

DOI: 10.32517/2221-1993-2022-21-5-88-94

В. А. Векслер*Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия*

РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ STEAM-ОБРАЗОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ О ДВИЖЕНИИ РОБОТОВ

Аннотация

В статье рассматривается практическое применение STEAM-концепции в рамках занятий по образовательной робототехнике. STEAM-образование представляет собой модель, объединяющую естественные науки и инженерные предметы в единую систему. В ее основе лежит интегративный подход: технологии, физику, инженерию, информатику и математику преподают не по отдельности, а в связи друг с другом для решения реальных технологических задач. Такой подход учит рассматривать проблемы в целом, а не в разрезе одной области науки или одной технологии. В статье для нахождения решения задач движения робота проводится полное математическое исследование, которое решает следующие вопросы: проблема прямолинейного перемещения робототехнической тележки, варианты ее поворота на месте (относительно центра или вокруг одного из колес), перемещения по круговым траекториям с частично известными параметрами (с заданным радиусом или движение по сектору круга неизвестного изначально радиуса при известных длине хорды и высоте подъема над хордой на середине участка). Результат апробируется через построение программы в среде TRIK Studio с демонстрацией результата виртуальным роботом.

Ключевые слова: STEAM, образовательная робототехника, робот, движение.

1. Введение

Сегодня образовательная робототехника становится одним из самых передовых направлений детского научно-технического творчества. Это новое междисциплинарное направление обучения, интегрирующее знания по физике, мехатронике, технологии, математике, кибернетике и информатике и позволяющее вовлечь в процесс инновационного творчества детей разного возраста. На рынке труда существует дефицит профессий инженерных специальностей. Необходимо начинать пробуждение интереса к точным наукам и массовую популяризацию профессии инженера, причем предпринимать такие шаги необходимо для детей с достаточно раннего возраста [4, 10]. Робототехника становится наиболее эффективным

методом для изучения важных областей науки, технологии, конструирования, моделирования, математики и входит в инновационную международную парадигму — STEAM-образование (от *англ.* Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics — наука, технология, инженерное дело, искусство, математика).

Сегодня STEAM-образование широко развивается как один из основных мировых трендов и базируется в основном на использовании междисциплинарного и прикладного подходов. Обязательными условиями STEAM-образования становятся его непрерывность и возможность взаимодействия детей в рабочих группах, где они могут вместе аккумулировать идеи.

Образовательная робототехника базируется на проектном методе, в основе которого всегда лежит ситуация

Контактная информация

Векслер Виталий Абрамович, канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры информационных систем и технологий в обучении, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия; *адрес:* 410012, Россия, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83; *e-mail:* vitalv74@mail.ru

V. A. Veksler

Saratov State University, Saratov, Russia

IMPLEMENTATION OF THE CONCEPT OF STEAM EDUCATION WHEN SOLVING PROBLEMS ABOUT THE MOVEMENT OF ROBOTS

Abstract

The article discusses the practical application of the STEAM concept in the framework of educational robotics classes. STEAM education is a model that combines the natural sciences and engineering subjects into a system. It is based on an integrative approach: technology, physics, engineering, informatics and mathematics are taught not separately, but in connection with each other to solve real technological problems. This approach teaches us to consider problems as a whole, and not in the context of one area of science or one technology. In the article, to find a solution to the problems of robot movement, a complete mathematical study is carried out, which solves the following questions: the problem of rectilinear movement of a robotic cart, options for turning it in place (relative to the center or around one of the wheels), moving along circular trajectories with partially known parameters (with a given radius or movement along a sector of a circle of initially unknown radius with a known chord length and lift height above the chord in the middle of the section). The result is tested by building a program in the TRIK Studio environment with a demonstration of the result by a virtual robot.

Keywords: STEAM, educational robotics, robot, movement.

познавательного и художественного поиска — как в получении знаний на основе личного опыта практической деятельности, так и в последующем применении полученных знаний в приоритетных видах деятельности: игре, конструировании, познавательно-исследовательской деятельности с элементами технического творчества [7]. Сегодня в школах уже активно используются технологии образовательной робототехники для раскрытия содержимого традиционных школьных дисциплин естественно-математического цикла [1, 2, 6].

Для работы в образовательных организациях можно использовать TRIK Studio [9] — среду графического программирования, которая позволяет создавать программы для LEGO MINDSTORMS NXT и EV3, конструктора TRIK. Программа также интересна тем, что может работать в режиме виртуального 2D-симулятора. Разрабатывая решение, можно отладить алгоритмы и лишь потом проверить их на реальном роботе. TRIK Studio становится тренажером для решения типовых и творческих задач.

2. Постановка задач о прямолинейном движении роботов и развороте

Задачи движения роботов широко исследуются на уроках физики. Школьники, интегрируя знания различных дисциплин, проводят лабораторные эксперименты, используя роботизированные тележки [3, 8].

Движение — одна из важнейших задач для робота. С физической точки зрения движение (механическое движение) — это изменение положения тела в пространстве относительно других тел с течением времени [5].

Рассмотрим предложенный интегративный подход в рамках решения упражнений по движению робота (при заданных условиях).

Поле передвижения робота задано на рисунке 1.

Ширина и высота клетки равны 17,5 см. Диаметр колеса — 5,6 см. Расстояние между осями — 14 см.

Стартовая зона робота обозначена красным кругом, финишная зона соответствует зеленому кругу.

Главная задача робота: объехав преграды, из стартовой зоны переместиться в финишную.

Ход движения робота:

- 1) Проехать прямо полторы клетки (26,25 см).
- 2) Развернуться на месте влево на 90 градусов.

3) Совершить движение по круговой траектории (полкруга), объехав первую преграду (радиус 26,25 см).

4) Совершить движение по круговой траектории (полкруга), объехав вторую преграду (радиус 26,25 см).

5) Развернуться на месте вправо на 90 градусов.

6) Проехать прямо полторы клетки (26,25 см).

Робот, на примере которого мы будем рассматривать реализацию движения, представляет собой двухмоторную тележку, имеющую два ведущих колеса и одно рулевое. Реализация движения основывается на энкодерной модели — на точном указании оборотов поворота колеса. Для обеспечения наибольшей точности движения робота будем рассчитывать длительность работы моторов в градусах. Зависимость движения от таймера не является точной, так как на движение могут влиять уровень заряда батареи, сила трения и т. п.

Произведем все необходимые расчеты для движения робота.

Вводные данные:

d — диаметр колеса;

r — радиус колеса;

c — расстояние между осями.

Задача 1. Прямолинейное движение робота.

За один поворот колеса проходит путь, равный $2\pi r$ или πd . Обозначим путь за s . Для передвижения робота по прямолинейной траектории мощности обоих моторов должны быть одинаковыми. Для определения количества оборотов колеса при прохождении пути s необходимо выполнить следующие вычисления:

$$\frac{s}{\pi d} \text{ (в оборотах) или } \frac{s}{\pi d} 360 \text{ (в градусах).}$$

Задача 2. Разворот относительно левого колеса на a градусов (разворот относительно правого находится аналогично).

Для разворота относительно левого колеса левое колесо (В) остается неподвижным (мощность 0), а правое колесо (С) движется с любой мощностью, большей 0.

Рассмотрим полный разворот с возвратом в исходную точку. Правое колесо при этом проходит путь, равный длине окружности с радиусом, равным расстоянию между осями робота. Полный путь равен $2\pi c$. Вычислим

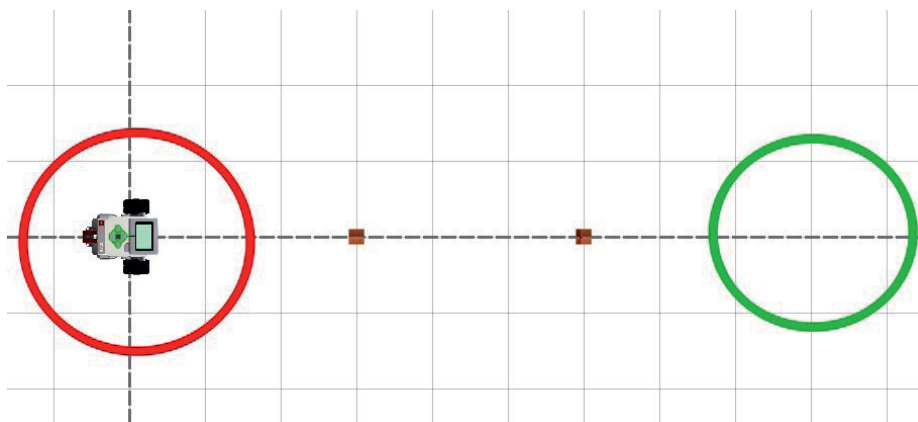


Рис. 1. Поле движения робота

количество оборотов колеса для прохождения полного разворота: $\frac{2\pi c}{\pi d} = \frac{2c}{d} = \frac{c}{r}$. Отражение этой величины в градусах: $\frac{c}{r} 360$.

Для поворота на угол a делим последнее выражение на 360 и умножаем на a . Итоговая формула:

- для оборотов: $\frac{ac}{360r}$;
- для градусов: $\frac{c}{r} a$.

Задача 3. Поворот относительно центра.

При данном повороте мощности обоих моторов должны быть обратными. Например, мощность $B = -30$, мощность $C = 30$. При этих условиях произойдет разворот влево. По энкодеру правого колеса C можно отследить поворот в градусах или оборотах как положительное число, по энкодеру левого колеса отследить можно эту величину с отрицательным знаком.

Задача похожа на предыдущую, но теперь путь уменьшился в два раза, радиус окружности полного разворота равен $\frac{c}{2}$.

Следовательно, получим:

- для оборотов: $\frac{ac}{360r \cdot 2} = \frac{ac}{360d}$;
- для градусов: $\frac{c}{r \cdot 2} a = \frac{c}{d} a$.

3. Постановка задач о движении роботов по круговым траекториям

Задача 4. Перемещение робота по круговой траектории с заданным радиусом.

При подаче различных мощностей на моторы робота он начинает описывать круговую траекторию. При решении задач движения робота нам необходимо описать частичную круговую траекторию с заданным радиусом [3, 5].

Мощность (она же скорость робота) описывается выражением: $v = \frac{s}{t}$.

Мощности моторов разные, пути, которые проходят соответствующие колеса, тоже разные. Пусть внешнее колесо описывает путь, равный s_1 , круговой траектории с радиусом r_1 . Тогда внутреннее колесо описывает путь, равный s_2 , круговой траектории с радиусом r_2 .

Центр робота описывает путь s круговой траектории с радиусом r_0 . При этом время t во всех случаях одинаковое.

Получаем зависимость:

$$v_1 = \frac{s_1}{t}; \quad v_2 = \frac{s_2}{t}; \quad \frac{v_2}{v_1} = \frac{s_2 t}{s_1 t}; \quad \frac{v_2}{v_1} = \frac{s_2}{s_1}.$$

Радиусы внешней, внутренней и центральной круговых траекторий взаимосвязаны:

$$r_1 = r_0 + 0,5c;$$

$$r_2 = r_0 - 0,5c.$$

Формулы для вычисления путей круговых траекторий внешнего и внутреннего колеса:

$$s_1 = 2\pi r_1 = 2\pi(r_0 + 0,5c);$$

$$s_2 = 2\pi r_2 = 2\pi(r_0 - 0,5c).$$

Подставим найденные пути в отношение скоростей (мощностей) моторов:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{s_2}{s_1} = \frac{2\pi(r_0 - 0,5c)}{2\pi(r_0 + 0,5c)} = \frac{r_0 - 0,5c}{r_0 + 0,5c}.$$

Тогда выразим зависимость скоростей:

$$v_2 = \frac{r_0 - 0,5c}{r_0 + 0,5c} v_1.$$

Теперь, беря случайным образом скорость внешнего мотора, при заданном радиусе круговой траектории мы можем вычислить скорость внутреннего мотора.

Осталось выяснить, сколько нужно задать оборотов колеса для того, чтобы проехать необходимую часть круговой траектории.

Полный оборот с возвратом в стартовую точку рассмотрим по внешнему колесу.

Путь полного оборота:

$$s_1 = 2\pi r_1 = 2\pi(r_0 + 0,5c).$$

Оборот колеса: πd .

Количество оборотов для прохождения полного пути:

$$\frac{2\pi(r_0 + 0,5c)}{\pi d} = \frac{2(r_0 + 0,5c)}{d} = \frac{r_0 + 0,5c}{r}.$$

Количество оборотов (в градусах) для прохождения полного пути:

$$\frac{r_0 + 0,5c}{r} 360.$$

Для прохождения части круговой траектории необходимо найти соответствующую долю. Например, если возникнет необходимость проехать половину траектории, то последние выражения делим на 2.

Если необходимо проехать определенный сектор, ориентируясь по центральному углу P сектора, последнее выражение необходимо умножить на P и разделить на 360.

После выполнения всех расчетов реализуем поставленную задачу.

1. Начало программы. Объявление всех переменных. Реализация прямолинейного движения (рис. 2).
2. Разворот робота на 90 градусов вправо (рис. 3).
3. Определение мощностей моторов в зависимости от радиуса. Первая круговая траектория (полукруга) — рисунок 4.
4. Вторая обратная круговая траектория (полукруг) — рисунок 5.
5. Разворот на 90 градусов вправо и заезд в финишную зону (рис. 6).

Поставленные задачи решены.

4. Постановка задачи об объезде преград

Рассмотрим возможность сразу из зоны старта начать круговое движение в центр между преградами, затем из центра обратное движение в центр финишной зоны. При этом робот должен совершить движение по сектору круга неизвестного изначально радиуса AO (рис. 7). Все, что нам известно, это длина хорды AC и высота подъема над хордой на середине участка BM .

Исходные данные:

L — длина хорды AC ;

H — BM — высота робота над центром хорды.

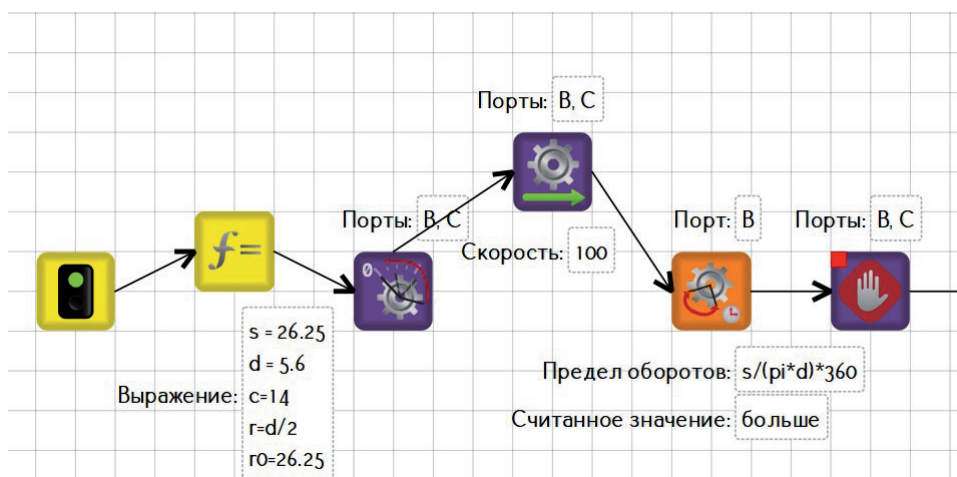


Рис. 2. Прямолинейное движение робота

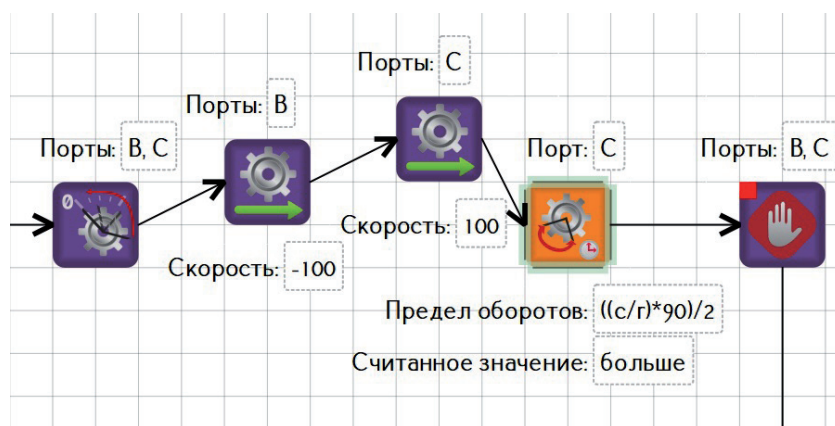


Рис. 3. Поворот на 90 градусов

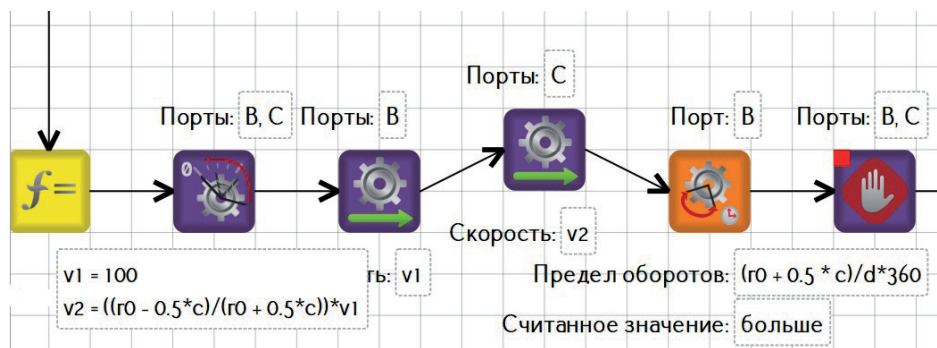


Рис. 4. Обезд первой преграды



Рис. 5. Обезд второй преграды



Рис. 6. Разворот и заезд в финишную зону

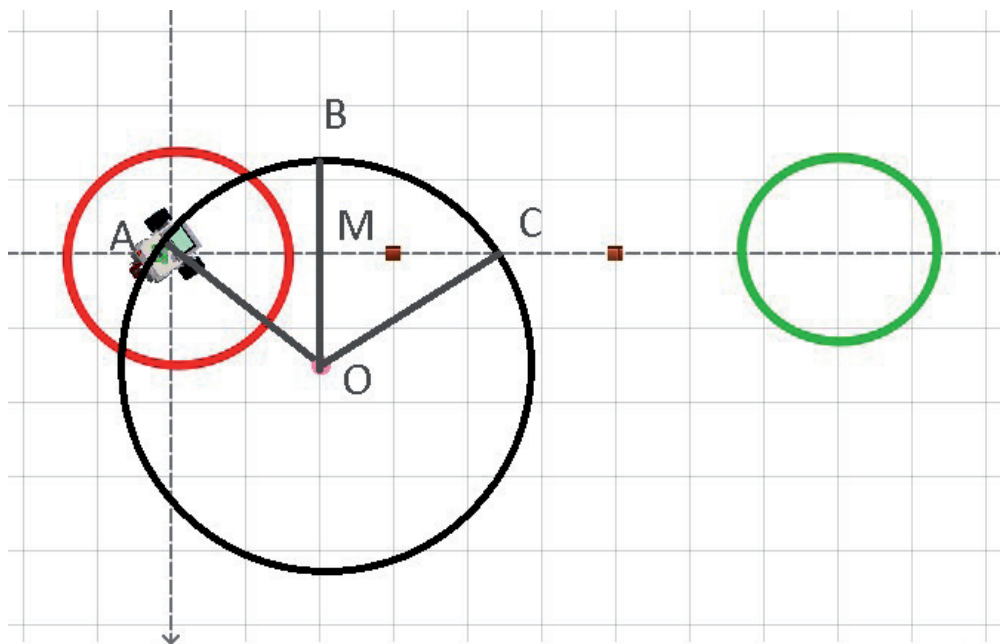


Рис. 7. Движение по сектору

Найти:

$R = AO = OB = OC$ — радиус окружности для круговой траектории движения робота.

Рассмотрим треугольник AMO . Он является прямоугольным. $AO = R$ — гипотенуза, катеты: $AM = \frac{L}{2}$ и $OM = R - H$.

По теореме Пифагора получим: $R^2 = \left(\frac{L}{2}\right)^2 + (R - H)^2$.

Раскрыв скобки и выразив R , получим: $R = \frac{L^2 + 4H^2}{8H}$.

Радиус окружности определен. При начале движения робот должен быть уже развернут на $\angle BAM$.

Выделим два способа определения угла:

$$1) \angle BAM = 90^\circ - \frac{H}{R}.$$

2) Тангенс угла — это отношение противолежащего (дальнего) катета к прилежащему (ближнему):

$$\tan(\angle BAM) = \frac{H}{\left(\frac{L}{2}\right)} = \frac{2H}{L}.$$

Угол поворота определен. Радиус окружности известен. Осталось определить длину сектора AC , который

нам необходимо проехать. Для этого придется определить $\angle AOC$.

Рассмотрим треугольник AOC , он равнобедренный, в нем OM — высота, биссектриса и медиана.

В прямоугольном треугольнике OAM :

$$\cos(\angle OAM) = \frac{AM}{AO} = \frac{\left(\frac{L}{2}\right)}{R} = \frac{L}{2R}.$$

$$\angle OAM = \arccos\left(\frac{L}{2R}\right).$$

Из равнобедренного треугольника AOC :

$$\angle AOC = 180^\circ - 2\angle OAM.$$

Длина окружности: $2\pi R$.

$$\text{Длина сектора в 1 градус: } \frac{2\pi R}{360}.$$

$$\text{Длина сектора в } x \text{ градусов: } \frac{2\pi R x}{360} = \frac{\pi R x}{180}.$$

Зная длину сектора, мы можем рассчитать количество оборотов колеса для его прохождения.

Приведем реализацию, состоящую из четырех действий:

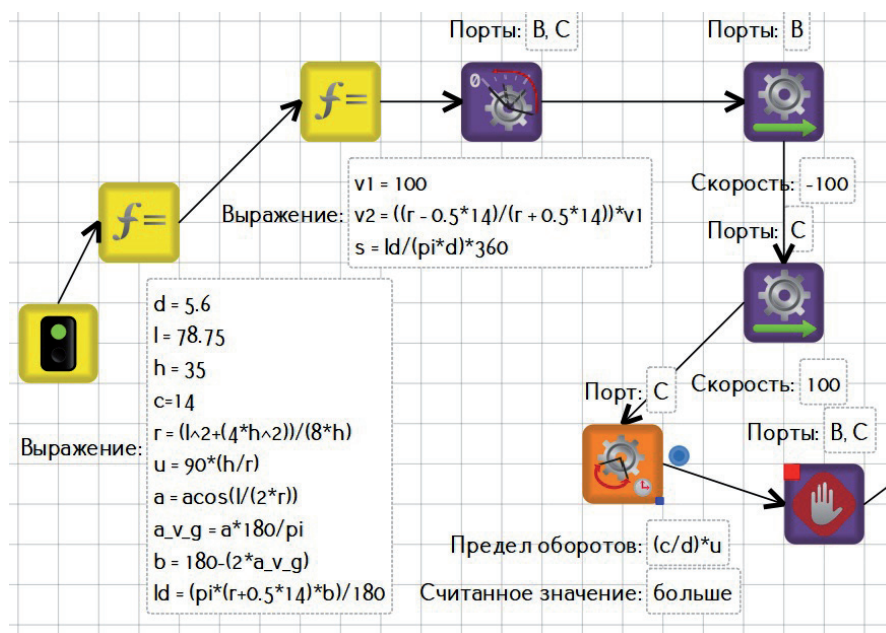


Рис. 8. Разворот к сегменту

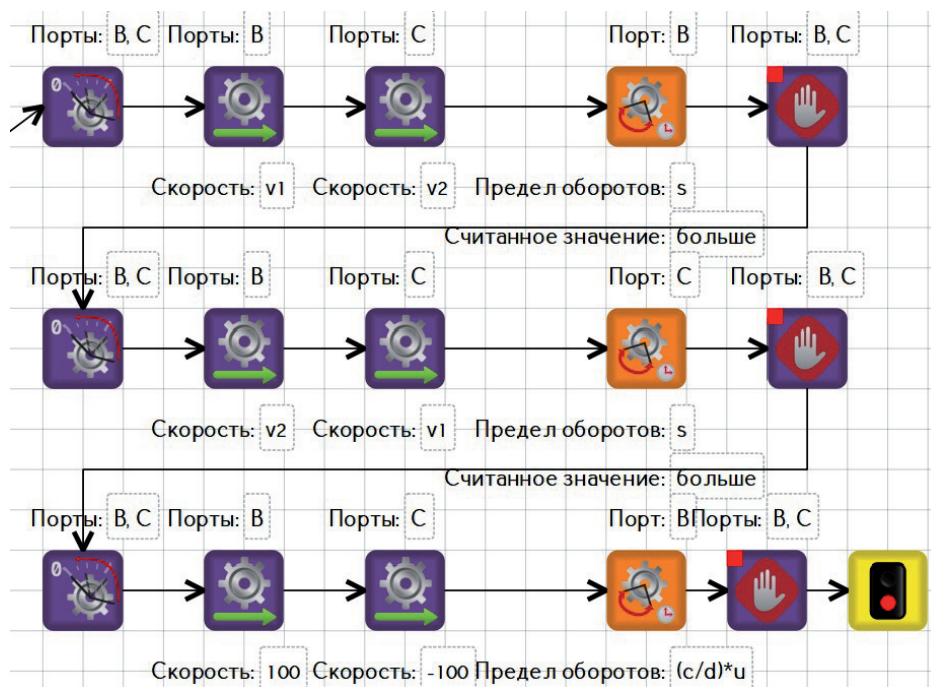


Рис. 9. Движение робота

- 1) поворот к первому сегменту;
- 2) движение по первому сегменту для объезда первого препятствия;
- 3) движение по обратному второму сегменту для объезда второго препятствия;
- 4) разворот в финишной зоне.

Определим:

- длину хорды — 78,75 см;
 - высоту сегмента над хордой — 35 см.
1. Определение всех параметров, констант. Разворот к первому сегменту (рис. 8).
 2. Движение по сегментам и разворот на финише (рис. 9).

Таким образом, представлены два варианта решения поставленной задачи движения робота.

5. Выводы

Робототехника становится универсальным интегративным инструментом для образования, позволяющим учащимся решать поставленные задачи, привлекая знания из разных дисциплин. Она легко вписывается и в дополнительное образование, и во внеурочную деятельность, и в преподавание основных дисциплин школьного курса (в предложенной реализации представленные задачи можно рассмотреть на занятиях по

геометрии), причем в полном соответствии с требованиями ФГОС. Образовательная робототехника направлена на популяризацию и развитие научно-технического творчества детей, повышение престижа инженерных профессий, развитие у учащихся практических навыков решения актуальных задач.

Список источников

1. Андрианова О. Г. Моделирование движения колесного робота по заданному пути // Наука и образование. 2010. № 10. С. 1–12.
2. Гагарина Д. А., Гагарин А. С. Робототехника в России: образовательный ландшафт. Ч. 1. М.: НИУ ВШЭ, 2019. 108 с.
3. Гилимьянов Р. Ф., Пестерев А. В., Рапопорт Л. Б. Управление движением колесного робота в задаче следования вдоль криволинейного пути // Известия РАН. Теория и системы управления. 2008. Т. 47. № 6. С. 158–165.
4. Горовенко Л. А., Москвитин А. А. Роль прикладных исследований в развитии новых технологий и основные проблемы развития инноваций в России // Прикладные вопросы точных наук: Материалы I Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, преподавателей. Армавир: ООО «Типография имени Г. Скорины», 2017. С. 13–15.
5. Кожин М. Г., Самохвалов Д. В. Применение роботизированных моделей на лабораторном физическом практикуме в 8 классах // Формирование инженерного мышления в процессе обучения. Материалы международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 7 апреля 2015 года) / отв. ред. Т. Н. Шамало. Екатеринбург: Урал. гос. пед. ун-т, 2015. С. 86–90.
6. Копосов Д. Г. Первый шаг в робототехнику. Практикум для 5–6 классов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 292 с.
7. Образовательная робототехника в научно-техническом творчестве школьников и студенческой молодежи: опыт, проблемы, перспективы // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (25–26 апреля 2019 года). Армавир: РИО АГПУ, 2019. 216 с.
8. Пономарева Ю. С., Шемелова Т. В. Практикум по основам робототехники. Задачи для LEGO MINDSTORMS Nxt и EV3. Волгоград: Волгоградский государственный социально-педагогический университет, 2016. 36 с.
9. Среда TRIK Studio. <https://trikset.com>
10. Филиппов С. А. Робототехника для детей и родителей. М.: Наука, 2013. 319 с.