников RobotLab использовала

промышленных роботов KUKA для публичных выступлений, а группа Juke Bots создала инсталляцию, в которой две роботизированные руки создают музыку, манипулируя пластинками на проигрывателе. [7]

С 2002 года шоу ArtBots проводит регулярные выставки робототехники, на которых представлены работы художников со всего мира. В 2014 году в парижском Городке науки и индустрии в 2014—2015 годах прошла выставка под названием «Роботизированное искусство». В 2018 году в Большом дворце в Париже состоялась выставка Artists & Robots, на которой были представлены работы, созданные с помощью роботов более чем сорока художниками.

Как мы видим, развитие роботизированного искусства идет по всему миру и поддерживается выставками и соревнованиями, одно из которых – RoboCup Junior OnStage – предлагает юным робототехникам создавать театральные постановки с участием роботов и ежегодно представлять их на национальных и международных соревнованиях. Россия также ежегодно проводит чемпионат RoboCup, включающий в себя дисциплину OnStage (На Сцене), победители участвуют в международных соревнованиях.

1.2 Изучение экспертного мнения

Изучив имеющиеся на сегодняшний день решения по созданию театральных постановок и перформансов с участием роботов, можно отметить следующее.

На данный момент, творчество с использованием технологий

автоматизации или робототехники является новой и малоизученной областью современного искусства. С одной стороны, отсутствие канонов и регламентов как таковых способствует появлению новых объектов, в полной мере раскрывающих креативность автора. С другой стороны, отсутствие готовых, стандартных решений заставляет создателей искать новые пути, использовать весь арсенал доступных технических средств, сочетать различные технологии взаимодействия, изучать возможности использования машинного зрения, искусственного интеллекта, самостоятельно моделировать недостающие детали конструкций.

Ожидается, что использование роботов-актеров в будущем позволит не только развить интерес к современному искусству, но и откроет новую страницу в изучении границы возможностей взаимодействия робота и человека.

В России в настоящее время роботы используются в основном в микроэлектронике и машиностроении, так что создание и изучение возможностей роботов-актеров может найти отражение не только в индустрии развлечений, но и в создании современного образовательного контента для детей и взрослых. [8]

1.3 Окончательная формулировка задач

Требуется разработать техническое решение, которое демонстрирует возможности взаимодействия типа “робот-человек” и “робот-робот”, а также выступает актёром на сцене, решая эстетические и нравственные задачи.

Робот должен уметь работать автономно, используя программу, а также должен обладать возможностью реагировать на действия других роботов актеров и людей на сцене и изменять порядок действий в соответствии с этим.

Робот также должен обладать достаточной свободой перемещения в пределах сцены во всех направлениях. Робот должен уметь успешно передвигаться в условиях заданного пространства, совершать очень точные движения (перемещения, манипуляции) в соответствии с заданными характеристиками. Он также должен обладать возможностью бесконтактного распознавания задания.

Также необходимо оснастить робота механической рукой, способной удерживать и перемещать реквизит в соответствии с требованиями сценария.

Робот должен решать эстетические задачи и обладать возможностью трансформации внешнего образа. Необходимо создать поворотный механизм, который заставляет робота менять внешний вид и поворачивать голову нужной стороной по сценарию пьесы.

С учетом экологических требований выбор электродвигателя (аккумуляторные батареи) является оптимальным.

Для успешной реализации проекта потребуется знание робототехники. Она опирается на такие дисциплины, как электроника, физика (механика, электрика), программирование. Также потребуются навыки технического дизайна, конструирования, знание электротехники.

1.4 Выбор модели прототипа робота

Модель робота разработана с учетом тех задач, которые робот выполняет на сцене. Основание является устойчивой мобильной конструкцией, способной перемещаться в различных направлениях.

На основании робота с помощью специальных креплений установлены четыре мотора, на которые установлены четыре самодельных механум колеса.

На основание робота установлен корпус верхней части. Верхняя часть состоит из фанерной конструкции, двух рук, костюма и головы робота. Также на верхней части закреплена электроника робота.

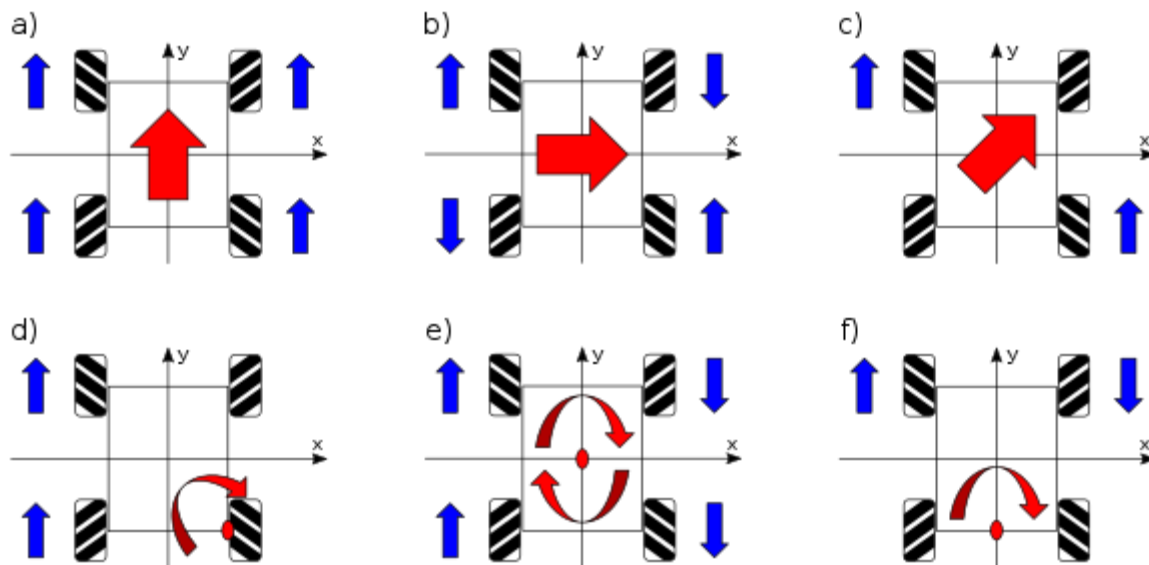
Механум колесо

Механум колесо представляет собой колесо для наземного транспортного средства, позволяющее ему двигаться любом направлении. Его иногда называют колесом Илона в честь его изобретателя, Бенгта Илона.

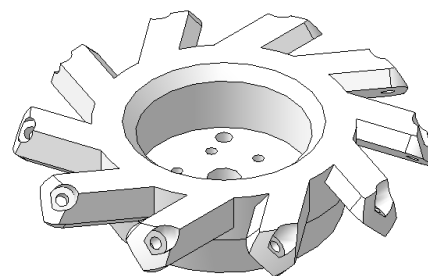
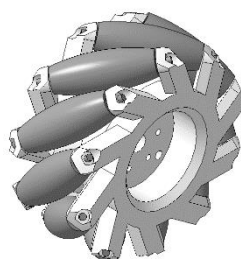


Механум колесо состоит из обода и из серии роликов. Каждый ролик имеет ось вращения под углом 45 градусов к плоскости колеса и под углом 45 градусов к оси вращения колеса.

Для передвижения конструкции на механум платформе в любых направлениях, следует вращать колёсами так, как показано на рисунке ниже. (синие стрелки – направление вращения колёс, красная – соответствующее направление движения робота)



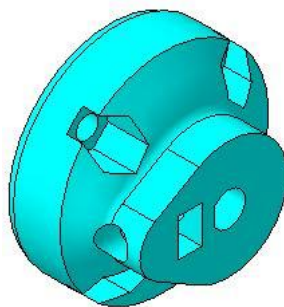
Для данного проекта были самостоятельно созданы механум колеса.



Проектирование происходило в САПре КОМПАС 3D 15.2v. На колесе установлено 10 роликов. Каждый ролик одет на стойку из пластика, которая, в свою очередь, одета на винт М3.



Для того чтобы прикрепить механум колесо к валу мотора, был также спроектирован фланец.



Все детали колеса были изготовлены с помощью 3D принтера. Обод колеса был напечатан из ABS пластика. Ролики и фланец - из PLA пластика.

Код

Программный код для робота актера был создан в двух средах программирования: Arduino IDE, ROBOTC.

Основные функции кода:

Arduino IDE

```
////////////////////////////////_regulator velocity////////////////////////////////////
int vel(int16_t spd, uint8_t encNumb)
{
    int err = ((millis() - myTimer2) * 0.001 * (spd)) - nMotorEncoder[encNumb];
    return err * K_PROP;
}
```

Регулятор скорости моторов

```
void mecmove(float des_angle, float des_vel, float des_rotation)
{
    float rad_des_angle = radians(des_angle);

    Aspeed = des_vel * sin(rad_des_angle + M_PI_4) + des_rotation;
    Bspeed = des_vel * cos(rad_des_angle + M_PI_4) - des_rotation;
    Cspeed = des_vel * sin(rad_des_angle + M_PI_4) - des_rotation;
    Dspeed = des_vel * cos(rad_des_angle + M_PI_4) + des_rotation;
    motorA.set( vel( Aspeed , 0));
    motorB.set( vel( -1 * Bspeed , 1));
    motorC.set( vel( -1 * Cspeed , 2));
    motorD.set( vel( Dspeed , 3));
}///
```

Функция управления моторами

Указанные выше функции находятся в программном коде, загруженном на Arduino Mega 2560.

ROBOTC

```
nMotorEncoder[motorC] = 0;
int oldEncC = nMotorEncoder[motorC];
motor[motorC] = 20;
do{
    oldEncC = nMotorEncoder[motorC];
    delay(100);
}while (nMotorEncoder[motorC] > oldEncC);
motor[motorC] = -20;
while (nMotorEncoder[motorC] > (oldEncC - 15))
    delay(100);
motor[motorC] = 0;
```

Калибровка мотора, движущих голову и костюм робота

```
motor[motorB] = -20;
delay(500);
motor[motorB] = 0;

nMotorEncoder[motorA] = 0;
motor[motorA] = 20;
int oldEncA = nMotorEncoder[motorA];
do{
    oldEncA = nMotorEncoder[motorA];
    delay(
        100);
}while (nMotorEncoder[motorA] > oldEncA);
motor[motorA] = 0;

nMotorEncoder[motorB] = 0;
int oldEncB = nMotorEncoder[motorB];
motor[motorB] = 25;
do{
    oldEncB = nMotorEncoder[motorB];
    delay(100);
}while (nMotorEncoder[motorB] > oldEncB);
motor[motorB] = -20;
while (nMotorEncoder[motorB] > (oldEncB - 210))
    delay(1);
motor[motorB] = 0;/**/

motor[motorA] = -20;
while (nMotorEncoder[motorA] > (oldEncA - 150))
    delay(1);
motor[motorA] = 0;
```

Калибровка моторов, движущих руки робота.

1.5. Требования, которым должен удовлетворять прототип

Созданный прототип робота должен обладать:

- функциональным и эстетичным внешним видом
- прочностью, надежностью соединений узлов
- возможностью модифицировать конструкцию и программу

1.6. Исследование свойств материалов и способов соединения

Основой платформы робота является деталь из фанеры (6 мм), поставленная на четыре колеса, прикрепленных с помощью пластиковых фланцев к моторам из набора TETRIX MAX, приводящим в движение конструкцию.

Колеса самостоятельно спроектированы и изготовлены из пластика с помощью 3d принтера.

На платформе установлена верхняя часть робота-актера из фанеры. К ней с обратной стороны прикреплены электронные платы, контроллеры, стабилизаторы, управляющие работой робота.

Механические руки робота созданы из пластика с использованием деталей набора Lego Mindstorms и закреплены металлическими винтами.

Голова создана из готового пластикового манекена, дополнена и доработана для получения эстетически правильного эффекта. Она обладает поворотным механизмом, состоящим из фанерных шестеренок и мотора, приводящего ее в действие.

Глава 2. Технологическая часть

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП

2.1. Техническая документация

2.1.1 Подбор инструментов и оборудования

Для реализации проекта был выбран образовательный конструктор LEGO Education Mindstorms EV3, а также самостоятельно изготовленные детали.

Для создания конструкции потребовалась фанера толщиной 4 и 6 мм, программное обеспечение КОМПАС-3D v15 для создания электронного чертежа, лазерный станок для резки фанеры с ЧПУ, 3D принтер.

2.2. Техническая дизайн-спецификация

Таблица 1

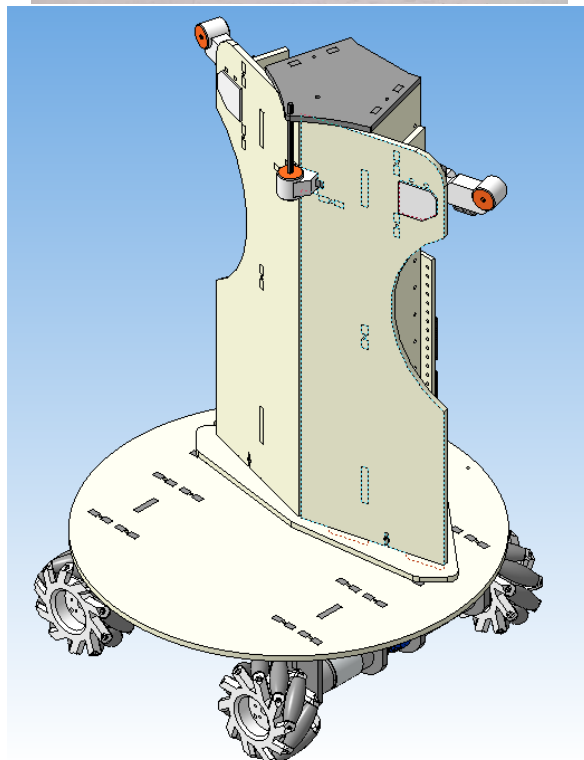
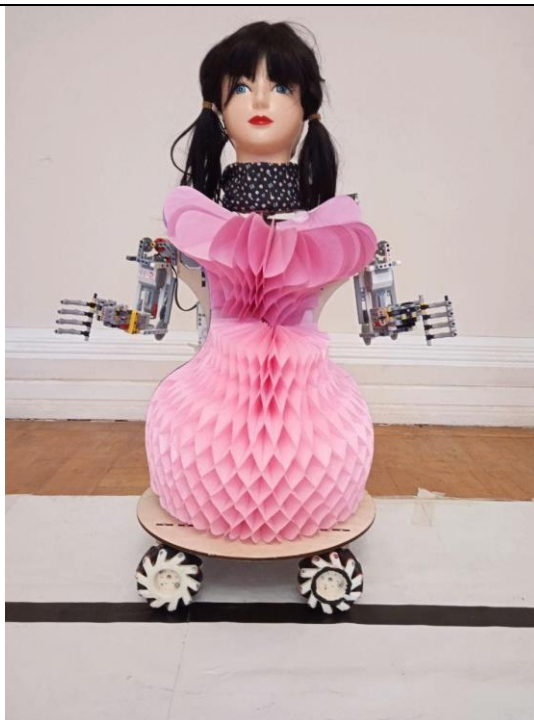
Техническая дизайн-спецификация робота

Критерии	Спецификация
Наименование изделия	Робототехническая платформа «Робот-актер»
Для кого предназначено	Для участия в театральной постановке, в соревнованиях, для всех, интересующихся данной проблемой
Функциональное назначение	Выполнять функции в соответствии со сценарием представления

На удовлетворение каких потребностей направлено	Создание универсального устройства, которое будет автономно управляться и моделировать функции актера театра
Из какого материала	Пластик, металл, фанера

Какие дополнительные материалы используются	Набор проводов (из набора LEGO Mindstorms Ev3), датчики, аккумулятор (КРАВТ 4S), картон, бумага
Инструменты и приспособления	Электромеханический конструктор LEGO Education Mindstorms, ПК с программным обеспечением ROBOTC и Arduino IDE

Внешний вид



Сборка деталей робота, создана в САПРе КОМПАС
3D

Сложность изготовления	<p>Конструирование – сложное</p> <p>Программирование - сложное</p>
Какие требования охраны труда необходимо соблюдать при изготовлении	<p>Аккуратность при работе с программным блоком и в работе с проводами. Ограничения: нельзя ронять, мочить, разбирать, в работе с проводами - нельзя мочить, чрезмерно натягивать, неправильно соединять.</p>

Глава 3. Эколого-экономическая часть

Практическая значимость робота

Данный робот может иметь широкий спектр применения:

- в качестве робота-актера при создании современных роботизированных театральных постановок
- для отработки алгоритмов взаимодействия типа «робот-робот» и «робот-человек»
- для развития направления «социальная робототехника»

3.1 Экономический расчет

Набор «Электромеханический конструктор LEGO

Education Mindstorms EV3 Образовательный набор

45544»:

- 2 контроллера Ev3 – 13900 рублей (за штуку)
- 5 больших моторов – 5000 рублей (за штуку)
- 2 средних мотора – 3080 рублей (за штуку)

4 Мотора TETRIX MAX по 3000 рублей

Фанера 4/4 ФК 1525x1525x 4 мм НШ (влагостойкая) –

350 руб. за лист

Электронный компоненты:

- Arduino Mega 2560 – 2 530 рублей
- Seeeduino Mega (аналог Arduino Mega) - 4 070 рублей
- 2 драйвера двигателей Pololu Dual VNH5019 – 7602 рублей (за штуку)
- 2 ультразвуковых приемопередатчика HC-SR04 – 490 рублей (за штуку)
- 1 понижающий преобразователь напряжения PowerDesk M3 XL2596S 5V DC-DC – 129 рублей (за штуку)

Общая: 93745 рублей

3.2. Экологическая оценка

Природосбережение

- Робот не выделяет CO₂, он использует электрическую энергию (аккумуляторы)
- Используемые наборы LEGO Education Mindstorms EV3 предназначены для творчества, для использования в образовательных учреждениях. Пластик, оплетки проводов, другие элементы не токсичны. Наборы имеют все необходимые лицензии и сертификаты. Аккумуляторы имеют возможность многократной подзарядки и являются приборами долговременного использования. После окончания срока работы утилизируются в соответствии с требованиями к утилизации аккумуляторов батарей. В данном случае, могут быть сданы в рамках экологической акции по сбору батареек и аккумуляторов.
- Фанера, используемая для изготовления конструкции, не токсична, в процессе работы робота не наносит вред окружающей среде.

4. Заключительная часть

4. Оценка проекта

4.1. Самооценка

В процессе работы над проектом я улучшил свои навыки программирования в среде Arduino IDE и ROBOTC, моделирования 2D и 3D объектов в программе КОМПАС-3D v15.

Как проект может быть улучшен?

В будущем можно улучшить эстетический вид робота, придав его рукам более человеческие черты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ и ССЫЛКИ 1. Г.Н. Татко,

О.В. Будникова, Г.В. Пичугина Творческий проект по технологии
(написание, оформление пояснительной записки и защита творческих работ
учащимися общеобразовательных организаций).

Методические рекомендации. М.: ИИУ МГОУ, 2017.

2. Филиппов С.А. Робототехника для детей и родителей. – СПб: Наука, 2013.

3. Хотунцев Ю.Л., Шмелев В.Е., Заенчик В.М. Учебное и творческое проектирование по технологии: теоретические основы и практические рекомендации учителям и обучающимся. М., Изд-во «Прометей», 2015. 4.

<http://docs.cntd.ru/document/gost-7-32-2001-sibid> ГОСТ 7.32-2001 СИБИД.

Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления
(с Изменением N 1), введен 2002-07-01 (ссылка верна на 11.11.2020)

5. RoboCupJunior OnStage - Rules 2021/

<https://ore.ucsp.edu.pe/wpcontent/uploads/2021/08/robocup-junior-2021-OnStage-rules-draft.pdf>

6. Wolff. A Homage to a Homage, Destruction at Its Core, The New York Times
(April 6, 2011).

7. KUKA robots are in the house. KUKA (12
March 2007). <https://www.kuka.com/ru>

8. Макаров И. М., Топчеев Ю. И. Робототехника: История и перспективы.
— М.: Наука; Изд-во МАИ, 2003. — 349 с. — (Информатика: неограниченные
возможности и возможные ограничения). — ISBN 5-02-013159-8.

Приложение 1

ТЕРМИНЫ

Дизайн-спецификация – перечень критериев (характеристик), которым должно соответствовать изделие, чтобы удовлетворить потребности пользователя.

Морфологический анализ (метод морфологического анализа) — метод решения задач, основанный на подборе возможных решений для отдельных частей задачи (так называемых морфологических признаков, характеризующих устройство) и последующем систематизированном получении их сочетаний (комбинировании).

Роботизированное искусство (англ. Robotic art) — в широком смысле вид искусства, в котором используются технологии автоматизации или робототехники.

Приложение 2

Паспорт робота

1. Наименование: Робототехническая платформа «Робот-актёр»
2. Габариты (мм): 400x400x850
3. Краткое описание: робот – актер для театральной постановки
4. Возможная область применения:
 - в качестве робота-актера при создании современных роботизированных театральных постановок
 - для отработки алгоритмов взаимодействия типа «робот-робот» и «робот-человек»
 - для развития направления «социальная робототехника»
5. Оценочная стоимость в рублях: 93745 рублей
6. Год создания: 2021 г.
7. Фамилия, имя, отчество автора: Кутузов Всеволод Александрович
8. Место учебы (объединение, класс, курс): ГБОУ Президентский ФМЛ №239 Санкт-Петербурга
9. Фамилия, имя, отчество руководителя, должность, постоянное место работы:
Хартанен Александр Вячеславович, педагог дополнительного образования
Президентский ФМЛ №239 Санкт-Петербурга.