

Манипулятор-магнитометр

I. Формулировка задачи (условия)

Для обнаружения ферромагнитных предметов в грунте важную роль играют соответствующие магнитные свойства. В измерениях магнитного поля используется эффект влияния находящихся в грунте посторонних предметов на магнитное поле Земли. Эти отклонения в параметрах магнитного поля Земли регистрируются магнитометром. Область науки, изучающая измерение магнитного поля, называется магнитометрией. По локальным отклонениям магнитного поля на поверхности Земли можно судить о наличии ферромагнитных предметов в грунте. С помощью магнитометрии можно обнаружить разные объекты, такие как неутрализованные посторонние предметы или археологические объекты.

В рамках командного практического задания финала участникам необходимо разработать автоматизированный манипулятор, позволяющий осуществлять магнитометрию заданной области, находить ферромагнитные предметы и формировать визуальную карту магнитного поля заданной области.

II. Требования к функционированию устройства

Главной задачей является разработка программно-аппаратного комплекса (ПАК), способного в автоматизированном режиме производить магнитометрию заданной области, находить положение ферромагнитных предметов и формировать визуальную карту магнитного поля заданной области.

С использованием предоставленного оборудования, инструментов и программного обеспечения необходимо разработать ПАК в соответствии со следующими требованиями:

1. ПАК должен иметь возможность сканирования пространства и заданной области (рисунок 1).
2. Устройство должно определять координаты ферромагнитного предмета в заданной области в соответствии с их положением на миллиметровой бумаге.
3. Для управления точностью определения координат ферромагнитных предметов необходимо реализовать программный механизм настройки процедуры сканирования (регулирование площади области сканирования, количество измерений на угол поворота, количество углов поворота манипулятора).
4. Устройство должно иметь возможность производить обнаружение нескольких ферромагнитных предметов за один цикл работы.

5. ПАК должен иметь возможность логгирования и сохранения результатов проведения испытаний: координат перемещения сканирующего модуля (датчик Холла КУ-035), результатов сканирования (величина значения магнитного поля), координаты обнаруженных ферромагнитных предметов. Сохранение результатов проведения испытаний должны производиться в файле с расширением .txt или .xls. В файле должны быть отображены номер испытания, координаты точек сканирования и значения магнитного поля в данных точках, количество найденных ферромагнитных предметов, координаты найденных ферромагнитных объектов (пример – рисунок 2).
6. Должно быть разработано программное обеспечение, позволяющее визуализировать карту магнитного поля заданной области. Программное обеспечение для визуализации может быть реализовано на базе MATLAB или Python (с использованием библиотек).
7. Визуализация должна представлять собой двухмерную карту теплоты (heatmap), реализующую градиентную покраску области, в которой точка с самым высоким значение величины магнитного поля должна быть отображены тёмно-красным цветом, с самым низким значением – тёмно-синим (пример – рисунок 3).
8. Визуализация может производиться на любом имеющемся устройстве (ПК или смартфоне).
9. Специализированных требований к способу обмена данными между ПАК и устройством для вывода визуализации не предъявляется.
10. ПАК должен располагаться на ровной поверхности на одной плоскости с миллиметровой бумагой. Ферромагнитные объекты располагаются на соответствующей подставке.
11. Электропитание ПАК производится при помощи блока питания 9V 2A.



Рисунок 1. Примерная геометрия заданной области сканирования

```

пример.txt – Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
Test1  _____  Номер испытания
100 50 550
100 55 600  _____  Координата X
100 60 550  _____  Координата Y
110 50 600  _____  Значение
                             магнитного поля
110 55 650
110 60 600
120 50 550
120 55 600
120 60 550
Magnets found: 1  _____  Кол-во
                             магнитов
Magnets XY: 110 55  _____  Координаты
                             магнитов
    
```

Рисунок 2. Пример сохранения результатов работы ПАК в файл .txt

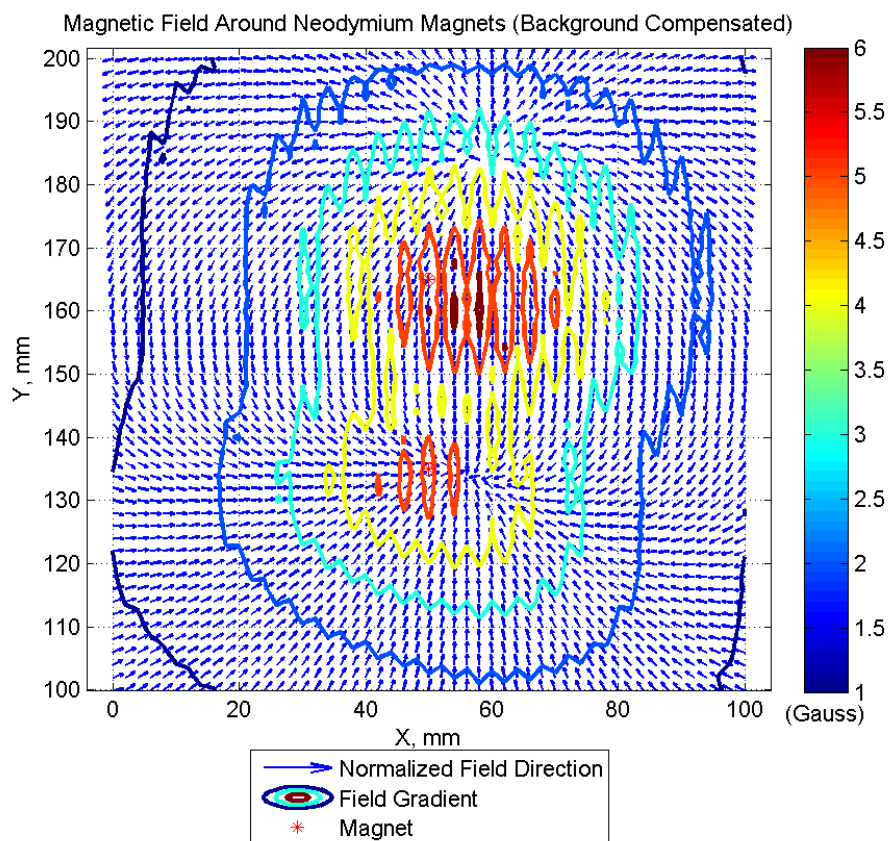


Рисунок 3. Пример двумерной визуализации магнитного поля с указанием положения ферромагнитных предметов.

III. Задачи, которые необходимо выполнить участникам команды в рамках выполнения командного практического задания финала.

Подготовка включает 7 основных задач (рекомендуется выполнять задачи параллельно с разделением ответственности между участниками команды):

1. Разработать ПАК в соответствии с требованиями пункта II задания, способный проходить испытания в соответствии с регламентом испытаний (пункт V).
2. Определить максимально возможные границы области сканирования для разработанного устройства и произвести разметку данной области на миллиметровой бумаге. Разметка должна представлять собой контур область сканирования, нанесенный на миллиметровую бумага при помощи чёрной гелевой ручки. Участникам необходимо определить ограничения по сканированию области (минимальная высота подъема манипулятора относительно поверхности расположения, максимальная дальность сканирования, угол поворота манипулятора).
3. С использованием предоставленных 3D моделей, сборочных чертежей и чертежей элементов необходимо разработать:
 - 3.1. 3D модели частей крепежного элемента для магнитного датчика Холла КУ-035 по предоставленным чертежам (приложение 2).
 - 3.2. 3D модель подставки для ферромагнитного объекта (приложение 3).
 - 3.3. Трехмерную сборку ПАК в системе автоматизированного проектирования (пример итогового сборочного чертежа представлен в приложении 4).
 - 3.4. Спроектированная сборка должна задействовать все предложенные 3D-модели деталей. Сборка не должна содержать пересечений, в ней должны быть предусмотрены все необходимые взаимосвязи. Не должно быть пересечения деталей конструкции.
4. С использованием монтажной схемы разработать электрическую принципиальную схему устройства с использованием в EasyEDA (необходимо использовать все электронные компоненты из предложенного набора).
5. Разработать программное обеспечение для управления ПАК и процедурой сканирования области с использованием ArduinoIDE (допускается использование любых готовых библиотек).
6. Разработать программное обеспечение для визуализации результатов сканирования области.
7. Необходимо произвести фотографирование разработанного ПАК (не менее 3 фотографий с различных ракурсов).

IV. Требования к сохранению результатов выполнения командного практического задания финала.

Название сохраняемых файлов должно быть представлено в виде НазваниеКоманды_№файла.формат. Все файлы должны быть сохранены и загружены в форму (<https://clck.ru/344qiZ>) на момент окончания состязания (проверяется последний загруженный вариант):

1. 3D модели частей крепежного элемента (2 шт.) для магнитного датчика Холла КУ-035 и подставки для ферромагнитного предмета (1 шт.) в формате *.stl. Пример: Команда1_1_model1.stl, Команда1_1_model2.stl, Команда1_1_model3.stl
2. Трехмерная сборка ПАК в формате *.fbx. Пример: Команда1_2.fbx
3. Электрическая принципиальная схема устройства в форматах *.pdf и *.json(экспорт в PDF и EasyEDA). Пример: Команда1_3.pdf и Команда1_3.json.
4. Программное обеспечение для управления ПАК в формате *.ino. Пример: Команда1_4.ino
5. Программное обеспечение для визуализации результатов в формате *.py (код Python) или *.m (код MATLAB). Пример: Команда1_5.py или Команда1_5.m
6. Файл с результатами сканирования области в формате *.txt или *.xls. Пример: Команда1_6.txt или Команда1_6.xls
7. Изображения с фотографиями ПАК в формате .jpg. Пример: Команда1_ФотоПАК1.jpg

V. Перечень оборудования, инструментов, программного обеспечения для реализации командного практического задания финала

- Набор компонентов и инструментов для сборки ПАК (состав набора представлен в приложении 1).
- САПР для 3D-моделирования КОМПАС-3D (возможно использование аналогичного инженерного САПР).
- Среда разработки ArduinoIDE.
- Среда разработки Python.
- MATLAB — пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений.
- Онлайн редактор электрических принципиальных схем EasyEDA (возможно использование десктоп-версии).
- Папка с 3D-моделями составляющих 3D-сборки в формате .fbx (https://disk.yandex.ru/d/fDkgA_QAyl6JpQ)

- Чертежи крепежного элемента для магнитного датчика Холла КУ-035(приложение 2).
- Чертежи подставки для ферромагнитного предмета (приложение 3).
- Сборочный чертеж ПАК и спецификация (приложение 4).
- Монтажная схема ПАК (приложение 5).

VI. Регламент испытания разработанного ПАК

Результаты выполнения практического командного задания финала проверяется в процессе **3-х испытаний**. На проведение каждого испытания дается 1 попытка. Жюри по своему усмотрению может предоставить возможность проведения второй попытки испытания при наличии незначительных сбоев в работе ПАК и их оперативном (до 30 секунд) исправлении.

1. В рамках **первого испытания** проверяются результаты выполнения задач 1–4:

- Участники демонстрируют результаты 3D-моделирования. Эксперты оценивают 3D-модели крепежного элемента и 3D-модель разработанной сборки.
- Участники демонстрируют разработанную электрическую принципиальную схему. Эксперты оценивают ее корректность.
- Участники демонстрируют разметку области сканирования. Эксперты визуально оценивают корректность размеченной области в сравнении с потенциально возможной.
- Участники демонстрируют результаты сборки ПАК. Эксперты оценивают целостность ПАК и возможность проведения дальнейших испытаний.

2. В рамках **второго испытания** производится демонстрации работоспособности системы сканирования заданной области разработанным ПАК:

- Участники демонстрируют возможность настройки процедуры сканирования (регулирование площади области сканирования, количество измерений на угол поворота, количество углов поворота манипулятора) и наличие сохраненного файла с кодом в папке. По команде экспертом участники задают определенные параметры процедуры сканирования.

- Эксперты располагают один ферромагнитный предмет с подставкой в размеченной на миллиметровой бумаге области сканирования и визуально определяют координату объекта. После этого эксперты дают команду участникам на запуск ПАК.
- Производится сканирование заданной области. Эксперты визуально оценивают соответствие работы ПАК ранее заданным настройкам. После окончания процедуры сканирования участники демонстрируют экспертам файл с результатами сканирования заданной области.
- Эксперты оценивают корректность полученных результатов:
 - соответствие сохраняемого файла требованиям (формат, структура);
 - соответствие ранее заданным настройкам сканирования (общее количество измерений);
 - корректность полученных показаний магнитного поля;
 - корректность определения количества найденных ферромагнитных предметов;
 - корректность координат ферромагнитных объектов в сравнении с реальным положением на миллиметровой бумаге;

3. В рамках третьего испытания производится демонстрации работоспособности системы сканирования заданной области разработанным ПАК при расположении 2-х ферромагнитных предметов в заданной области:

- Эксперты располагают два ферромагнитных предмета в размеченной на миллиметровой бумаге области сканирования на удаление друг от друга и визуально определяют координаты объектов. После этого эксперты дают команду участникам на запуск ПАК.
- Участники запускают ПАК, производится сканирование заданной области. После окончания процедуры сканирования участники демонстрируют экспертам файл с результатами сканирования заданной области.
- Эксперты оценивают корректность определения количества найденных ферромагнитных предметов в файле с результатами сканирования.
- Участники демонстрируют результаты работы разработанного программного обеспечения для визуализации (в случае, если ПАК не имеет возможности определять координаты несколько магнитов, демонстрируется визуализация для одного магнита), а также наличие сохраненного файла с кодом в папке команды.
- Эксперты оценивают корректность визуализации с точки зрения формирования карты измерений (корректность нанесения значений по

координатам), корректность реализации градиента карты магнитного поля, соответствие координат ферромагнитных предметов на миллиметровой бумаге координатам положению “горячих” точек на карте (точек с самым высоким значением магнитного поля).

VII. Критерии оценки качества работ

В рамках выполнения командного практического задания финала участники демонстрируют свои навыки и умения по компетенциям: “Программирование”, “Электротехника и схемотехника”, “Кинематика и конструирование”, “3D-моделирование и прототипирование”.

Эксперты оценивают результаты работы участников в соответствии с регламентом испытаний. Эксперты оценивают функциональные возможности разработанного ПАК по объективной шкале оценки (требование к функциональным возможностям выполнено полностью, выполнено частично, не выполнено). Эксперты также оценивают наличие и качество результатов работы по 3D-моделированию, разработке электрической принципиальной схемы, основываясь на своем профессиональном опыте.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПЕРЕЧЕНЬ ОБОРУДОВАНИЯ В НАБОРЕ

№	Наименование	Кол-во
1	Keystudio V4.0 плата управления	1
2	Keystudio драйвер сервомоторов	1
3	Акриловые элементы	1
4	MeArm ABS цилиндрический держатель	1
5	Сервопривод	3
6	Датчик Холла KY-035	1
7	3*40ММ отвертка	1
8	Оцинкованный ключ	1
9	М3*6ММ Винты с круглой головкой	12
10	М3*10ММ Винты с круглой головкой	22
11	М3*14ММ Винты с плоской головкой	2
12	М3*12ММ Винты с круглой головкой	12
13	М3*24+6ММ медные стойки	4
14	М3*6mm+6mm медные стойки	10
15	Шестигранные гайки М3 из нержавеющей стали	22
16	Шестигранные гайки М3 24	24
17	Саморезы М1,2х5ММ с крестообразным шлицем	8
18	Саморезы М2х5ММ Phillips	10
19	Плоская шайба из нержавеющей стали М3 304	10
20	Саморезы М2х8ММ с крестообразным шлицем	2
21	Винты с плоской головкой М3*16 мм	2
22	Провода Папа-Мама 10СМ	4
23	Провода Мама-Мама 50СМ	10
24	Провод питания платы	1
25	Черные кабельные стяжки 3*100 мм	7
26	Крепеж для датчика Холла (2 составных элемента)	1
27	Подставка для ферромагнитного предмета	2
28	Магнит прямоугольный	2
29	Блок питания 9V 2A	1

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ЧЕРТЕЖ КРЕПЛЕНИЯ

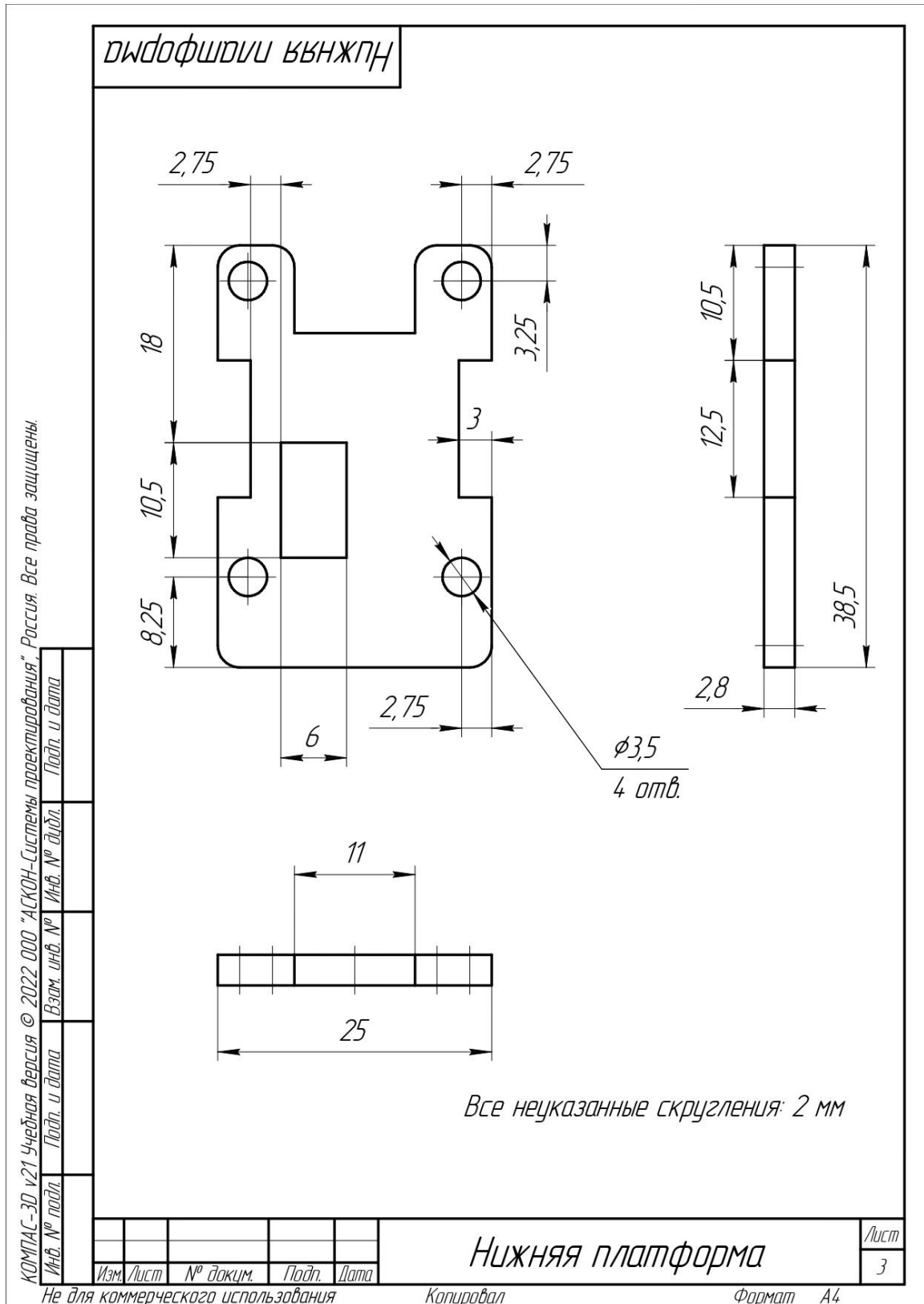


Рис. 1. Нижняя платформа (верхняя часть)

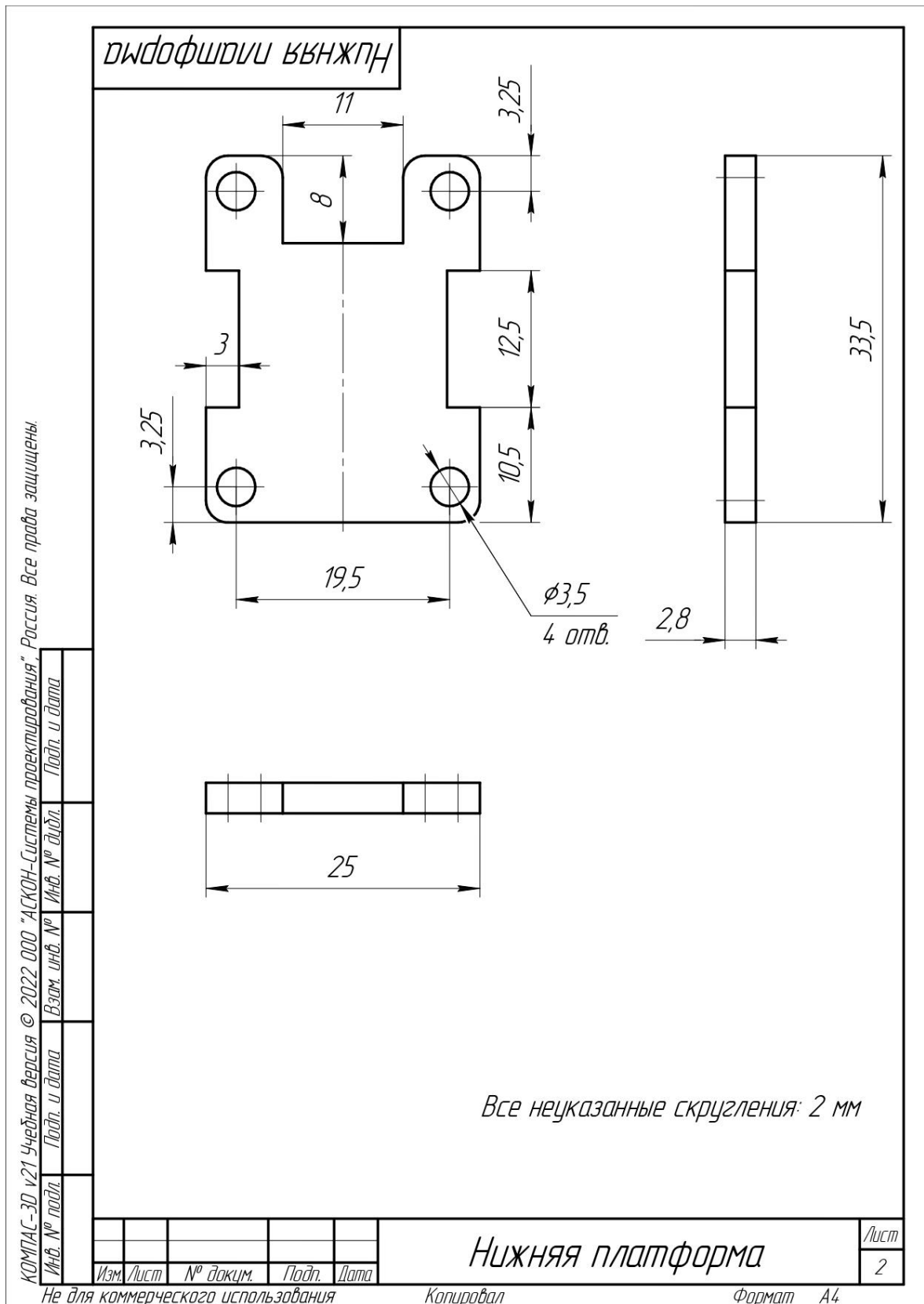


Рис. 2. Нижняя платформа (нижняя часть)

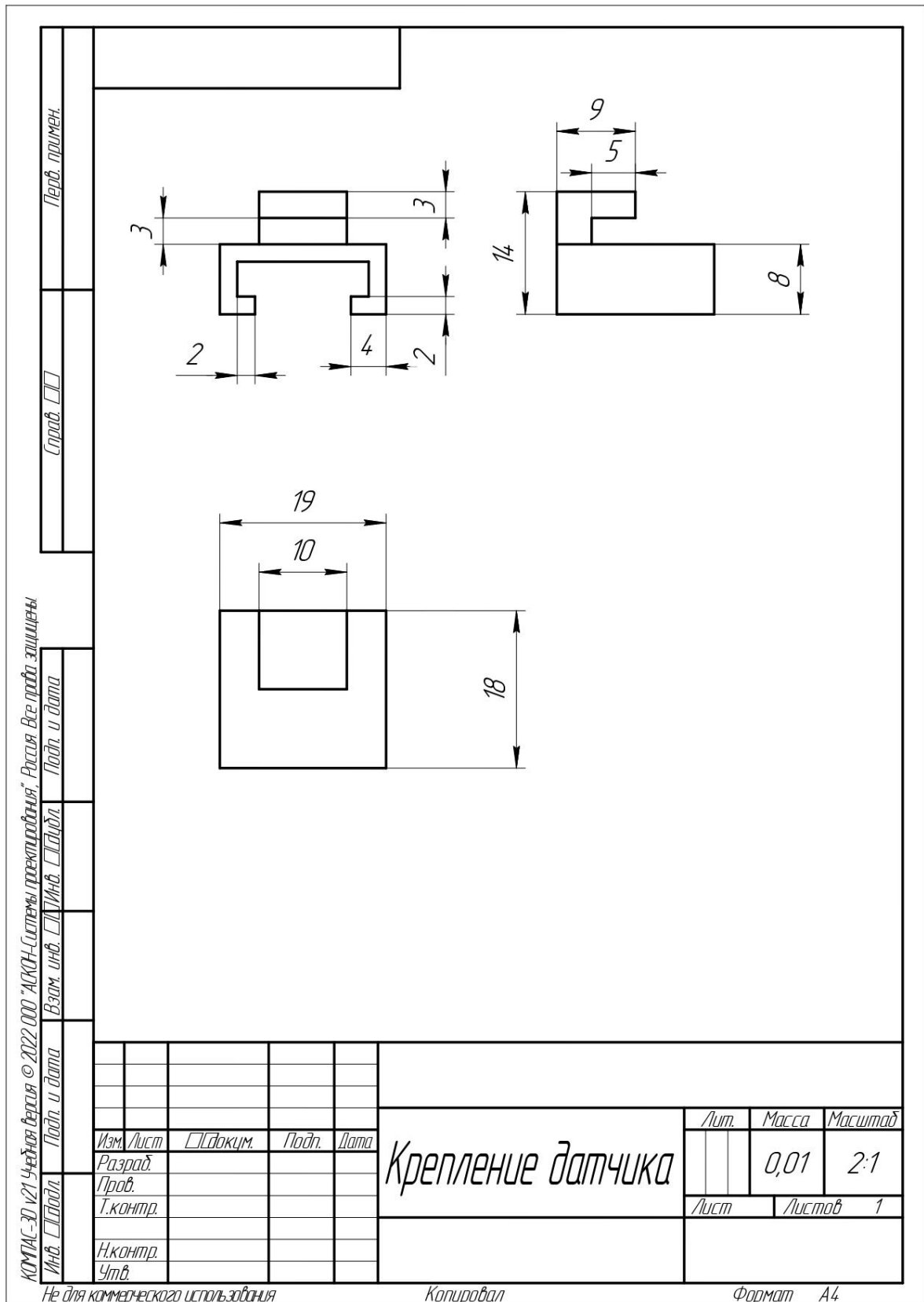


Рис. 3. Крепление датчика

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ

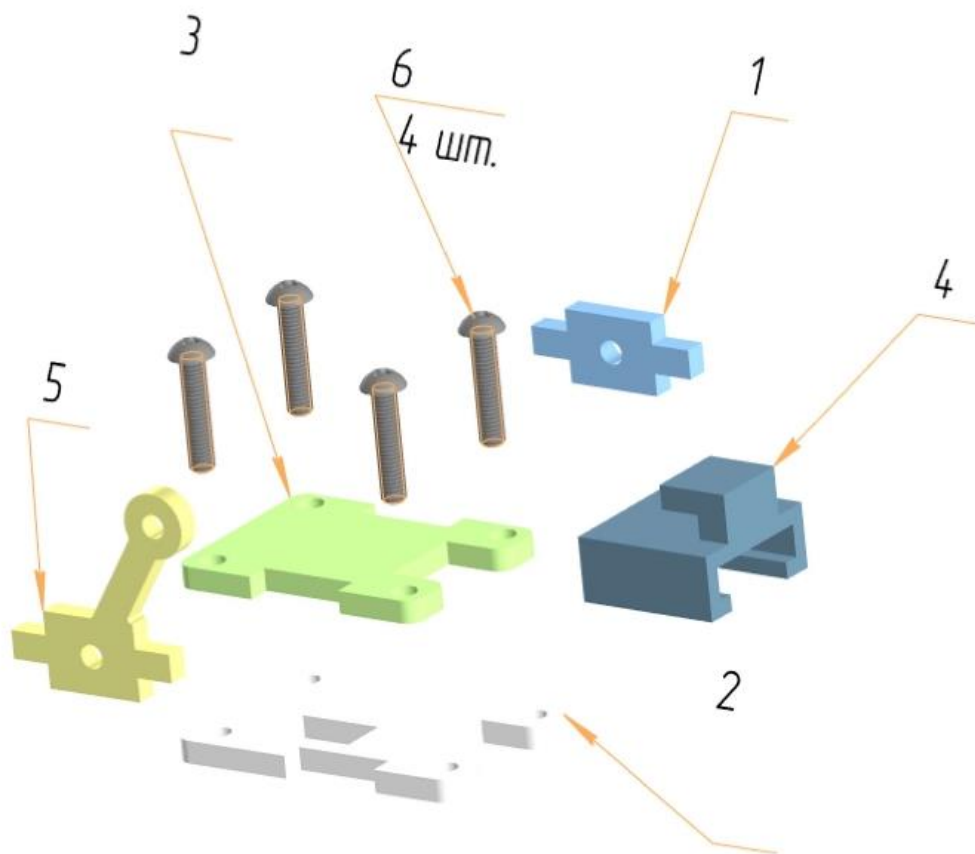


Рис. 1. Сборочный чертеж держателя датчика

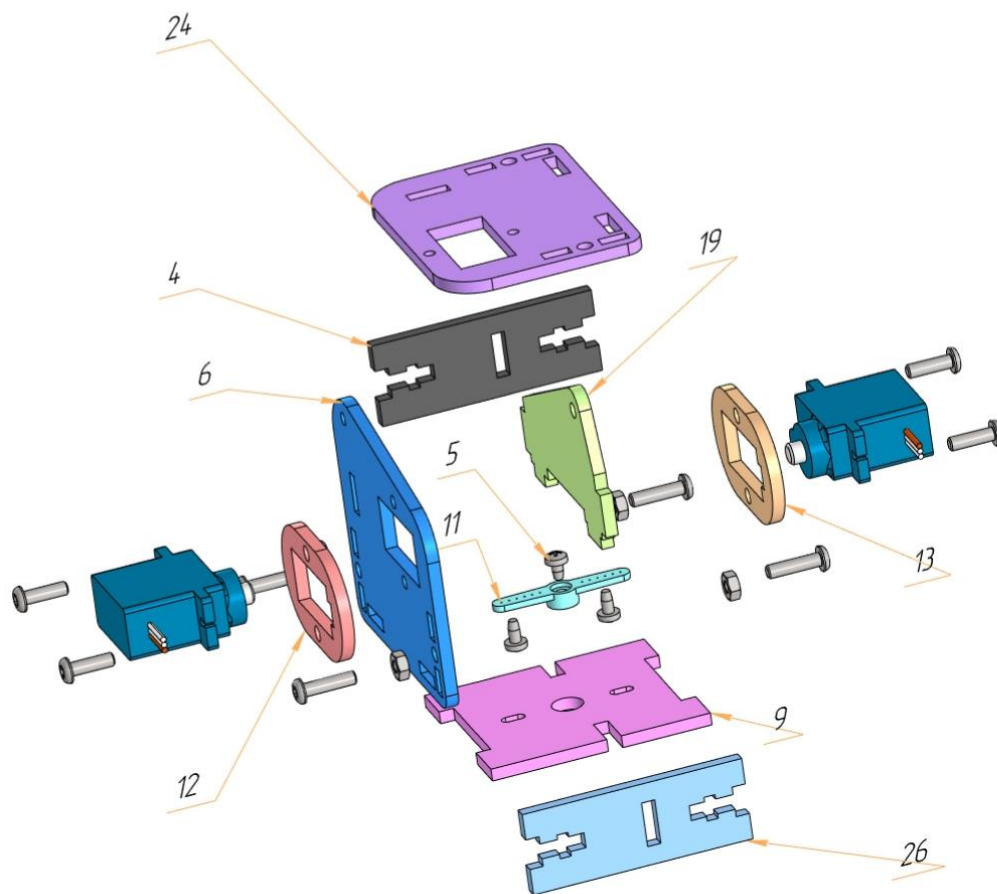


Рис. 3. Чертеж поворотного механизма манипулятора

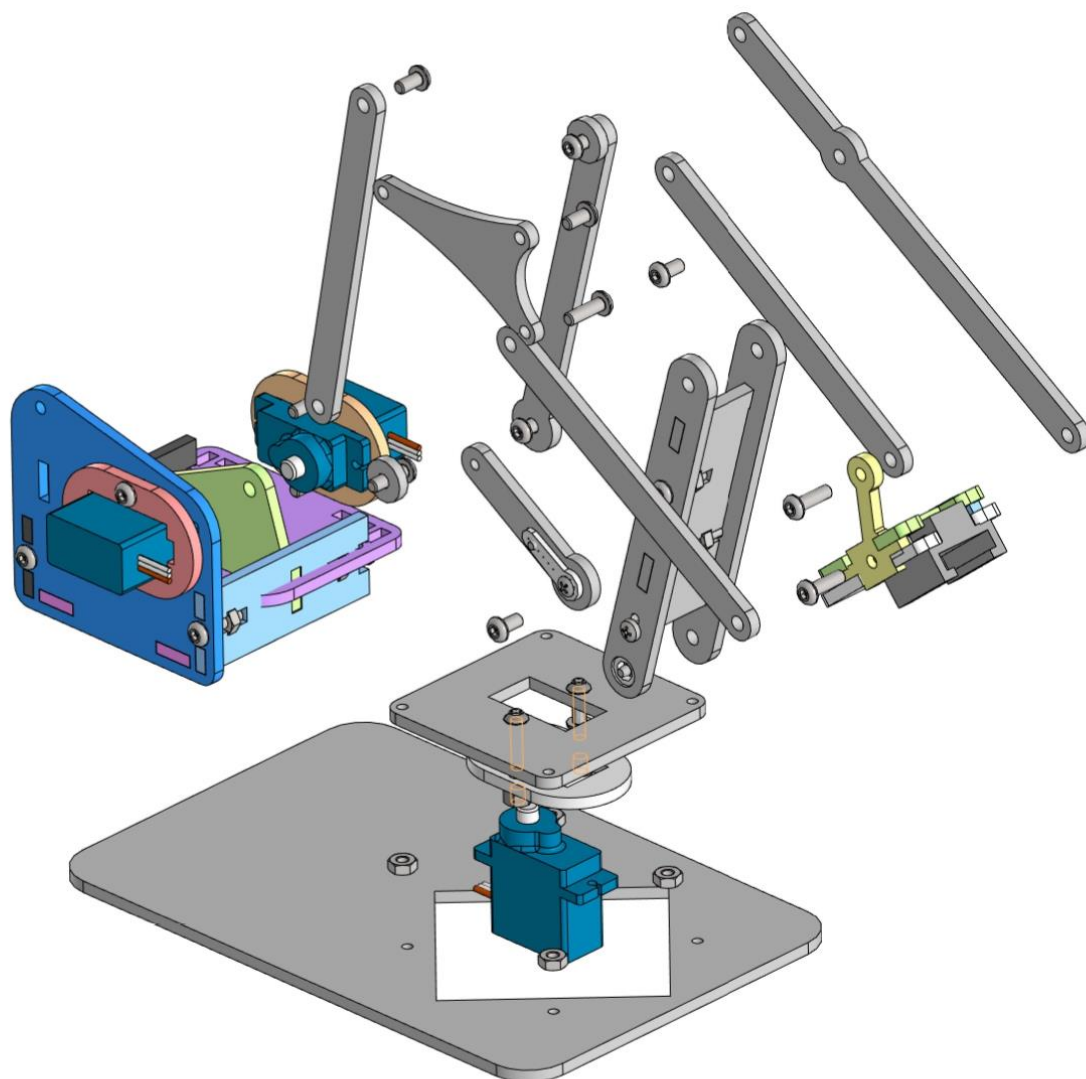


Рис. 5. Общая конструкция манипулятора

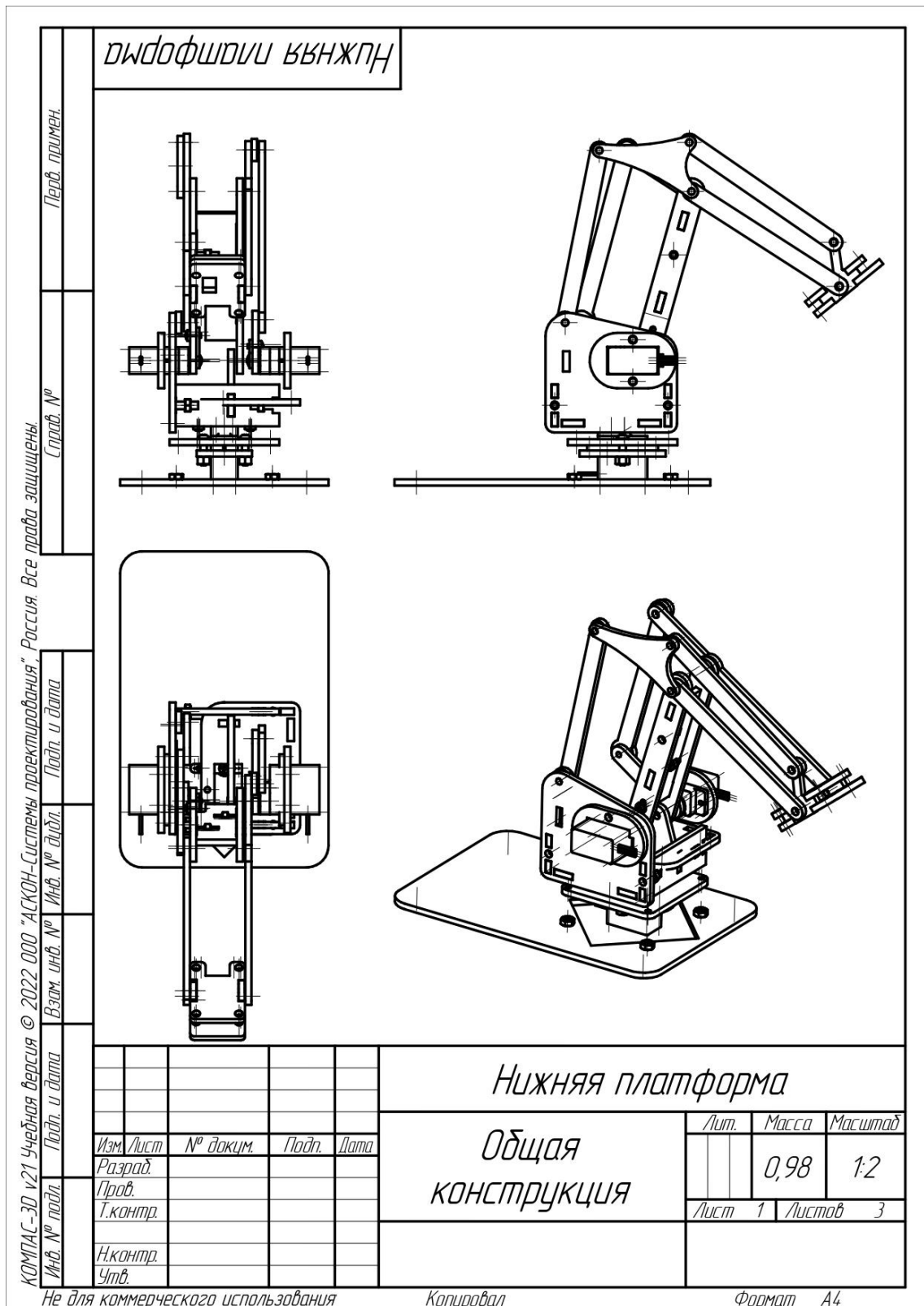


Рис. 6. Чертеж общей конструкции манипулятора

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. МОНТАЖНАЯ СХЕМА ПАК

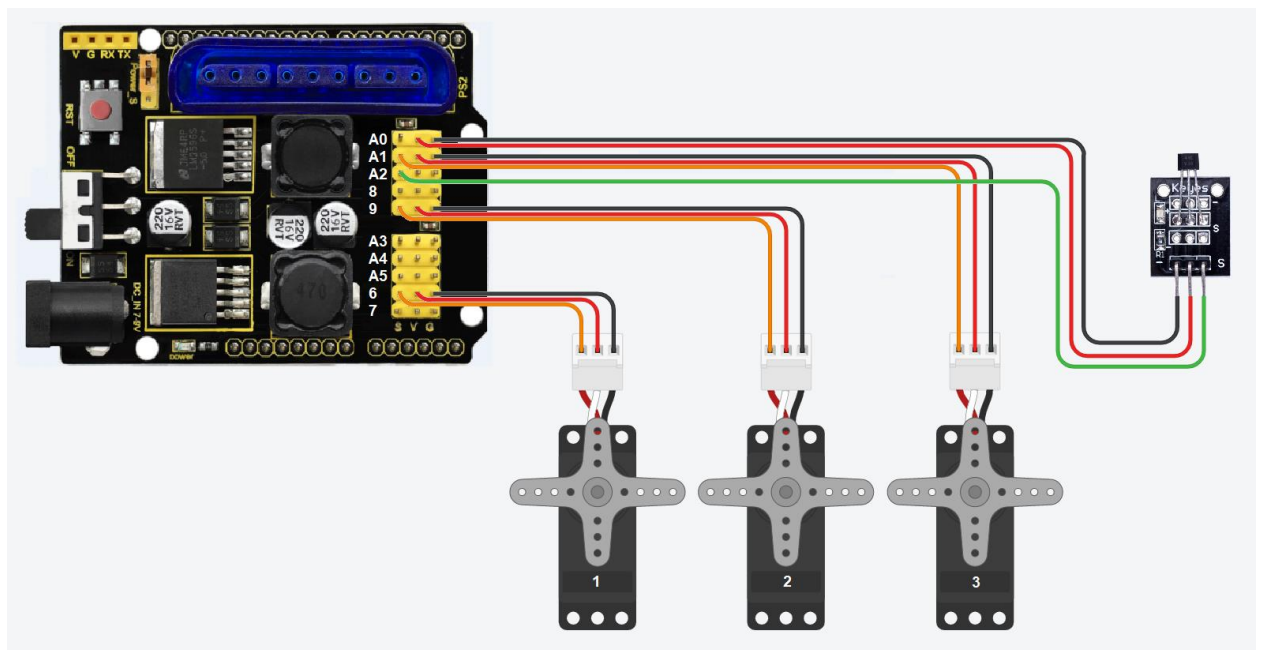


Рис. 1. Монтажная схема ПАК