

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Инженерно-конструкторское направление.

Инженерно-конструкторский профиль.

**Командный кейс №3 "БЕЛАЗ – роботизированная транспортная система"**

---



## 1. Формулировка задачи (условия)

При добыче полезных ископаемых открытым способом применяются самые большие карьерные автосамосвалы. Их грузоподъемности могут быть до 450 тонн, а их полная масса при загрузке – до 840 тонн. В условиях высокопроизводительного и опасного производства появляется необходимость внедрения роботизированных автосамосвалов. На горных предприятиях автосамосвалы перевозят различные типы грузов на расстояния до 5-7 км. На горном предприятии возможна загрузка автосамосвалов различными грузами: полезным ископаемым или, например, пустой горной породой. Причем плотность пустой породы может быть существенно больше плотности полезного ископаемого, а из-за этого его масса при одном объеме значительно выше. С учетом того, что автосамосвалы выезжают из карьера по трассам с большими уклонами дороги, то важным является загрузка горной массы, не превышающей грузоподъемность автосамосвала. В связи с этим разработка роботизированной системы для погрузки различных видов грузов в большегрузные автосамосвалы является актуальной практической задачей.

Кейс " БЕЛАЗ – система доставки грузов " был разработан совместно со специалистами ТД «БЕЛАЗ» в соответствии с современными требованиями, предъявляемыми условиями горного производства относительно создания роботизированных систем процесса перевозки добытых горных пород.

В рамках данного кейса участникам предлагается разработать роботизированную систему доставки грузов с автоматической погрузкой автосамосвала грузами в виде кубиков, имитирующими крупные блоки, и его последующим движением для доставки грузов в ручном (с пульта управления) или в автоматическом режиме.

## 2. Требования к продукту (регламент, ТЗ)

Главной задачей является разработка системы доставки грузов, в которую входит погрузочное устройство и автосамосвал.

Предлагается разработать систему доставки грузов любого конструктивного исполнения, со следующими требованиями:

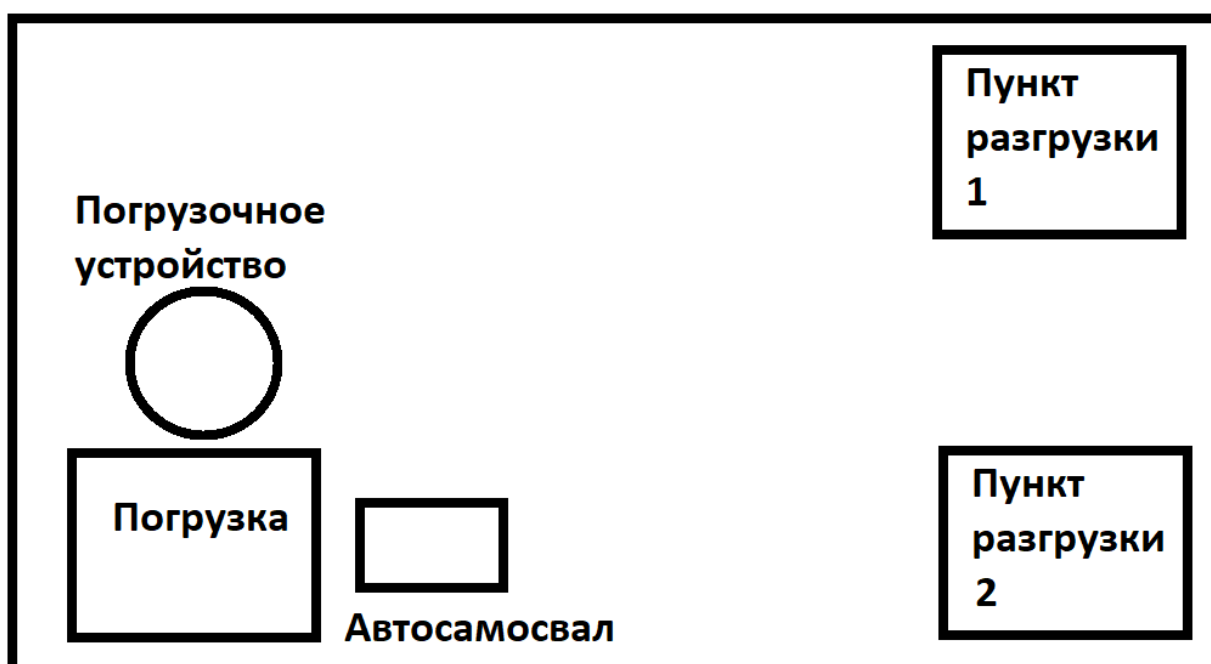
# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Инженерно-конструкторское направление.

Инженерно-конструкторский профиль.

## Командный кейс №3 "БЕЛАЗ – роботизированная транспортная система"

1. Должна быть подготовлена испытательная площадка размерами 2x2 м. На площадке размещается пункт погрузки и два пункта разгрузки (пункт 1 и пункт 2) в произвольных местах, находящихся в пределах испытательной площадки, но не граничащие друг с другом. Испытательную площадку можно отметить различными способами: огородить щитами или бортиками, проложить границы цветной клейкой лентой и пр. Пункты погрузки и разгрузки размерами 0,4x0,4 м можно отметить цветной клейкой лентой или любыми бортиками, оставив ворота для въезда.



2. Перевозимый автосамосвалом груз представляет собой 3 (три) кубика различной массы. Кубики должны быть разных цветом (красный, зеленый, синий). Они могут распознаваться роботизированной системой по цвету при помощи компьютерного зрения. Кубики могут располагаться произвольно в пункте погрузки.
3. Автоматическое погрузочное устройство может быть реализовано любым конструктивным способом: манипулятор, подъемный кран, конвейер и пр. Средства захвата и переноса груза (кубика) могут быть реализованы любым способом. Важно, чтобы система могла выбирать любой необходимый груз для загрузки на автосамосвал. Порядок погрузки грузов определяется оператором. При этом работа автоматического погрузочного устройства начинается при наличии автосамосвала в пункте погрузки.
4. Реализация движения автосамосвала по траектории транспортирования и ориентирования в пространстве может быть реализована любым разработанным авторами способом: движение по начерченной линии, ориентирование по маякам, расставленным по трассе, движение по

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Инженерно-конструкторское направление.

Инженерно-конструкторский профиль.

## Командный кейс №3 "БЕЛАЗ – роботизированная транспортная система"

координатам и прочее. При этом автосамосвал должен отвезти груз в соответствующую зону разгрузки: например, красный кубик – в пункт разгрузки 1, а зеленый кубик – в пункт разгрузки 2. Команда об этом поступает на монитор или на оператора автосамосвала, после чего автосамосвал может перемещаться в ручном (с пульта ручного управления) или в автоматическом режиме (без использования пульта ручного управления) из пункта погрузки в нужный пункт разгрузки. Синий кубик представляет собой повышенную массу груза, поэтому после погрузки его в автосамосвал, система должна оценить наличие перегруза и выполнить автоматическую разгрузку автосамосвала в пункте погрузки.

5. Модель автосамосвала изготавливается с беспроводным ручным и автоматическим управлением. Конструкция автосамосвала полностью спроектирована и изготовлена участниками олимпиады, представляет собой самодвижущуюся платформу на колесах с кузовом специальной формы. Сумма габаритов автосамосвала не превышает 1200 мм по сумме длины, высоты и ширины.
6. Ориентирование автосамосвала на зону погрузки и на зону разгрузки может осуществляться любым способом: расчерченной траекторией, посредством маяков или за счет задания координат.
7. Автосамосвал движется из одной зоны в другую и обратно, останавливаясь в зонах погрузки и разгрузки для выполнения соответствующей функции.
8. При разработке транспортной системы могут использоваться как готовые электротехнические модули (Arduino, Raspberry и др.), так и разработана собственная электротехническая схема (изготовление печатной платы, пайка компонентов и др.). Сборка конструкций из готовых деталей конструкторов (например, Lego) будет отражать минимальный творческий технический уровень участников, поэтому будет оцениваться по минимальным значениям критериев;
9. Дополнительно должна быть предусмотрена возможность оценки перегрузки автосамосвала и автоматический режим его разгрузки в этом случае в пункте погрузки.
10. Специальных требований к питанию транспортной системы не предъявляется.

### 3. Порядок испытаний устройства

Работоспособность устройства проверяется в процессе **3-х испытаний**:

- В рамках 1 испытания участники располагают автосамосвал в любом месте испытательного полигона. В момент начала испытания оператор при помощи пульта ручного управления доводит автосамосвал до пункта погрузки, там автоматическим погрузочным устройством

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Инженерно-конструкторское направление.

Инженерно-конструкторский профиль.

## Командный кейс №3 "БЕЛАЗ – роботизированная транспортная система"

производится загрузка автосамосвала любым грузом (груз – это один кубик какого-либо цвета) после чего оператор может отправить автосамосвал в пункт разгрузки, где после остановки автосамосвал разгружается в автоматическом режиме после остановки.

- В рамках 2 испытания при той же последовательности действий, но при загрузке тяжелого груза (синего кубика), система должна оценить наличие перегруза, и автосамосвал должен разгрузиться, не выезжая из пункта погрузки, в автоматическом режиме.
- В рамках 3 испытания автосамосвал из любого места полигона должен достичь пункт погрузки в автоматическом режиме. При этом автоматическое погрузочное устройство загружает автосамосвал в случайном порядке, а автосамосвал отвозит грузы в соответствующие пункты разгрузки или выполняет разгрузку на месте при перегрузе. Задание будет выполнено, когда два груза будут в пунктах разгрузки (пункт разгрузки 1 и пункт разгрузки 2) а третий груз (тяжелый) будет разгружен в пункте погрузки.
- На проведение каждого испытания дается 1 попытка.

### 4. Рекомендованные материалы для выполнения.

Микроконтроллеры (Arduino, Raspberry и пр.), модули для обеспечения беспроводной передачи данных, резисторы, конденсаторы, батарейки, серводвигатели, монтажная плата (breadboard), коннекторы, маленькая монтажная плата для распайки, перчатка, болты, леска, нить, конструкционные материалы и заготовки для изготовления деталей (фанера, оргстекло, опорные стенки, кронштейны, фланцы, направляющие и пр.), плата расширения (шилд) с драйвером моторов. Для прототипирования рекомендуется использовать 3D принтер.

### 5. Требования к результатам решения кейсового задания

Документация в обязательном порядке должна включать в себя:

- а. Титульный лист (школа, авторы, название кейса, название команды, руководитель).
- б. Цель и задачи работы.
- в. Описание команды, распределение ролей, функций и обязанностей каждого участника команды.
- г. Общее описание функций разработанного решения (теоретическое описание функций, которое реализует разработанное устройство).
- д. Описание используемых аппаратных и программных узлов, модулей, фреймворков и других инструментов.
- е. Функциональное описание разработанного решения в виде UML-диаграмм:

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

## Инженерно-конструкторское направление.

### Инженерно-конструкторский профиль.

#### Командный кейс №3 "БЕЛАЗ – роботизированная транспортная система"

---

- i. Диаграмма вариантов пользовательского взаимодействия с системой (use case diagram)
  - ii. Диаграмма автомата (state machine diagram)
  - iii. Диаграмма последовательности (sequence diagram)
  - iv. Диаграмма компонентов (component diagram)
- g. Описание кинематической системы разработанного устройства в виде схемы, диаграмм, подробно описывавшие все аспекты кинематического движения, реализующегося во время функционирования устройства.
- h. Разработанные 3D-модели в форматах .obj, .stl или .step, скриншоты разработанных 3D-моделей (как системы в целом, так и отдельный ее частей), чертежи каждой отдельной части устройства, а также сборочный чертеж всего разработанного устройства. 3D-модели должны находиться в репозитории проекта в системе контроля версий (может использоваться github, gitlab и др.)
- i. Описание электротехнической схемы разработанного устройства в виде изображений электрической принципиальной схемы, монтажной схемы, топологии собственной разработанной печатной платы.
- j. Алгоритм работы разработанного программного обеспечения в виде блок-схем.
- k. Код разработанного программного обеспечения должен быть представлен в виде ссылки на репозиторий проекта с кодом в системе контроля версий (может использоваться github, gitlab и др.). Любые архивы с загруженными исходными кодам (.zip, .rar и т.п.) загружать в другие хранилища данных запрещается.
- l. Фотографии разработанного устройства и его составных частей. Также располагается в репозитории проекта в системе контроля версий (может использоваться github, gitlab и др.)
- m. Видеоролик, демонстрирующий функционирование разработанного устройства в соответствии с регламентом испытаний. На видео необходимо продемонстрировать прохождение каждого, описанного в регламенте, испытаний в соответствии с условиями. При необходимости испытательный полигон подготавливается самостоятельно по предложенной к условию задачи схеме (при его наличии в ТЗ). Видео испытаний готового решения должно однозначно подтверждать авторство участников (во время записи ролика необходимо четко произнести название команды, ФИО участников, номер школы, ФИО руководителя). Видеоролик располагается на стороннем видеохостинге (ВКонтакте, Rutube и др.), ссылка на видеоролик

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Инженерно-конструкторское направление.

Инженерно-конструкторский профиль.

## Командный кейс №3 "БЕЛАЗ – роботизированная транспортная система"

---

располагается в репозитории в системе контроля версий (может использоваться github, gitlab и др.)

- п. Заключение, результаты работы, анализ функционирования разработанного устройства, предложения по возможному улучшению устройства.
- о. Список литературных источников.

### 6. Требования к оформлению документации

Отчет о результатах решения кейсового задания должен быть представлен в виде документа в формате .pdf. Запрещается представление отчета и документации в виде ссылки на удаленное хранилище (Яндекс.Диск, Google Drive, github и т.п.).

К оформлению документации предъявляются следующие требования:

1. Поля документа: Левое – 3,0 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2,0 см.
2. Основной текст:
  - a. Шрифт - Times New Roman, 14 пт. одинаковый по всему тексту, цвет - черный.
  - b. Выравнивание - по ширине.
  - c. Межстрочный интервал - 1.5.
  - d. Абзацный отступ - 1.25 см.
  - e. Отступы слева/справа - 0 см.
  - f. Интервал перед/после абзаца – 0 см.
  - g. Полужирный шрифт не используют (используют только для заголовков разделов и подразделов, заголовков структурных элементов).
  - h. Курсивный шрифт не применяют, за исключением обозначения объектов, написания терминов и иных объектов и терминов на латыни.
3. Нумерация страниц:
  - a. Страницы документации нумеруются арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту.
  - b. Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки.
  - c. Титульный лист включают в общую нумерацию страниц, но номер на нем не проставляют.
4. Заголовки:
  - a. Шрифт - Times New Roman, полужирный шрифт.
  - b. Не более 3-х уровней заголовков.
  - c. Абзацный отступ - 1.25 см.

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

## Инженерно-конструкторское направление.

### Инженерно-конструкторский профиль.

#### Командный кейс №3 "БЕЛАЗ – роботизированная транспортная система"

---

- d. Отступы слева/справа - 0 см.
- e. Выравнивание – по ширине.
- f. Заголовки следует печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая.

#### 5. Таблицы:

- a. Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Таблицы применяют для наглядности и удобства сравнения показателей.
- b. Таблицы должны иметь названия и порядковую нумерацию. Нумерация таблиц должна быть сквозной для всего текста отчета.
- c. В тексте работы должны быть обязательно ссылки на таблицы. При ссылке следует печатать слово "таблица" с указанием ее номера, например, в таблице 1 сравниваются.... Не допускается сокращение - Табл.5.
- d. Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.
- e. Наименование следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в следующем формате: Таблица Номер таблицы
- f. Наименование таблицы. Наименование таблицы приводят с прописной буквы без точки в конце.
- g. Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте отчета.

#### 6. Изображения:

- a. Изображения (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) следует располагать в отчете непосредственно после текста отчета, где они упоминаются впервые, или на следующей странице (по возможности ближе к соответствующим частям текста отчета).
- b. Изображения должны иметь названия и порядковую нумерацию. Нумерация рисунков должна быть сквозной для всего текста отчета. Наименование рисунка приводят с прописной буквы без точки в конце.
- c. В тексте работы должны быть обязательно ссылки на рисунки (например, рис. 3). При ссылке необходимо писать слово "рисунок" и его номер, например: "в соответствии с рисунком 2" и т.д. Не допускается сокращение типа Рис.5.
- d. Порядковый номер рисунка и его название помещают под рисунком после пояснительных данных, посередине строки.
- e. При построении графиков по осям координат вводятся соответствующие показатели, буквенные обозначения которых выносятся на концы координатных осей,

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Инженерно-конструкторское направление.

Инженерно-конструкторский профиль.

## Командный кейс №3 "БЕЛАЗ – роботизированная транспортная система"

---

фиксируемые стрелками. При необходимости вдоль координатных осей делаются поясняющие надписи.

### 7. Перечисления:

- a. Перечисления формируются при помощи списков с использованием маркеров, букв или арабских цифр.
- b. Простые перечисления отделяются запятой, сложные – точкой с запятой.
- c. Перечисления приводятся с абзацного отступа 1,25 пт., без отступов слева и выступов справа в столбик.

### 8. Список использованных источников:

- a. Список использованных источников должен включать библиографические записи на документы, использованные при составлении отчета.
- b. Сведения об использованных источниках необходимо располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте отчета.
- c. Нумерация источников арабскими цифрами с точкой.
- d. Наличие абзацного отступа у записей источников.
- e. Каждая библиографическая ссылка заканчивается точкой.
- f. Ссылки на источники оформляют арабскими цифрами в квадратных скобках [1], [2]-[5] в тексте отчета.

### 9. Приложения:

- a. В приложения рекомендуется включать материалы, дополняющие текст отчета, если они не могут быть включены в основную часть.
- b. Приложения могут включать: графический материал, таблицы, расчеты, описания алгоритмов и программ.
- c. В тексте отчета на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте отчета.
- d. Каждое приложение следует размещать с новой страницы с указанием в центре верхней части страницы слова ПРИЛОЖЕНИЕ.
- e. Приложение должно иметь заголовок, который записывают с прописной буквы, полужирным шрифтом, отдельной строкой по центру без точки в конце.
- f. Все приложения должны быть перечислены в содержании отчета с указанием их обозначений, статуса и наименования.



# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Инженерно-конструкторское направление.

Инженерно-конструкторский профиль.

## Командный кейс №3 "БЕЛАЗ – роботизированная транспортная система"

---

г. Таблицы, рисунки и формулы каждого приложения обозначаются отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения.

К оформлению структуры репозитория (github, gitlab) предъявляются следующие требования:

1. Наличие папки "Программный код". Код разработанного программного обеспечения располагается в этой и только этой папке. Блок-схема алгоритма разработанного ПО в данной папке не располагается.
2. Наличие папки "3D-модели". Разработанные 3D-модели в форматах .obj, .stl или .step располагаются в этой и только в этой папке. Чертежи в данной папке не располагаются.
3. Наличие папки "Видеоролик". В этой папке располагается ссылка на видеоролик, расположенный на стороннем видеохостинге, демонстрирующий функционирование разработанного устройства в соответствии с регламентом испытаний.
4. Остальные элементы результатов выполнения кейсового задания располагаются непосредственно в отчетной документации в соответствии с требованиями из разделов 6 и 7.

### 7. Процедуры (этапы) решения

1. Анализ кейсового задания, формирование требований и ограничений к разрабатываемому устройству.
2. Анализ предметной области и инструментов для решения задачи.
3. Проектирование устройства (эскиз устройства, проектирование кинематической системы, UML-диаграммы).
4. Проектирование 3D-модели устройства, его составных частей и корпуса.
5. Проектирование электротехнической системы устройства.
6. Проектирование алгоритмов работы программного обеспечения.
7. Разработка кинематической, электротехнической систем устройства.
8. Разработка программного обеспечения.
9. Прототипирование, изготовление и сборка устройства.
10. Тестирование и отладка устройства.
11. Подготовка документации.

### 8. Требуемые знания для решения задачи

1. Предметные (физика, информатика, математика).
2. Знание логики программирования на языках C-диалекта и навык разработки программного обеспечения.

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Инженерно-конструкторское направление.

Инженерно-конструкторский профиль.

## Командный кейс №3 "БЕЛАЗ – роботизированная транспортная система"

3. Навыки работы с системами автоматизированного проектирования для 3D-моделирования и проектирования радиоэлектронных средств.
4. Навыки работы с микроконтроллерной техникой и периферийными устройствами, а также навыки монтажа электрических схем.
5. Навыки работы с системами контроля версий.
6. Навыки командой работы.
7. Навыки представления результатов работы.

### 9. Материалы для подготовки

- Tinkercad — это бесплатное веб-приложение для 3D-проектирования, работы с электронными компонентами и написания программного кода. URL: <https://www.tinkercad.com/>
- TinkerCad создание схем и Arduino проектов. URL: <https://arduino-tex.ru/news/1/izuchaem-arduino-bez-arduino-s-pomoshchyu-tinkercad-i-ego-servisov.html>
- Моделирование на UML. URL: <http://book.uml3.ru/>
- Саймон Монк Мейкерство. Arduino и Raspberry Pi. Управление движением, светом и звуком: Пер. с англ. - СПб.: БХВ-Петербург, 2017. - 336 с.: ил.
- Саймон Монк Программируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами . - СПб.: Питер, 2017.
- Обучающие уроки и проекты для Arduino, ESP, Raspberry Pi. URL: <https://lesson.iarduino.ru>
- Raspberry GPIO. URL: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/raspberry-gpio/all>
- Петин В. А. Микрокомпьютеры Raspberry Pi. Практическое руководство. — СПб.: БХВ-Петербург, 2015. - 240 с.: ил. - (Электроника)
- OpenCV — библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом. URL: <https://opencv.org/>
- Instructables — это веб-сайт, специализирующийся на созданных и загруженных пользователями самостоятельных проектах URL: <https://www.instructables.com>
- Все о прототипировании. URL: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base>
- База знаний Амперки: инструкции и подсказки по Arduino и Raspberry Pi, оригинальные проекты, схемы распиновки модулей и datasheet'ы, теория электричества для начинающих и другая полезная информация. URL: <http://wiki.amperka.ru/>
- T-FLEX CAD — российская система автоматизированного проектирования, объединяющая в себе параметрические возможности 2D и 3D моделирования со средствами создания и оформления чертежей и конструкторской документации в соответствии с ЕСКД и зарубежными стандартами. URL: <https://www.tflexcad.ru/download/t-flex-cad-free/>
- Программное обеспечение для 3D-моделирования и конструирования от Autodesk. URL: <https://www.autodesk.com/education/students>
- КОМПАС-3D – это российская система трехмерного проектирования, ставшая стандартом для тысяч предприятий и сотен тысяч профессиональных пользователей. URL: <https://kompas.ru/solutions/education/>
- Система контроля версия GitHub. URL: <https://github.com/>
- Система контроля версия GitLab. URL: <https://about.gitlab.com/>
- Документация по GitHub. URL: <https://docs.github.com/ru/get-started/quickstart/hello-world>