

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ИНСТИТУТ СТРАТЕГИИ
РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

федеральное государственное
бюджетное научное учреждение

**Перечень рекомендуемого
оборудования для школьных
кабинетов дополнительного
образования инженерной
направленности**

Москва

2024

Авторский коллектив:

А. Д. Бакун, учитель высшей квалификационной категории, начальник отдела образовательных сервисов управления профориентационной работы ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет “МИФИ”» (НИЯУ «МИФИ»), учитель физики Университетского лицея № 1511 предвуниверситария НИЯУ «МИФИ»

А. А. Якута, к.ф.-м.н., почетный работник воспитания и просвещения Российской Федерации, ст. научн. сотр. ФГБНУ «Институт стратегии развития образования», доц. кафедры общей физики ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»

Л. А. Паршутина, к.п.н., заведующая лабораторией естественно-научного образования ФГБНУ «Институт стратегии развития образования»

Рецензенты:

И. В. Головнин, к.ф.-м.н, доцент кафедры общей физики и волновых процессов ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»

Н. В. Петровская, к.ф.-м.н., ст. научн. сотр. кафедры теоретической механики и мехатроники ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»

Перечень рекомендуемого оборудования для школьных кабинетов дополнительного образования инженерной направленности // А. Д. Бакун, А. А. Якута, Л. А. Паршутина / Под ред. Л. А. Паршутинной. – М. : ФГБНУ «Институт стратегии развития образования», 2024. – 40 с. : ил.

В перечне перечислено типовое оборудование, рекомендуемое для оснащения школьных кабинетов с целью проведения занятий в классах инженерной направленности при реализации рабочих программ дополнительного образования. Перечень составлен с учетом практического опыта учителей Университетского лицея № 1511 предвуниверситария ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет “МИФИ”» (НИЯУ «МИФИ») и преподавателей Центра инженерного творчества НИЯУ «МИФИ».

Перечень оборудования составлен в расчете на работу с классом наполняемостью 25 человек. В перечне указаны минимально необходимые технические характеристики оборудования, в качестве иллюстраций приведены изображения соответствующего оборудования. Данные сведения не носят рекламного характера, а даны исключительно в информационных целях (оборудование может быть заменено любым иным с аналогичными или лучшими техническими характеристиками).

Материалы предназначены педагогам дополнительного образования, учителям технологии и физики, а также методистам и административным работникам образовательных организаций, реализующих программы общего и дополнительного образования.

Перечень разработан в рамках государственного задания ФГБНУ «Институт стратегии развития образования» на 2024 г. «Обновление содержания общего образования».

**Оборудование, рекомендуемое для школьных кабинетов
дополнительного образования инженерной направленности**

1. Комплекс для 3D-моделирования – 5 шт. (пример см. на рис. 1).

Предназначен для изучения технологий аддитивного производства, изготовления деталей установок для лабораторных работ и проектных задач.

Наименование характеристики	Значение
Материал печати	Пластиковая нить
Технология печати	FDM/FFF
DIY (набор для сборки)	Да
Корпус принтера	Открытый
Диаметр нити	1,75 мм
Тип экструдера	Bowden
Количество печатающих сопел	1 шт.
Температура экструдера	250 °С
Температура стола	100 °С
Область печати	220 × 220 × 250 мм
Скорость печати/выращивания	30–180 мм/сек
Толщина слоя	0,1–0,4 мм
Точность по оси XУ	0,012 мм
Точность по оси Z	0,004 мм
Полноцветная печать	Нет
Количество цветов	1 цвет
Подогреваемый стол	Да
Высокотемпературная печать	Нет
Видеокамера	Нет
Контроль наличия пластика	Да
Система возобновления печати	Да

Сопло	0,4 мм
Встроенный 3D-сканер	Нет
Поддерживаемые материалы	PLA, PETG, TPU



Рис. 1. 3D-принтер

2. Фрезерно-гравировальный станок – 1 шт. (пример см. на рис. 2).

Предназначен для изучения технологий современного производства с использованием фрезерной обработки материалов на станке с числовым программным управлением (ЧПУ).

Наименование характеристики	Значение
Вид станка	Фрезерный
Тип станка	Фрезерный
Размер рабочей области XY	300 × 180 мм

Количество осей	2 шт.
Тип приводов	Шаговые двигатели
Размер рабочего стола	300 × 180 мм
Скорость перемещения (холостой ход)	3000 мм/мин
Охлаждение	Воздушное
Обрабатываемые материалы	Дерево, пластик, бумага, бамбук, кость, кожа
Тип шпинделя	775 (12–36 В)
Частота вращения шпинделя	8000 об/мин
Смена инструмента	Ручная
Система управления (ЧПУ)	Да
Управляющий код	NC



Рис. 2. Фрезерно-гравировальный станок с ЧПУ

3. Лазерный станок – 1 шт. (пример см. на рис. 3). Предназначен для изучения технологий современного производства с использованием лазерного станка для криволинейной программной резки материалов, гравировки, качественной обработки поверхностей.

Наименование характеристики	Значение
Вид станка	Лазерный
Размер рабочей области XY	300 × 200 мм
Высота рабочей области Z	60 мм
Тип лазера	CO ₂
Мощность	40 Вт
Производитель лазерной трубки	VOIERN
Длина волны	1,064 мкм
Ресурс лазерной трубки	3000 часов
Размер рабочего стола	300 × 200 × 60 мм
Точность позиционирования	0,1 мм
Минимальный символ	1 × 1 мм
Скорость резки	0–200 мм/с
Скорость гравировки	0–400 мм/с
Настольный	Да
Охлаждение	Жидкостное
Обрабатываемые материалы	Дерево, МДФ и ДСП, картон и бумага, ПЭТ, полистирол, двухслойные пластики, Rowmark, керамика, стекло, АБС, резина, оргстекло, акриловое стекло, кожа, кожзаменитель, джинс, ткань, фетр, мех
Система управления (ЧПУ)	M2 Studio Lab



Рис. 3. Лазерный гравер

4. Сверлильный станок – 1 шт. (пример см. на рис. 4). Предназначен для выполнения механических работ по сверлению и фрезеровке деталей макетов при выполнении проектно-исследовательских работ.

Наименование характеристики	Значение
Мощность	350 Вт
Напряжение	220 В
Частота вращения шпинделя	580–2650 об/мин
Число скоростей	5
Конус шпинделя	МК2/MT2
Максимальный диаметр сверла	13 мм
Расстояние шпиндель – основание	290 мм
Расстояние шпиндель – стойка	104 мм

Расстояние шпиндель – стол	200 мм
Ход пиноли шпинделя	50 мм
Размер рабочего стола	160 × 160 мм
Тип сверлильного патрона	Ключевой



Рис. 4. Сверлильный станок

5. Паяльная станция – 5 шт. (пример см. на рис. 5). Предназначена для выполнения работ по пайке электронных схем и изучения базовых принципов электромонтажных работ.

Наименование характеристики	Значение
Мощность паяльника	40 Вт
Напряжение на выходе	29 В, 10 В, 26 В

Диапазон рабочих температур паяльника	200–480 °С
Диапазон рабочих температур фена	100–480°С
Тип нагревательного элемента паяльника	Керамический
Тип насоса	Турбина
Максимальная скорость потока воздуха	120 л/мин
Уровень шума	Меньше 45 дБ



Рис. 5. Паяльная станция

6. Универсальный набор ручного инструмента – 2 шт. (пример см. на рис. 6). Предназначен для выполнения механических работ по обработке деталей.

Возможная комплектация: молоток, пассатижи, ножовка, уровень, гаечные ключи, биты, отвертки.



Рис. 6. Набор ручного инструмента

7. Набор электроинструмента – 1 шт. (пример см. на рис. 7).
Предназначен для выполнения механических работ по обработке деталей.

Возможная комплектация: шуруповерт, угловая шлифовальная машина (УШМ), лобзик, зарядное устройство.



Рис. 7. Набор электроинструмента

8. Приставка-осциллограф к компьютерному измерительному блоку, или цифровой осциллограф – 5 шт. (пример см. на рис. 8). Предназначен для выполнения лабораторных и проектных работ по электричеству.

Наименование характеристики	Значение
Полоса пропускания	100 МГц
Частота дискретизации	1 Гвыб/с
Глубина записи	240 Кб
Параметры входа	Развязка DC и AC, импеданс – 1 МОм, коэффициент затухания датчика – 1х, 10х, максимальное напряжение – 40 В (1х), 400 В (10х)
Развертка	Горизонтальная 50 с/дел – 10 нс/дел, вертикальная 50 мВ/дел – 500 В/дел
Разрешение	8 бит (точность $\pm 5\%$), время нарастания < 3 нс, точность частоты $\pm 0,01\%$
Синхронизация	Автоматический, нормальный и однократный режимы
Режим триггера по фронту спадающему/ниспадающему	Да
Количество автоматических измерений	12 (VPP, VP, Vavg, Vrms, Frequent, Duty +, Duty–, Vmax, Vmin, Time +, Time–, Period)
Курсорные измерения XY, триггер Y	Да
Характеристики генератора сигналов	14 видов форм сигналов, полоса пропускания 10 МГц, разрешение 1 Гц, разрешение по вертикали 14 бит
Комплектация	USB-кабель, кабель питания, зажим BNC-крокодил, 2 щупа



Рис. 8. Осциллограф

9. Источник питания лабораторный 30 В – 5 шт. (пример см. на рис. 9).

Предназначен для выполнения лабораторных и проектных работ по электричеству.

Наименование характеристики	Значение
Напряжение на входе	220 В ± 10 % – 50/60 Гц
Напряжение на выходе	0–30 В
Ток нагрузки	0–2 А / 0–3 А / 0–5 А
Температурный диапазон	–10 °С – +40 °С
Относительная влажность	<90 %
Температурный коэффициент	≤300 PPM/°С
Пульсация напряжения	≤1 мВ
Пульсация тока	≤3 мА
Устойчивость нагрузки (напряжение)	≤0,01 % ± 2 мВ
Устойчивость нагрузки (ток)	≤0,02 % ± 3 мА



Рис. 9. Источник питания

10. Генератор сигналов специальной формы – 5 шт. (пример см. на рис. 10). Предназначен для выполнения лабораторных и проектных работ по электричеству.

Наименование характеристики	Значение
Прямой цифровой синтез	Да
Стабильность и точность установки частоты	Высокая ($20 \cdot 10^{-6}$)
Гармонические искажения	Малые (менее -55 дБн в диапазоне частот 1 Гц – 200 кГц)
Частотный диапазон	0,1 Гц – 3 МГц
Форма сигнала	Синус, треугольник, меандр
Разрешение по частоте	100 мГц
Режим постоянного смещения	Да
Индикатор выходного напряжения	Да



Рис. 10. Генератор сигналов специальной формы

11. Аппаратно-программный комплекс автоматизации физического эксперимента – 5 шт. (пример см. на рис. 11). Предназначен для изучения процессов генерации и регистрации постоянного и переменного тока, исследования электрических цепей и изучения электротехнических элементов.

Наименование характеристики	Значение
Процессор	32 бит
USB	Да
Скорость передачи данных	12Мбит/сек
Интерфейс	WLAN 2,4 ГГц, IEEE 802.11 b/g/n
Шина для подключения экспериментальных карт	Да
Возможность закрепления в рамедержателе для экспериментальных панелей DIN A4	Да

Защищенные разъемы для подключения 2-мм безопасных измерительных кабелей	Да
Индикация состояния посредством цветных светодиодов	Да
Внешний блок питания	100–264 В, 47–63 Гц, выход 24 В / 5 А
Выходы	
Программируемые аналоговые выходы	+/- 10 В, 0,2 А, DC–5 МГц, разъемы BNC и 2 мм
Аналоговый выход фиксированного напряжения	5 В, 1 А (гнезда 2 мм на модуле расширения)
Аналоговые выходы фиксированного напряжения	2 выхода: +/- 15 В, 1 А (гнезда 2 мм на модуле расширения)
Регулируемые аналоговые выходы	3 выхода: +/- 20 В, 1 А, DC–150 Гц (гнезда 2 мм на модуле расширения)
8 реле	24 В постоянного тока / 1А, из них 4 реле на 2 мм разъемах
16-битные цифровые выходы	Из них 8 бит на 2-х мм разъемах, TTL/CMOS, тактовая частота 0–100 кГц, максимальное напряжение +/- 15 В
Входы	
Аналоговые дифференциальные входы	4 входа с полосой пропускания 10 МГц, максимальное напряжение 100 В, частота опроса 100MSample, 9 диапазонов измерений, объем памяти – 4х 8К × 10 бит, BNC (2 входа) и 2-мм разъемы (4 входа)

Аналоговые входы для измерения тока	2 входа с максимальной сила тока 5 А, частота дискретизации 250 KSample, 2 диапазона измерений, разрешение 12 бит, разъемы 2 мм
Цифровые выходы	16 бит; из них 8 бит на 2-х мм разъемах, TTL/CMOS, тактовая частота 0–100 кГц, диэлектрическая прочность +/- 15 В
Виртуальные инструменты	
2 x вольтметра, 2 x амперметра	AC, DC, 9 диапазонов от 100 mV до 50 V, TrueRMS, AV
Измеритель мощности	9 диапазонов от 100 мВ до 50 В
2-канальный амперметр	AC, DC, 2 диапазона 300 мА и 3 А, TrueRMS, AV
2-канальный вольтметр	AC, DC, 9 диапазонов от 100 мВ до 50 В, TrueRMS, AV
2/4-канальный осциллограф	Полоса пропускания 10 МГц, 25 временных диапазонов от 100 нс/деление до 10 с/деление, 9 диапазонов напряжения от 20 мВ/деление до 10 В/деление, триггер, претриггер, режим XY и XT, измерительные курсоры, функция вычисления
Анализатор спектра	9 диапазонов напряжения от 100 мВ до 50 В, диапазон входных частот от 3 Гц до 1 МГц, отображение во временной области

Плоттер диаграмм Боде	9 диапазонов напряжения от 100 мВ до 50 В, диапазон частот от 1 Гц до 5 МГц, отображение во временной области и диаграмма локальной кривой
Регулируемый источник постоянного напряжения	0–10 В DC
Генератор сигналов	0,5 Гц – 5 МГц, 0–10 В, синус, прямоугольник, треугольник
Программируемый генератор сигналов	Да
Генератор импульсов	Да
16 x цифровой выход, 16 x цифровой вход	Да
16 x цифровой вход/выход	Отображение двоичных, шестнадцатеричных, десятичных и восьмеричных цифр
Трехфазный источник питания	0–150 Гц, 0–14 В _{эфф} , 2 А (требуется модуль расширения)
Регулируемый источник питания постоянного тока 3 x	–20 В – +20 В, 2 А (требуется модуль расширения)
Трехфазный источник питания с регулируемым сдвигом фазы и тактовой частотой	Да (требуется модуль расширения)
8 x реле	Да
Отображение дополнительного мультиметра, установленного в модуле расширения	Да



Рис. 11. Измерительно-управляющий интерфейс

12. Цифровая лаборатория профильного уровня с набором датчиков – 5 шт. (пример см. на рис. 12). Предназначена для выполнения лабораторных и проектных работ, предполагающих измерение различных физических величин.

Наименование характеристики	Значение
Датчики атмосферного давления и температуры (барометр и атмосферный термометр)	Диапазон измерения давления: 195–945 мм рт. ст.; разрешение по давлению: 0,1 мм рт. ст.; точность: $\pm 1,5$ мм рт. ст.; диапазон измерения температуры: от -40 до $+60$ °С; разрешение по температуре: 0,1 °С

<p>Датчик вращения (измерение угла и угловой скорости при изучении колебаний и вращательного движения)</p>	<p>Диапазон измерения: 0 – 360 °С; разрешение: 3,75 °С; максимальная скорость вращения: 30 об/мин</p>
<p>Датчик высокой температуры (для изучения структуры пламени и измерения высоких температур в опытах с нагревом, охлаждением и плавлением). Комплектуется выносным щупом на гибком кабеле</p>	<p>Диапазон измерения: от –200 °С до +1300 °С; разрешение: 0,25 °С; материал выносного щупа: нержавеющей сталь с хромированным покрытием; длина металлической части щупа: 93 мм; диаметр металлической части щупа: 3 мм; разъем для подключения выносного щупа: Jack 3,5 мм; тип термопары: хромель-алюмель; диапазон температуры холодного спая: 45–115 °С</p>
<p>Датчик гальванометр (предназначен для измерения малых токов при изучении магнитных полей и законов электричества)</p>	<p>Диапазон измерения: от –15 мА до +15 мА; разрешение: 10 мкА; разъем для подключения измерительных щупов: Jack 3,5 мм</p>
<p>Датчик давления (измеряет абсолютное давление и оснащен герметичной трубкой для подключения к различным объектам)</p>	<p>Диапазон измерения: 0 – 700 кПа; разрешение: 0,1 кПа; материал трубки: полиуретан; длина трубки: 300 мм</p>
<p>Датчик дифференциального давления (имеет два порта для подачи давления – выше и ниже атмосферного)</p>	<p>Диапазон измерения: от –10 кПа до +10 кПа; разрешение: 0,01 кПа; материал трубки: полиуретан; длина трубки: 300 мм</p>

Датчик ионизирующего излучения (измеряет интенсивность излучений по регистрируемым импульсам от счетчика Гейгера)	Рабочий диапазон измерения: 0 – 150 мкР/ч; максимальная чувствительность: до 10 000 мкР/ч; разрешение: 1 мкР/ч
Датчик магнитного поля (измеряет модуль индукции магнитного поля)	Диапазон измерения: от –100 мТл до 100 мТл; разрешение: 0,1 мТл; диапазон частот: 0–10 Гц
Датчик освещенности (измеряет уровень освещенности, обладает спектральной чувствительностью, близкой к чувствительности человеческого глаза)	Диапазон измерения: 0–188 000 лк; относительная погрешность: 15 %; диапазон рабочих длин волн: 350–780 нм
Датчик температуры (измеряет температуру различных растворов и твердых материалов, оснащен выносным герметичным температурным зондом, устойчивым к лабораторным реагентам)	Диапазон измерения: от –40 °С до +165 °С; разрешение: 0,1 °С; материал выносного зонда: нержавеющей сталь с хромированным покрытием; длина металлической части зонда: 100 мм; диаметр зонда: 5 мм; разъем для подключения выносного щупа: Jack 3,5 мм
Датчик уровня шума (измеряет уровень шумов в окружающей среде, может использоваться для оценки шумопоглощающих изоляторов)	Диапазон измерения 1: 40–60 дБА; диапазон измерения 2: 60–90 дБА; диапазон измерения 3: 90–120 дБА; разрешение: 0,1 дБА
Датчик ускорения (измеряет проекции ускорения движущихся объектов на три оси координат)	Диапазон измерения 1: ±2g (разрешение 0,001g); диапазон измерения 2: ±4g (разрешение 0,002g); диапазон измерения 3: ±8g (разрешение 0,004g)



Рис. 12. Цифровая лаборатория

13. Мультиметр – 50 шт. (пример см. на рис. 13). Предназначен для формирования навыков работы с измерительными инструментами и приборами при проведении лабораторных и исследовательских работ.

Наименование характеристики	Значение
Тип отображения	Цифровой
Элементы питания	«Крона» (6LR61; 6F22; 6KR61)
Количество и напряжение элементов питания	Один, 9 В
Постоянное напряжение	0,02 В, 0,2 В, 20 В, 200 В, 1000 В
Чувствительность	100 мкВ
Постоянный ток	0,0002 А; 0,002 А; 0,02 А; 0,2 А; 10 А
Сопротивление	0–2 МОм
Режим «прозвонка»	Нет
Диод-тест	Есть, прямым стабильным током 0,8 мА
Индикация разряда батареи	Есть
Индикация перегрузки	Есть
Индикация полярности	Есть

Возможность фиксации показаний	Нет
Переменное напряжение	200 В; 750 В
Рабочая температура	0–40 °С



Рис. 13. Мультиметр

14. Образовательный набор на основе микроконтроллера Arduino (или аналог) – 10 шт. (пример см. на рис. 14). Предназначен для формирования навыков работы с микроконтроллерами, выполнения проектных работ в области электроники, робототехники и интернета вещей.

Наименование характеристики	Значение
Контроллер	Плата Arduino Uno (1 шт.)
Сенсоры	Датчик линии (2 шт.), датчик наклона (1 шт.), фоторезистор (2 шт.), термистор (2 шт.), кнопка тактовая (4 шт.), потенциометр (2 шт.)
Прототипирование и провода	Макетная доска (1 шт.), соединительный провод (65 шт.), USB-кабель (1 шт.), разъем для батарейки (1 шт.)

Механика	Двухколесное шасси робота (1 шт.), сервопривод (1 шт.)
Индикация и звук	Текстовый ЖК-экран (1 шт.), 7-сегментный индикатор (2 шт.), светодиод красный (12 шт.), светодиод желтый (4 шт.), светодиод зеленый (4 шт.), трехцветный светодиод (2 шт.), пьезоизлучатель звука (2 шт.)
Базовые компоненты	Резистор 220 Ом (60 шт.), резистор 1 кОм (20 шт.), резистор 10 кОм (20 шт.), резистор 100 кОм (20 шт.), биполярный транзистор (10 шт.), транзистор MOSFET (4 шт.), микросхема CD4026 (2 шт.), выпрямительный диод (5 шт.)
Инструменты	Мультиметр цифровой (1 шт.)
Платы расширения	Драйвер моторов Motor Shield (1 шт.), расширитель портов Troyka Shield (1 шт.)

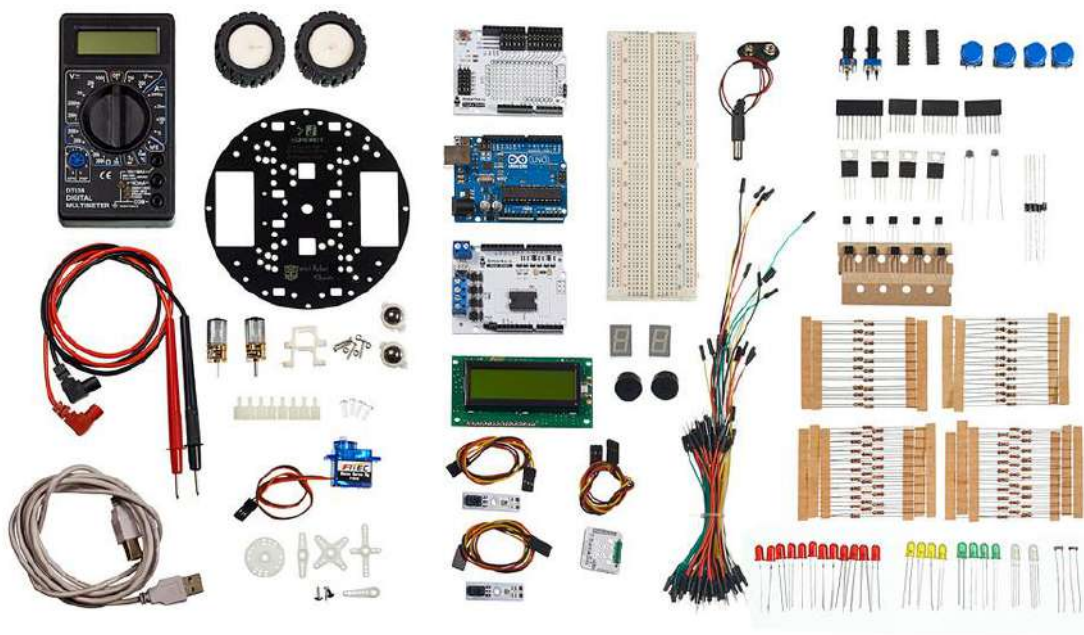


Рис. 14. Образовательный набор

15. Образовательный набор для знакомства с интернетом вещей – 10 шт. (пример см. на рис. 15). Предназначен для формирования навыков работы с микроконтроллерами, выполнения проектных работ в области электроники, робототехники и интернета вещей.

Наименование характеристики	Значение
Контроллер	STM32 Nucleo F401RE (1 шт.)
Платы расширения	Troyka Shield (1 шт.), Troyka Slot Shield (1 шт.)
Светодиодная RGB-матрица 4 × 4	Troyka-модуль (1 шт.)
Мини-реле	Troyka-модуль (1 шт.)
Силовой ключ	N-Channel v3 (Troyka-модуль) (1 шт.)
Цифровой метеодатчик	Troyka-модуль (1 шт.)
Цифровой акселерометр	Troyka-модуль (1 шт.)
Сканер	RFID/NFC 13,56 МГц (Troyka-модуль) (1 шт.)
Датчик приближения и освещенности	1 шт.
Четырехкнопочная клавиатура	Troyka-модуль (1 шт.)
Датчик уровня воды (угловой)	1 шт.
Датчик влажности почвы	1 шт.
Погружная помпа с трубкой	1 шт.
Bluetooth Low Energy	Troyka-модуль (1 шт.)
Wi-Fi	Troyka-модуль (1 шт.)
GPRS Shield v3	1 шт.
Breadboard Half	1 шт.
Провода «папа-папа»	3 комплекта (по 20 шт.)
Кабель USB	A – Mini USB (1 шт.)
Гнездо питания	2,1 мм с клеммником (1 шт.)
Импульсный блок питания	Robiton TN2000S (1 шт.)
Кейс для хранения	1 шт.

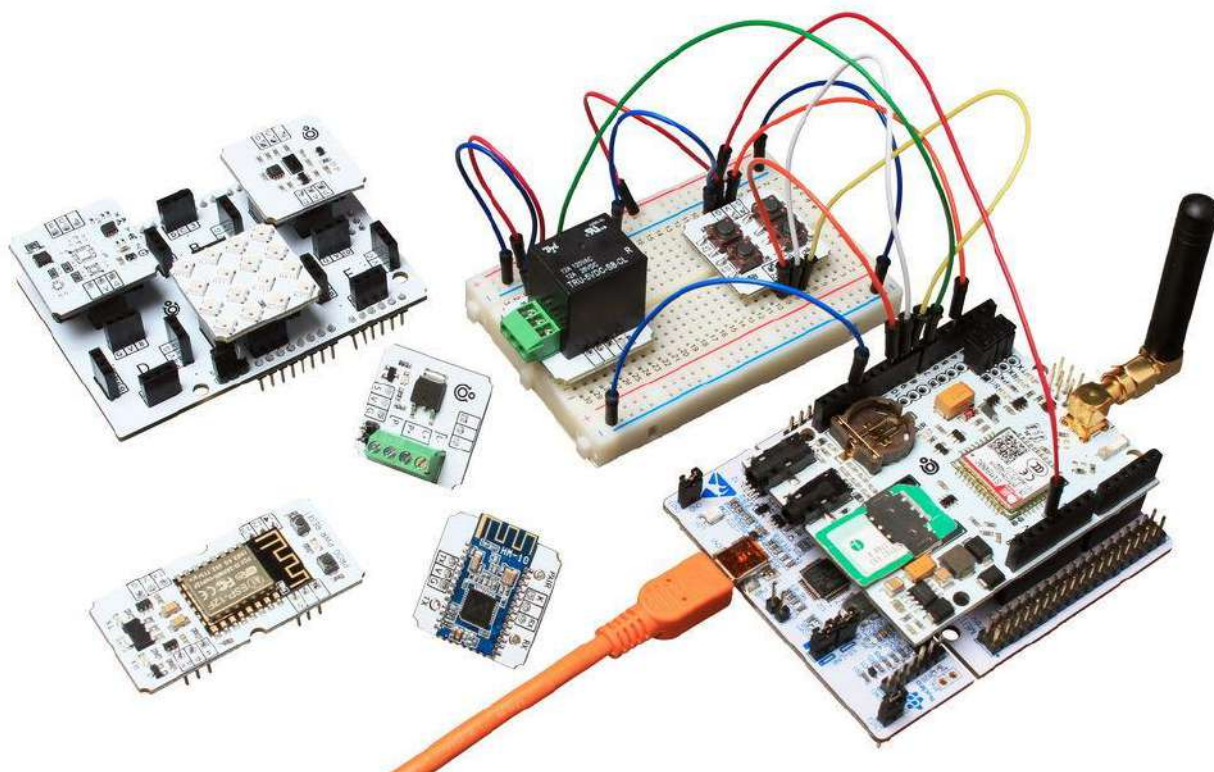


Рис. 15. Образовательный набор для знакомства с интернетом вещей

16. Образовательный набор по основам электроники – 10 шт. (пример см. на рис. 16). Предназначен для формирования навыков работы с микроконтроллерами, выполнения проектных работ в области электроники, робототехники и интернета вещей.

Наименование характеристики	Значение
Резистор (470 Ом)	10 шт.
Резистор (1 кОм)	10 шт.
Резистор (2,2 кОм)	10 шт.
Резистор (4,7 кОм)	1 шт.
Резистор (10 кОм)	1 шт.
Резистор (100 кОм)	1 шт.
Резистор (220 кОм)	1 шт.
Резистор (1 МОм)	1 шт.
Переменный резистор (потенциометр) 16 мм (1 кОм)	2 шт.
Переменный резистор (потенциометр) 16 мм (500 кОм)	1 шт.

Конденсатор керамический (10 нФ)	10 шт.
Конденсатор керамический (100 нФ)	10 шт.
Конденсатор электролитический (1 мкФ)	10 шт.
Конденсатор электролитический (3,3 мкФ)	10 шт.
Конденсатор электролитический (33 мкФ)	10 шт.
Конденсатор электролитический (10 мкФ)	10 шт.
Конденсатор электролитический (100 мкФ)	10 шт.
Конденсатор электролитический (220 мкФ)	10 шт.
Конденсатор электролитический (1000 мкФ)	1 шт.
Кнопка тактовая	4 шт.
Предохранители стеклянные	5 шт.
Светодиод 5 мм (красный)	8 шт.
Светодиод 5 мм (желтый)	4 шт.
Транзисторы 2N2222	10 шт.
Динамик HSP3040A	1 шт.
Реле (12 В)	2 шт.
Тумблер	2 шт.
Провода с крокодилами	5 шт.
Соединительные провода «папа-папа»	1 шт.
Разъем для батарейки «Крона»	1 шт.
Батарейный отсек 1 АА	1 шт.
Breadboard	1 шт.
Импульсный блок питания (500 мА)	1 шт.
В микросхемах набора используется логика типа 4×2-NAND, 4×2-NOR, 3×3-NOR, 4×2-AND, 4×2-OR	
Счетчик 4-битный (двойной)	1 шт.
Панелька для микросхемы (8 ног)	5 шт.
Панелька для микросхемы (14 ног)	5 шт.
7-сегментный драйвер CD4026	3 шт.

7-сегментный индикатор	3 шт.
Таймер 555	5 шт.
Конденсатор керамический (10 нФ)	10 шт.
Конденсатор керамический (22 нФ)	10 шт.
Конденсатор керамический (100 нФ)	10 шт.
Конденсатор электролитический (1 мкФ)	10 шт.
Конденсатор электролитический (10 мкФ)	10 шт.
Конденсатор электролитический (22 мкФ)	10 шт.
Конденсатор электролитический (1000 мкФ)	2 шт.
Конденсатор электролитический (100 мкФ)	20 шт.
Конденсатор электролитический (220 мкФ)	10 шт.
Переменный резистор (потенциометр) 25 кОм	1 шт.
Переменный резистор (потенциометр) 100 кОм	1 шт.
Диод выпрямительный 1N4007	5 шт.
Диод сигнальный Шоттки 1N5818	5 шт.
Магнитный извещатель (геркон)	1 шт.
Линейный регулятор напряжения L7805	2 шт.
Штекер питания 2,1 мм	1 шт.
Гнездо питания 2,1 мм на панель	1 шт.
Клеммник на панель (черный)	1 шт.
Клеммник на панель (красный)	1 шт.
U-клемма	5 шт.
Макетная плата Perfboard (460 точек)	1 шт.
Макетная плата Breadboard PCB (830 точек)	1 шт.
Припой с флюсом (20 г)	1 шт.
Провод многожильный (0,2 мм ² , 10 м)	1 шт.
Кембрик термоусадочный (диаметр 1,5 мм, 2:1, 70 мм)	10 шт.
ESP1010 переключатель сдвиговой (12 В; 0,5 А)	2 шт.
Кнопка на панель	1 шт.

Крокодил (черный)	5 шт.
Резистор (47 Ом)	10 шт.
Резистор (100 Ом)	10 шт.
Резистор (150 Ом)	10 шт.
Резистор (10 кОм)	20 шт.
Резистор (51 кОм)	10 шт.
Кнопка тактовая	8 шт.
Светодиод 5 мм (красный)	8 шт.
Светодиод 5 мм (желтый)	4 шт.
Светодиод 5 мм (зеленый)	4 шт.

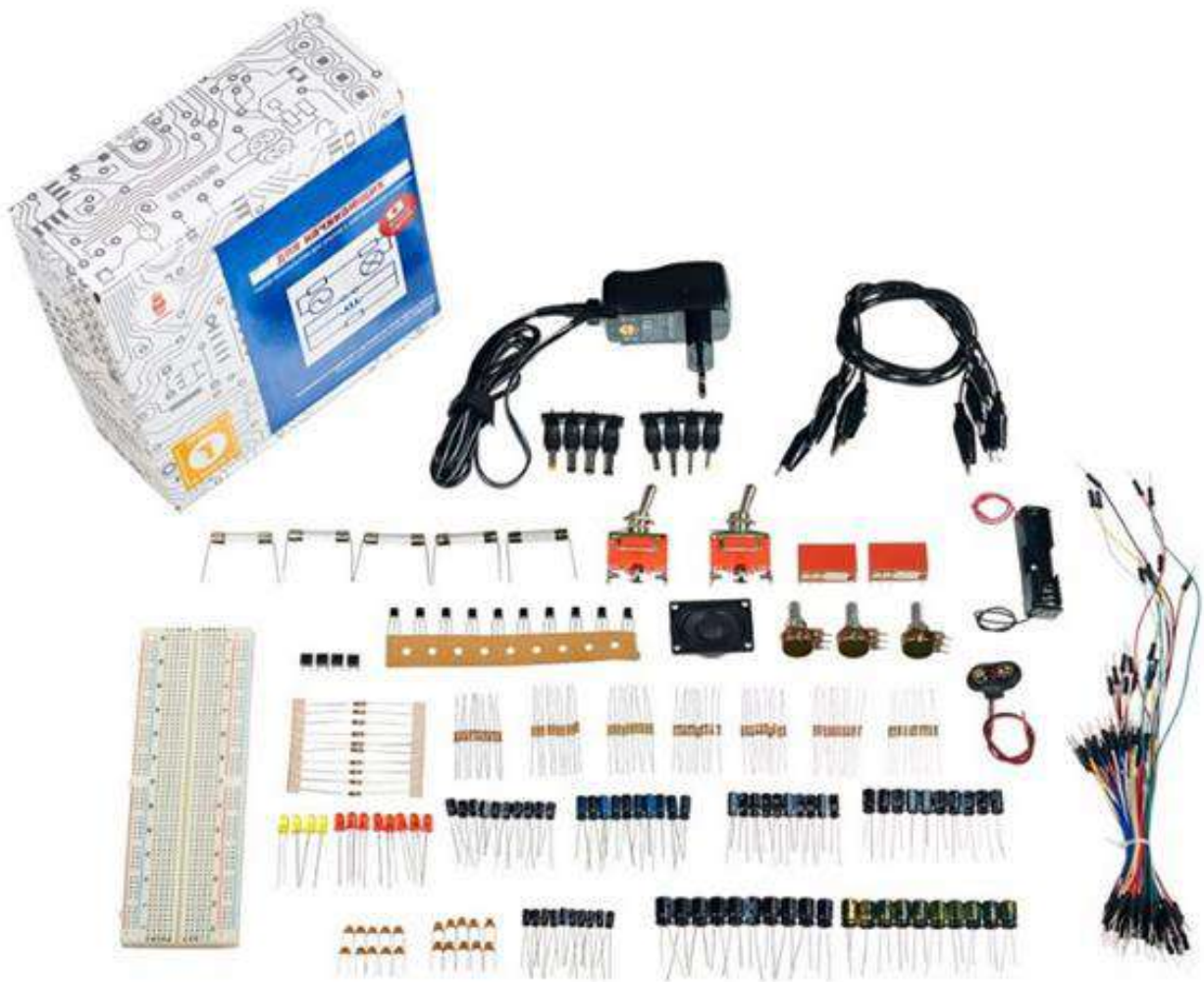


Рис. 16. Образовательный набор для знакомства с основами электроники

17. Образовательный набор на основе микрокомпьютера Raspberry Pi (или аналог) – 10 шт. (пример см. на рис. 17). Предназначен для формирования навыков работы с микроконтроллерами, выполнения проектных работ в области электроники, робототехники и интернета вещей.

Наименование характеристики	Значение
Микрокомпьютер Raspberry Pi 4 Model B (4 ГБ)	1 шт.
Карта microSD с операционной системой Raspbian Linux	1 шт.
Плата-облачко GPIO Cloud	1 шт.
Книга «Малина. Обучающий компьютер на Linux»	1 шт.
Корпус	1 шт.
Блок питания 3 А с USB-выходом	1 шт.
Кабель USB (A – Type-C) с поддержкой тока 3 А	1 шт.
Кабель micro-HDMI	1 шт.
Патч-корд витой пары	1 шт.

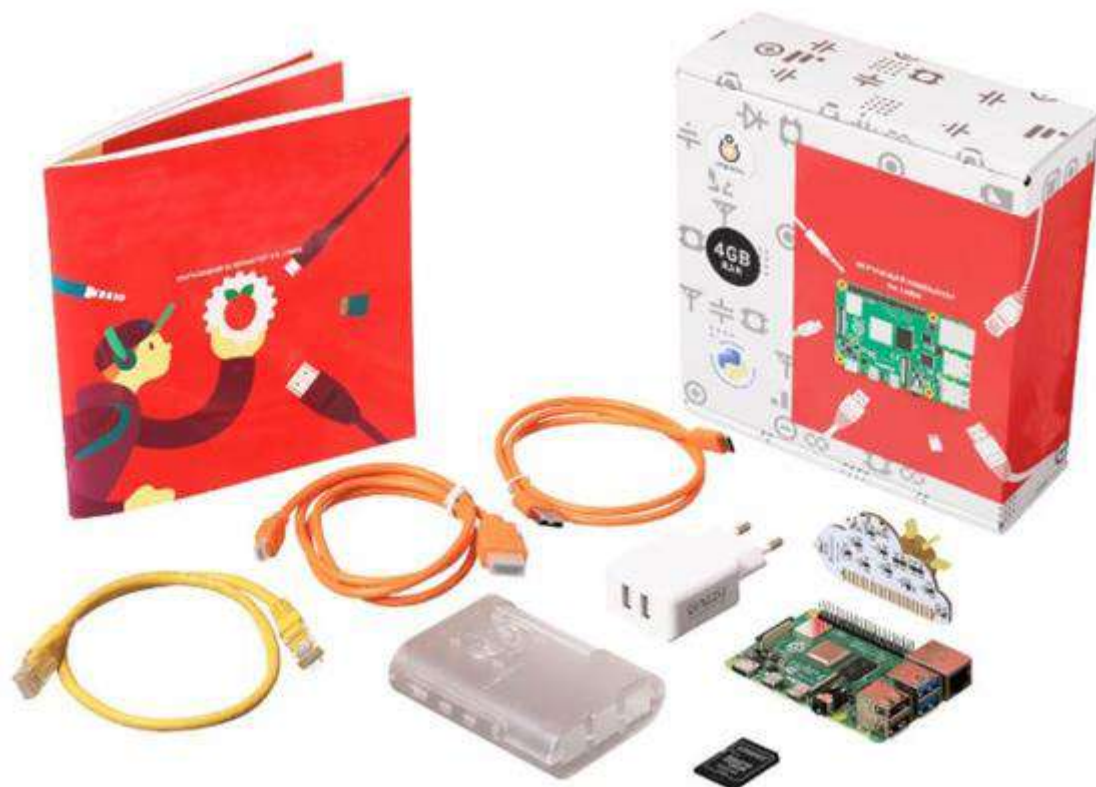


Рис. 17. Образовательный набор на основе микрокомпьютера Raspberry Pi

18. Конструктор-трансформер инженерный – 5 шт. (пример см. на рис. 18). Предназначен для изучения принципов конструирования и разработки инженерных систем и устройств, движущихся механизмов, формирования навыков инженерного мышления, проведения инженерных игр и соревнований.

Наименование характеристики	Значение
Количество собираемых моделей	Не менее 90 шт.
Алюминиевые профили (Ш × В) 40 × 40 мм	
Профиль тип 1 (длина 640 мм)	Не менее 2 шт.
Глубина паза	Не менее 13,8 мм и не более 14,1 мм
Профиль тип 2 (длина 480 мм)	Не менее 2 шт.
Глубина паза	Не менее 13,8 мм и не более 14,1 мм
Профиль тип 3 (длина 360 мм)	Не менее 2 шт.
Глубина паза	Не менее 13,8 мм и не более 14,1 мм
Профиль тип 4 (длина 320 мм)	Не менее 2 шт.
Глубина паза	Не менее 13,8 мм и не более 14,1 мм
Профиль тип 5 (длина 280 мм)	Не менее 2 шт.
Глубина паза	Не менее 13,8 мм и не более 14,1 мм
Профиль тип 6 (длина 240 мм)	Не менее 2 шт.
Глубина паза	Не менее 13,8 мм и не более 14,1 мм
Профиль тип 7 (длина 200 мм)	Не менее 2 шт.
Глубина паза	Не менее 13,8 мм и не более 14,1 мм
Профиль тип 8 (длина 160 мм)	Не менее 2 шт.
Глубина паза	Не менее 13,8 мм и не более 14,1 мм
Профиль тип 9 (длина 140 мм)	Не менее 2 шт.
Глубина паза	Не менее 13,8 мм и не более 14,1 мм
Профиль тип 10 (длина 120 мм)	Не менее 2 шт.
Глубина паза	Не менее 13,8 мм и не более 14,1 мм
Профиль тип 11 (длина 80 мм)	Не менее 2 шт.
Глубина паза	Не менее 13,8 мм и не более 14,1 мм

Профиль тип 12 (длина 60 мм)	Не менее 2 шт.
Глубина паза	Не менее 13,8 мм и не более 14,1 мм
Профиль тип 13 (длина 40 мм)	Не менее 2 шт.
Глубина паза	Не менее 13,8 мм и не более 14,1 мм
Профиль тип 14 (длина 10 мм)	Не менее 2 шт.
Глубина паза	Не менее 13,8 мм и не более 14,1 мм
Детали из нержавеющей стали	
Усиленные поворотные крепления колес с болтами	Не менее 2 шт.
Детали из пластика:	
Треугольный соединитель	Не менее 28 шт.
Зажим шестигранной оси	Не менее 4 шт.
Угловой соединитель	Не менее 32 шт.
Зубчатый диск	Не менее 32 шт.
U-образный соединитель	Не менее 10 шт.
Соединитель универсальный тип 1	Не менее 14 шт.
Размер соединителя универсального тип 1 (Ш × Д × В)	[40 × 40 × 20] мм
Поворотная пластина	Не менее 16 шт.
Размер поворотной пластины (Ш × Д × В)	[40 × 40 × 11] мм
Соединитель универсальный тип 2	Не менее 6 шт.
Размер соединителя универсального тип 2 (Ш × Д × В)	[40 × 120 × 20] мм
T-позиционирующий блок	Не менее 220 шт.
Размер T-позиционирующего блока (Ш × Д × В)	[6 × 16 × 8] мм
Позиционирующий блок	Не менее 80 шт.

Размер позиционирующего блока (Ш × Д × В)	[6 × 16 × 8] мм
Сиденье	Не менее 4 шт.
Размер сиденья (Ш × Д)	Не менее [13,5 × 27,5] мм
Ручки для руля	Не менее 4 шт.
Диаметр ручки руля	22 мм
Левая педаль	Не менее 1 шт.
Правая педаль	Не менее 1 шт.
Шатун педали	Не менее 2 шт.
Малый шкив со свободным ходом (с трещоткой) под зубчатый ремень полукруглого профиля HTD 8M	Не менее 1 шт.
Малый шкив, фиксированный под зубчатый ремень полукруглого профиля HTD 8M	Не менее 1 шт.
Большой шкив под зубчатый ремень полукруглого профиля HTD 8M	Не менее 1 шт.
Система хранения для конструктора	Не менее 2 шт.
Размер систем хранения (Д × Ш × В)	[60 × 40 × 32] см
Органайзер для болтов и гаек (Д × Ш × В)	Не менее 2 шт. [28 × 18 × 5] см
Круглая проставка тип 1	Не менее 4 шт.
Внутренний диаметр	8 мм
Внешний диаметр	12 мм
Высота	6 мм
Круглая проставка тип 2	Не менее 4 шт.
Внутренний диаметр	22 мм
Внешний диаметр	31 мм
Высота	2 мм

Круглая проставка тип 3	Не менее 4 шт.
Внутренний диаметр	22 мм
Внешний диаметр	31 мм
Высота	5 мм
Круглая проставка тип 4	Не менее 8 шт.
Внутренний диаметр	22 мм
Внешний диаметр	31 мм
Высота	10 мм
Шестигранная проставка	Не менее 8 шт.
Внутренний диаметр	22 мм
Внешний диаметр	31 мм
Высота	40 мм
Ящик для багажа (Д × Ш × В)	Не менее 1 шт. [400 × 300 × 220] мм
Подшипники	
Сдвоенный стальной подшипник в полиамидном корпусе	Не менее 6 шт.
Диаметр внутреннего отверстия	8 мм
Размер (Ш × Д × В)	[40 × 40 × 46] мм
Сдвоенный стальной подшипник с полиамидной шестигранной вставкой и в корпусе из полиамида (Ш × Д × В)	Не менее 5 шт., [40 × 40 × 59] мм
Сдвоенный стальной подшипник с полиамидной шестигранной вставкой в корпусе из полиамида (Ш × Д × В)	Не менее 3 шт., [40 × 80 × 59] мм
Алюминиевые шестигранные оси диаметром 22 мм	
Шестигранная ось тип 1 (длина 418 мм)	Не менее 1 шт.
Шестигранная ось тип 2 (длина 245 мм)	Не менее 1 шт.

Шестигранная ось тип 3 (длина 222 мм)	Не менее 2 шт.
Шестигранная ось тип 4 (длина 172 мм)	Не менее 1 шт.
Шестигранная ось тип 5 (длина 40 мм)	Не менее 4 шт.
Колеса	
Надувное резиновое колесо в комплекте с пластиковым диском, вдвоенным подшипником и втулкой	Не менее 3 шт.
Диаметр колеса	От 34 см до 38 см
Внутренний диаметр втулки	8 мм
Надувное резиновое колесо в комплекте с пластиковым диском, со сквозным шестигранным отверстием и тормозным металлическим диском	Не менее 1 шт.
Диаметр колеса	От 34 см до 38 см
Диаметр шестигранного отверстия	22 мм
Колесо с полиуретановым покрытием, подшипниками и втулкой	Не менее 4 шт.
Диаметр колеса	18 см
Внутренний диаметр втулки	8 мм
Колесо с полиуретановым покрытием, подшипниками и втулкой	Не менее 4 шт.
Диаметр колеса	12 см
Внутренний диаметр втулки	8 мм
Колесо с полиуретановым покрытием, подшипниками и втулкой	Не менее 4 шт.
Диаметр колеса	10 см

Внутренний диаметр втулки	8 мм
Дрифт-колесо с полиуретановым покрытием и подшипниками	Не менее 4 шт.
Диаметр дрифт-колеса	7,5 см
Электрокомпоненты	
Электромотор с понижающим редуктором в пластиковом корпусе с закладными гайками и пазами под позиционирующие блоки	Не менее 1 шт.
Резьба гайки	M8
Мощность электромотора	150–250 Вт
Напряжение	18 В
Литиевый аккумулятор	Не менее 1 шт.
Емкость литиевого аккумулятора	Не менее 11 А·час
Напряжение	18 В
Ручка управления скоростью вращения электромотора с креплением на ручку руля	Не менее 1 шт.
Диаметр ручки управления	22 мм
Слот для крепления аккумулятора	Не менее 1 шт.
Зарядная станция для литиевого аккумулятора	Не менее 1 шт.
Напряжение	18 В
Двухжильный гибкий кабель питания с закрепленными коннекторами, подходящими к электромотору и слоту для крепления аккумулятора	Не менее 1 шт.
Длина кабеля	Не менее 60 см
Металлические винты, болты, гайки, шайбы	

Винт с внутренним шестигранником	Не менее 6 шт.
Диаметр резьбы	M6
Длина винта	16 мм
Винт с внутренним шестигранником	Не менее 6 шт.
Диаметр резьбы	M6
Длина винта	20 мм
Винт с внутренним шестигранником	Не менее 14 шт.
Диаметр резьбы	M6
Длина винта	25 мм
Винт с внутренним шестигранником	Не менее 18 шт.
Диаметр резьбы	M6
Длина винта	35 мм
Винт с внутренним шестигранником	Не менее 115 шт.
Диаметр резьбы	M8
Длина винта	20 мм
Винт с внутренним шестигранником	Не менее 30 шт.
Диаметр резьбы	M8
Длина винта	25 мм
Винт с внутренним шестигранником	Не менее 24 шт.
Диаметр резьбы	M8
Длина винта	35 мм
Винт с внутренним шестигранником	Не менее 18 шт.
Диаметр резьбы	M8
Длина винта	40 мм
Винт с внутренним шестигранником	Не менее 12 шт.
Диаметр резьбы	M8
Длина винта	50 мм
Винт с внутренним шестигранником	Не менее 18 шт.
Диаметр резьбы	M8

Длина винта	60 мм
Винт с внутренним шестигранником	Не менее 4 шт.
Диаметр резьбы	M8
Длина винта	75 мм
Соединительная гайка	Не менее 2 шт.
Диаметр резьбы	M6
Высота гайки	Не менее 17 мм и не более 20 мм
Самоконтрящаяся гайка тип 1	Не менее 25 шт.
Диаметр резьбы	M6
Высота гайки	6 мм
Самоконтрящаяся гайка тип 2	Не менее 60 шт.
Диаметр резьбы	M8
Высота гайки	8 мм
Шайба малая	Не менее 22 шт.
Внутренний диаметр шайбы	8 мм
Внешний диаметр шайбы	16 мм
Толщина шайбы	1,6 мм
Шайба большая	Не менее 8 шт.
Внутренний диаметр шайбы	8 мм
Внешний диаметр шайбы	30 мм
Толщина шайбы	2 мм
Слайд-гайка (закладная гайка с подпружиненным шариком для алюминиевого профиля)	Не менее 60 шт.
Диаметр резьбы	M8
Размер (Д × Ш × В)	[22 15 8] мм
Двойная слайд-гайка (закладная гайка с подпружиненным шариком для	Не менее 4 шт.

алюминиевого профиля) с двумя отверстиями	
Диаметр резьбы	М6
Размер (Д × Ш × В)	[40 × 15 × 8] мм
Прочие детали	
Тормозной суппорт с тормозными колодками под тормозной диск	Не менее 1 шт.
Диаметр тормозного диска	160 мм
Толщина тормозного диска	Не менее 1,6 мм и не более 1,9 мм
Материал тормозного механизма	Сталь
Ручка тормоза	Не менее 1 шт.
Металлический тормозной трос тип 1	Не менее 1 шт.
Длина тормозного троса	Не менее 0,7 м и не более 0,9 м
Внутренний диаметр троса	Не менее 1,5 мм и не более 1,6 мм
Внешний диаметр троса (с учетом оплетки)	Не менее 4 мм и не более 6 мм
Металлический тормозной трос тип 2	Не менее 1 шт.
Длина тормозного троса	Не менее 1,2 м и не более 1,4 м
Внутренний диаметр троса	Не менее 1,5 мм и не более 1,6 мм
Внешний диаметр троса (с учетом оплетки)	Не менее 4 мм и не более 6 мм
Металлический тормозной трос тип 3	Не менее 1 шт.
Длина тормозного троса	Не менее 1,5 м
Внутренний диаметр троса	Не менее 1,5 мм и не более 1,6 мм
Внешний диаметр троса (с учетом оплетки)	Не менее 4 мм и не более 6 мм
Металлический тормозной трос тип 4	Не менее 1 шт.
Длина тормозного троса	Не менее 1,7 м
Внутренний диаметр троса	Не менее 1,5 мм и не более 1,6 мм

Внешний диаметр троса (с учетом оплетки)	Не менее 4 мм и не более 6 мм
Материал тросов	Пластик, сталь
Зубчатый ремень тип 1 – зубчатый ремень полукруглого профиля HTD 8М	Не менее 1 шт.
Длина зубчатого ремня	Не менее 1000 мм и не более 1080 мм
Ширина зубчатого ремня	Не менее 11 мм и не более 13 мм
Зубчатый ремень тип 2 – зубчатый ремень полукруглого профиля HTD 8М	Не менее 1 шт.
Длина зубчатого ремня	Не менее 1320 мм и не более 1350 мм
Ширина зубчатого ремня	Не менее 11 мм и не более 13 мм
Зубчатый ремень тип 3 – зубчатый ремень полукруглого профиля HTD 8М	Не менее 1 шт.
Длина зубчатого ремня	Не менее 1640 мм и не более 1660 мм
Ширина зубчатого ремня	Не менее 11 мм и не более 13 мм
Материал ремней	Резина
Рулевая тяга	Не менее 2 шт.
Материал рулевой тяги	Сталь, алюминий
Амортизатор	Не менее 2 шт.
Длина амортизатора	Не менее 200 мм и не более 300 мм
Мягкий чехол на сиденье	Не менее 4 шт.
Грипса на ручку	Не менее 2 шт.
Внутренний диаметр грипсы	22 мм
Защитная резиновая крышка на торец алюминиевого профиля [40 × 40] мм	Не менее 4 шт.

Фиксатор резьбы анаэробный, разъемный	Не менее 1 шт.
Объем фиксатора резьбы	Не менее 6 мл
Резиновая клипса в паз 10 мм алюминиевого профиля для фиксации троса и (или) кабеля диаметром от 4 до 6 мм	Не менее 16 шт.
Инструменты для сборки	
Ключ трубчатый 13	Не менее 1 шт.
Рожковый ключ 13–15	Не менее 1 шт.
Рулетка	Не менее 1 м и не более 5 м
Шестигранный ключ, диаметр 3 мм	Не менее 1 шт.
Шестигранный ключ, диаметр 4 мм	Не менее 1 шт.
Шестигранный ключ, диаметр 5 мм	Не менее 2 шт.
Шестигранный ключ, диаметр 6 мм	Не менее 4 шт.
Ручка шестигранного ключа	Не менее 1 шт.

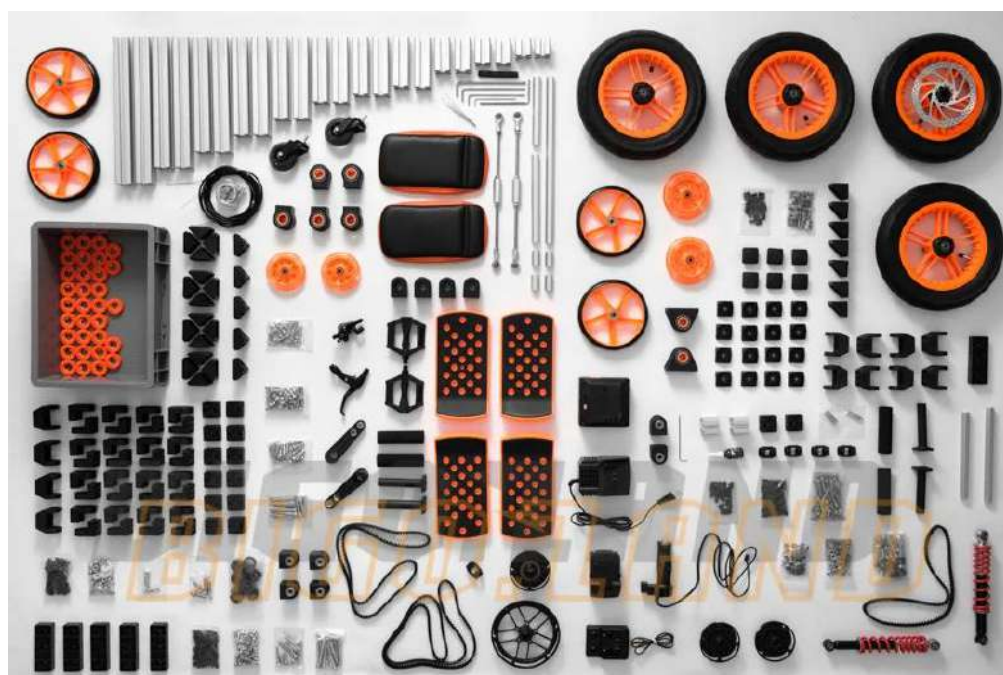


Рис. 18. Конструктор-трансформер инженерный