



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ
МЕГАПОЛИС

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ



Инженерный класс

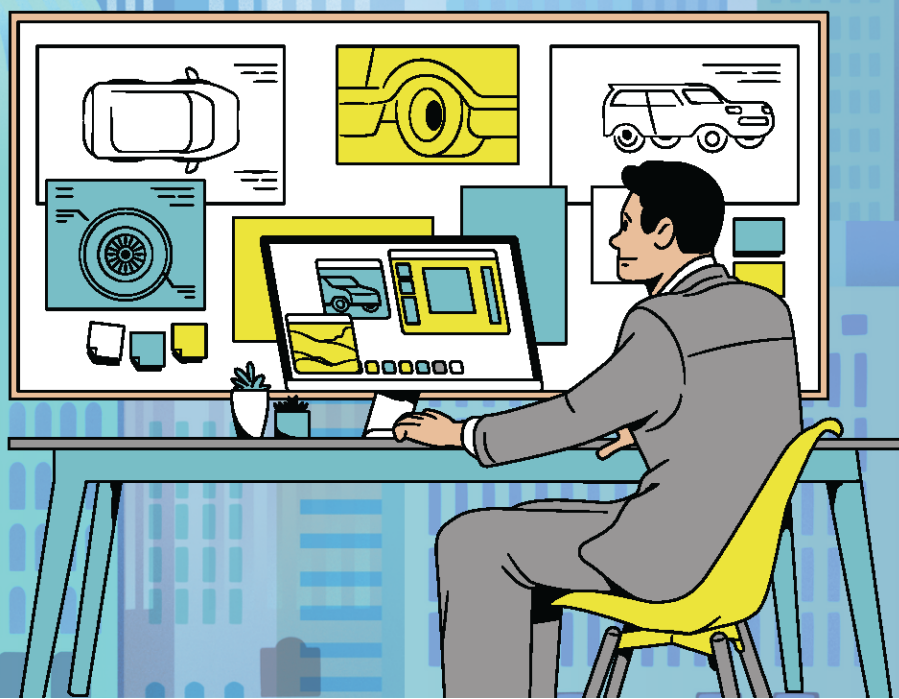
В МОСКОВСКОЙ ШКОЛЕ

НАПРАВЛЕНИЕ КОСМИЧЕСКИЕ КЛАССЫ

ПРАКТИЧЕСКИЙ ЭТАП



МОСКВА
2025





ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ
МЕГАПОЛИС

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ РАЗРАБОТАНЫ:

Павловым Олегом Владимировичем – Старший преподаватель кафедры 307
МАИ

Бернацким Кириллом Сергеевичем – Ассистент кафедры 701 и Инженер
НИО-701

Потешным Кириллом Александровичем - Инженер НИО-701 МАИ

Куяновым Владиславом Вячеславовичем - Инженер НИО-701 МАИ

МОСКВА
2025

**Спецификация конкурсных материалов для проведения практического этапа
Московского конкурса межпредметных навыков и знаний
«Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» в номинации «Инженерный
класс» по направлению «Космические классы»**

1. Назначение конкурсных материалов

Материалы практического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» (далее – Конкурс) предназначены для оценки уровня практической подготовки участников Конкурса.

2. Условия проведения

Практический этап Конкурса проводится в очной дистанционной форме. При выполнении работы обеспечивается строгое соблюдение порядка организации и проведения Конкурса.

Задания практического этапа Конкурса выполняются с использованием следующего программного обеспечения (ПО):

1. Для выполнения заданий по кейсу №1 (Инженерный практикум) - ПК с Arduino IDE, плата микроконтроллера Arduino Uno, макетная плата, провода, светодиоды (1 зелёный, 2 жёлтых, 2 красных), резисторы 220 Ом - 5 шт, датчик расстояния HC-SR04 или VL53L0X (GY-530), или ПК с симулятором Arduino Wokwi.

2. Для выполнения заданий по кейсу №2 (Технологии современного производства) - системы автоматизированного проектирования (САПР) на выбор: T-Flex CAD 17, Компас-3D.

3. Продолжительность выполнения

На выполнение заданий практического этапа Конкурса отводится 120 минут. Во время проведения мероприятия участник может выйти из зоны проведения мероприятия не более чем на 5 минут, предупредив проктора на камеру. Мероприятие не продлевается на время отсутствия участника.

4. Содержание и структура

Индивидуальный вариант участника включает 2 независимых кейса, базирующихся на содержании элективных курсов «Инженерный практикум», «Технологии современного производства».

5. Система оценивания

Максимальное число баллов за выполнение кейса – 60. Участник выбирает для решения только один кейс из двух. Для получения максимального числа баллов за практический этап Конкурса необходимо верно выполнить все задания выбранного кейса.

6. Приложения

1. План конкурсных материалов для проведения практического этапа Конкурса.
2. Демонстрационный вариант конкурсных заданий практического этапа Конкурса.

**План конкурсных материалов для проведения практического этапа
Московского конкурса межпредметных навыков и знаний
«Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» в номинации «Инженерный
класс» по направлению
«Космические классы»**

№ задания	Уровень сложности	Уникальные кодификаторы Конкурса	Контролируемые требования к проверяемым умениям	Балл
1.1	базовый	1.3 Типы орбит искусственных спутников Земли (ИСЗ) 1.4 Астрономические системы координат 1.7 Классификация и виды космического аппарата (КА)	Умение применять знания о космических системах	6
1.2	базовый	1.3 Типы орбит искусственных спутников Земли (ИСЗ) 1.4 Астрономические системы координат 1.7 Классификация и виды космического аппарата (КА)	Умение применять знания о космических системах	6
1.3	базовый	1.5 Взаимосвязь наук (математика, физика, химия и астрономия)	Умение применять законы физики для расчета движения объектов	18
1.4	повышенной	2.1 Основы устройства космической техники (целевое оборудование, системы управления, электропитания, информационного управления). 3.2 Языки программирования C/C++	Умение собирать и программировать экспериментальные установки	30
Итоговый балл				60

2.1	повышенны й	1.1. 3D-моделирование и создание Беспилотной Авиационной Системы 2.2. Создание эскизов 2.3. Аксонометрические и стереометрические проекции 4.2. Создание модели по размерам 3.2. Этапы и приёмы создания модели 1.3. Базовые понятия чертежей и схем авиамоделей	Умение создавать трехмерную модель по чертежу. Умение создавать шаблонами типовые отверстия. Умение пользоваться операциями вытягивания и вырезания. Умение создавать определенные эскизы по чертежу.	20
2.2	базовый	2.3. Создание эскизов 1.2. Системы автоматизированного проектирования 4.2. Создание модели по размерам	Умение применять операции вращения и вытягивания. Умение создавать определенные эскизы по чертежу. Умение создавать массивы регулярных элементов.	15
2.3	повышенны й	3.5. Сопряжения: обычные, механические, дополнительные 6.4. Составные элементы 3.1. Основы сборки	Умение создавать сборки по чертежу и спецификации. Умение пользоваться библиотекой стандартных изделий. Умение пользоваться сопряжениями.	25
Итоговый балл				60
Критерии снижения баллов выполненных заданий				
№	Задание	Ошибка	Снижаемый балл	
Инженерный практикум				
1	Задание №1	Неправильный ответ	6	
2	Задание №2	Неправильный ответ	6	
3	Задание №3	Неправильно рассчитан радиус планеты	6	
4		Неправильно рассчитаны координаты точки и время	12	

5	Задание №4	Схема собрана некорректно	5
6		Измеряемая величина отображается некорректно	10
7		Измеряемая величина измеряется некорректно	15
Технологии современного производства			
1	Задание №1	Несоответствие геометрии (скругление вместо фаски; сфера вместо цилиндра; отсутствие элементов и пр.).	4
2		Несоответствие размера (ошибки в номинальных значениях или их принадлежности).	3
3	Задание №2	Несоответствие геометрии (скругление вместо фаски; сфера вместо цилиндра; отсутствие элементов и пр.).	3
4		Несоответствие размера (ошибки в номинальных значениях или их принадлежности).	2
5	Задание №3	Несоответствие размера (размер сборки отличается от требуемого).	3
6		Отсутствует сборочная единица.	3
7		Сопряжение отсутствует или установлено некорректно (детали имеют взаимопроникновение или относительную степень свободы).	2

**Демонстрационный вариант конкурсных заданий практического этапа
Московского конкурса межпредметных навыков и знаний
«Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» в номинации «Инженерный
класс» по направлению
«Космические классы»**

Кейс 1. «Инженерный практикум»

Задание №1 Теоретический вопрос

К какой категории относится КА, если его масса составляет 5010 кг?

1. Тяжелый.
2. Лёгкий.
3. Средний.

Задание №2 Теоретический вопрос

Выберите орбиту, на которой спутник находится на высоте 35786 км и вращается с той же угловой скоростью, что и Земля.

1. Геостационарная переходная орбита (GTO).
2. Солнечно-синхронная орбита (SSO).
3. Средняя околоземная орбита (MEO).
4. Геостационарная орбита (GEO).
5. Низкая околоземная орбита (LEO).

Задание №3 Теоретическая задача: Поиск траектории движения объекта, брошенного под углом к горизонту

Рассчитать координаты точки приземления шара, брошенного под углом к горизонту на неизвестной планете. При касании поверхности планеты происходит абсолютно неупругий удар и шар останавливается.

В нулевой момент времени шар начинает движение из точки $x_0=0$, $y_0=0$, $z_0=0$ с неизвестными скоростями V_x , V_z , скоростью $V_y=12$ м/с и ускорениями $a_x = 1,5$ м/с², $a_z = 2$ м/с². Ускорение a_y является ускорением свободного падения планеты массой $4,16 \times 10^{18}$ кг и неизвестного радиуса. Достижение точки апогея происходит через 4 секунды с момента старта в точке $x=12$, $y=24$, $z=-2$. Направление осей представлено на рисунке 1:

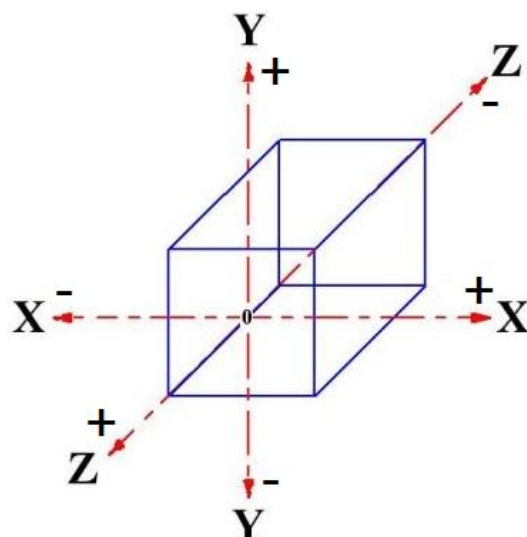


Рисунок 1 – Направление осей

При выполнении заданий сопротивлениями и кривизной планеты пренебречь. Все численные значения необходимо округлить до второго знака после запятой. Гравитационную постоянную (G) считать равной $6,67 \times 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}^2 \times \text{кг}$.

Необходимо рассчитать следующее:

- 1) Радиус планеты.
- 2) Координаты точки падения шара, его скорости V_x , V_y и V_z в момент касания земли и общее время полёта.

Задание №4 Экспериментальная задача: создание системы проверки габаритов детали.

Разработать систему измерения и индикации высоты детали.

Собрать схему измерения и индикации используя 5 светодиодов, 5 резисторов и датчик расстояния. Светодиоды должны располагаться в последовательности, представленной на рисунке 2.

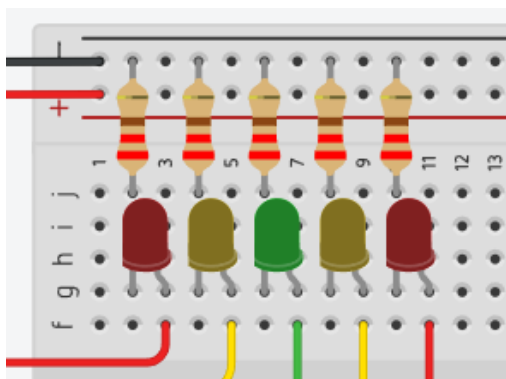


Рисунок 2 – Схема индикации

Система должна измерять высоту детали и отображать её включением определенного светодиода согласно таблице:

Светодиод	Левая граница	Правая граница
Красный левый	6	$+\infty$
Желтый левый	5	6
Зелёный центральный	4	5
Желтый правый	3	4
Красный правый	$-\infty$	3

Правая граница входит в промежуток для светодиода.

Необходимо выполнить следующие задачи:

- 1) Собрать схему системы.
- 2) Реализовать вычисление высоты детали.
- 3) Реализовать отображение высоты детали с помощью светодиодов согласно таблице.

Методические рекомендации по решению задачи

Задание №1 Теоретический вопрос

К какой категории относится КА, если его масса составляет 5010 кг ?

Тяжелый

Задание №2 Теоретический вопрос

Назовите орбиту, на которой спутник находится на высоте 35 786 км и вращается с той же скоростью, что и Земля.

Геостационарная орбита (GEO)

Задание №3 Теоретическая задача: Поиск траектории движения объекта брошенного под углом к горизонту.

Шаг 1 Расчет ускорения свободного падения

Рассчитаем ускорение свободного падения по формуле:

$$g = G \frac{M}{R^2} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{4,9 \times 10^{24}}{6050000^2} = 9 \text{ м/с}^2$$

Шаг 2 Расчет точки апогея

Точка апогея - точка с максимальной высотой (координатой по y). Шар движется равноускоренно с отрицательным ускорением, координата по y увеличивается до тех пор пока скорость положительная, соответственно время достижения точки апогея можно найти по формуле:

$$t_{\text{apog}} = V_{y0} / a_y = 22,5 \text{ м/с} / 9 \text{ м/с}^2 = 2,5 \text{ с}$$

Зная время достижения точки апогея найдем скорости шара используя формулы равноускоренного движения:

$$V_x \text{ apog} = V_{x0} + a_x \times t_{\text{apog}} = 10 + 1 \times 2,5 = 12,5 \text{ м/с}$$

$$V_y \text{ apog} = V_{y0} + a_y \times t_{\text{apog}} = 22,5 - 9 \times 2,5 = 0 \text{ м/с}$$

$$V_z \text{ apog} = V_{z0} + a_z \times t_{\text{apog}} = 4 - 1 \times 2,5 = 1,5 \text{ м/с}$$

Зная время найдем координаты точки апогея используя формулы равноускоренного движения:

$$x_{\text{apog}} = V_{x0} t_{\text{apog}} + a_x (t_{\text{apog}})^2 = 10 \times 2,5 + 1(2,5)^2 = 31,25 \text{ м}$$

$$y_{\text{apog}} = V_{y0} t_{\text{apog}} + a_y (t_{\text{apog}})^2 = 22,5 \times 2,5 - 9(2,5)^2 = 28,125 \text{ м}$$

$$z_{\text{apog}} = V_{z0} t_{\text{apog}} + a_z (t_{\text{apog}})^2 = 4 \times 2,5 - 1(2,5)^2 = 3,75 \text{ м}$$

Шаг 3 Расчет точки падения

Так как у нас отсутствуют силы сопротивления воздуха время падения с точки апогея будет равно времени подъема до нее, общее время полёта можно найти по формуле:

$$t_{\text{fall}} = t_{\text{apog}} \times 2 = 5 \text{ с}$$

Зная время падения найдем скорости шара используя формулы равноускоренного движения:

$$V_x \text{ fall} = V_{x0} + a_x \times t_{\text{fall}} = 10 + 1 \times 5 = 15 \text{ м/с}$$

$$V_y \text{ fall} = V_{y0} + a_y \times t_{\text{fall}} = 22,5 - 9 \times 5 = -22,5 \text{ м/с}$$

$$V_z \text{ fall} = V_{z0} + a_z \times t_{\text{fall}} = 4 - 1 \times 5 = -1 \text{ м/с}$$

Зная время падения найдем координаты используя формулы равноускоренного движения:

$$x_{\text{fall}} = V_{x0} t_{\text{fall}} + a_x (t_{\text{fall}})^2 = 10 \times 5 + 1(5)^2 = 62,5 \text{ м}$$

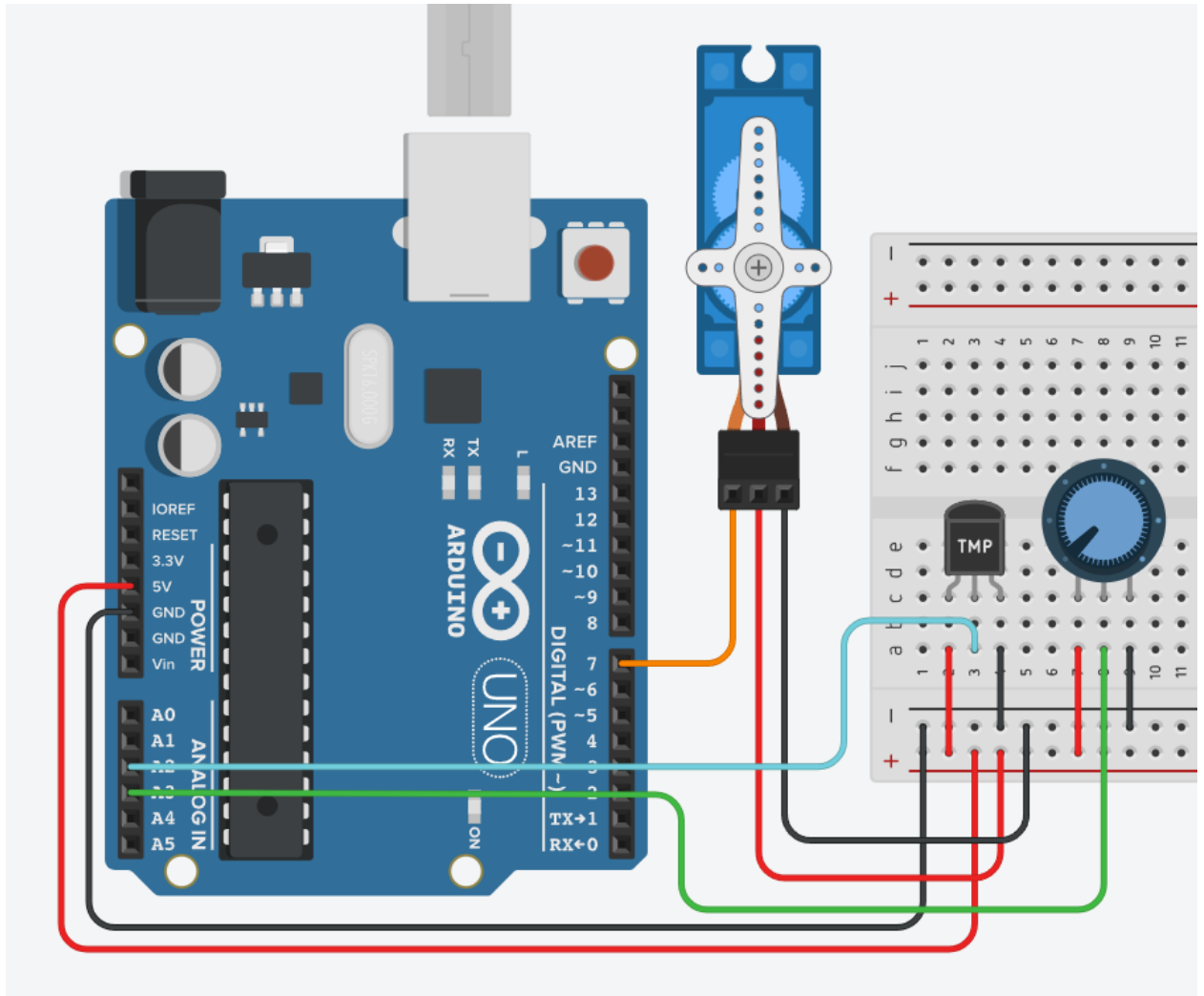
$$y_{\text{fall}} = V_{y0} t_{\text{fall}} + a_y (t_{\text{fall}})^2 = 22,5 \times 5 - 9(5)^2 = 0 \text{ м}$$

$$z_{\text{fall}} = V_{z0} t_{\text{fall}} + a_z (t_{\text{fall}})^2 = 4 \times 5 - 1(5)^2 = 7,5 \text{ м}$$

Задание №4 Экспериментальная задача: Создание системы регуляции температуры

Шаг 1 Сборка схемы

Подключим к микроконтроллеру необходимые компоненты: сервопривод, датчик температуры и потенциометр.



Шаг 2 Подключение датчика температуры

Объявим константу для пина к которому подключен датчик температуры и глобальную переменную для хранения текущей температуры:

```
#define TMP_PIN A2  
float cur_temp = 0;
```

В функции setup настроим порт:

```
pinMode(TMP_PIN, INPUT);
```

В функции loop считаем напряжение в милливольтках и вычислим температуру:

```
int cur_volt = analogRead(TMP_PIN)*5000/1024;  
cur_temp = (cur_volt - 500) / 10;
```

Шаг 3 Подключение потенциометра

Объявим константу для пина к которому подключен потенциометр и глобальную переменную для хранения целевой температуры:

```
#define TMP_PIN A2  
float cur_temp = 0;
```

В функции setup настроим порт:

```
pinMode(TMP_PIN, INPUT);
```

В функции loop считаем напряжение и вычисляем целевую температуру с помощью функции map:

```
targ_temp = map(analogRead(POT_PIN), 0, 1024, 100, 250)/10;
```

Деление на 10 производится для получения дробной части и более точного управления, вычислять целевую температуру с большой точностью не требуется из-за небольшой точности ввода и погрешности измерения температуры.

Шаг 4 Подключение сервопривода

Объявим константу для пина к которому подключен сервопривод и глобальную переменную для хранения угла поворота, подключим библиотеку Servo и объявим объект класса Servo:

```
#include <Servo.h>  
#define SERV_PIN A2  
int serv_angle = 90;
```

```
Servo heater;
```

В функции setup настроим порт:

```
heater.attach(SERV_PIN);
```

В функции loop повернём сервопривод в нужное положение:

```
heater.write(serv_angle);
```

Шаг 5 Реализуем алгоритм управления

Для нагрева до заданной температуры достаточно вычислить разницу между целевой и текущей температурой и умножить её на определённый коэффициент.

```
float p_coef = (targ_temp - cur_temp) * 2;
```

Для корректной работы алгоритма необходимо реализовать компенсацию внешнего воздействия (охлаждение/нагрев от среды). Компенсация будет реализована через суммирование разницы между текущей и целевой температурой, умноженной на коэффициент. Подобный алгоритм называется интегральным регулятором (И-регулятор, входит в состав ПИД-регулятора), но не требует математических знаний об интегрировании функций.

Для корректного накопления значения i коэффициента необходимо объявить глобальную переменную:

```
float i_coef=0;
```

И реализовать вычисление с суммированием:

```
i_coef = i_coef + (targ_temp - cur_temp) * 0.2;
```

В случае если существует внешнее воздействие i_coef будет постепенно накапливать значение до тех пор пока нагреватель не будет компенсировать внешнее значение нагревом или охлаждением.

Коэффициенты подбираются опытным путём или с помощью математического моделирования. В большинстве случаев коэффициент P на порядок больше I коэффициента.

В рамках данной задачи от учащихся не требуется глубокое понимание теории автоматического управления и алгоритмов, значение коэффициентов не влияет на оценивание задачи. При этом рекомендуется учитывать что большие коэффициенты приведут к перерегулированию системы, например если использовать P коэффициент больше 5 то отклонение на +1 градус будет вызывать излишний перегрев, на следующем шаге излишнее охлаждение и на следующем шаге ещё больший перегрев.

Полный код программы:

```
#include <Servo.h>
#define SERV_PIN A2
int serv_angle = 90;
```

```
Servo heater;
```

```
#define TMP_PIN A2
float cur_temp = 0;
```

```
#define POT_PIN A3
float targ_temp = 0;
```

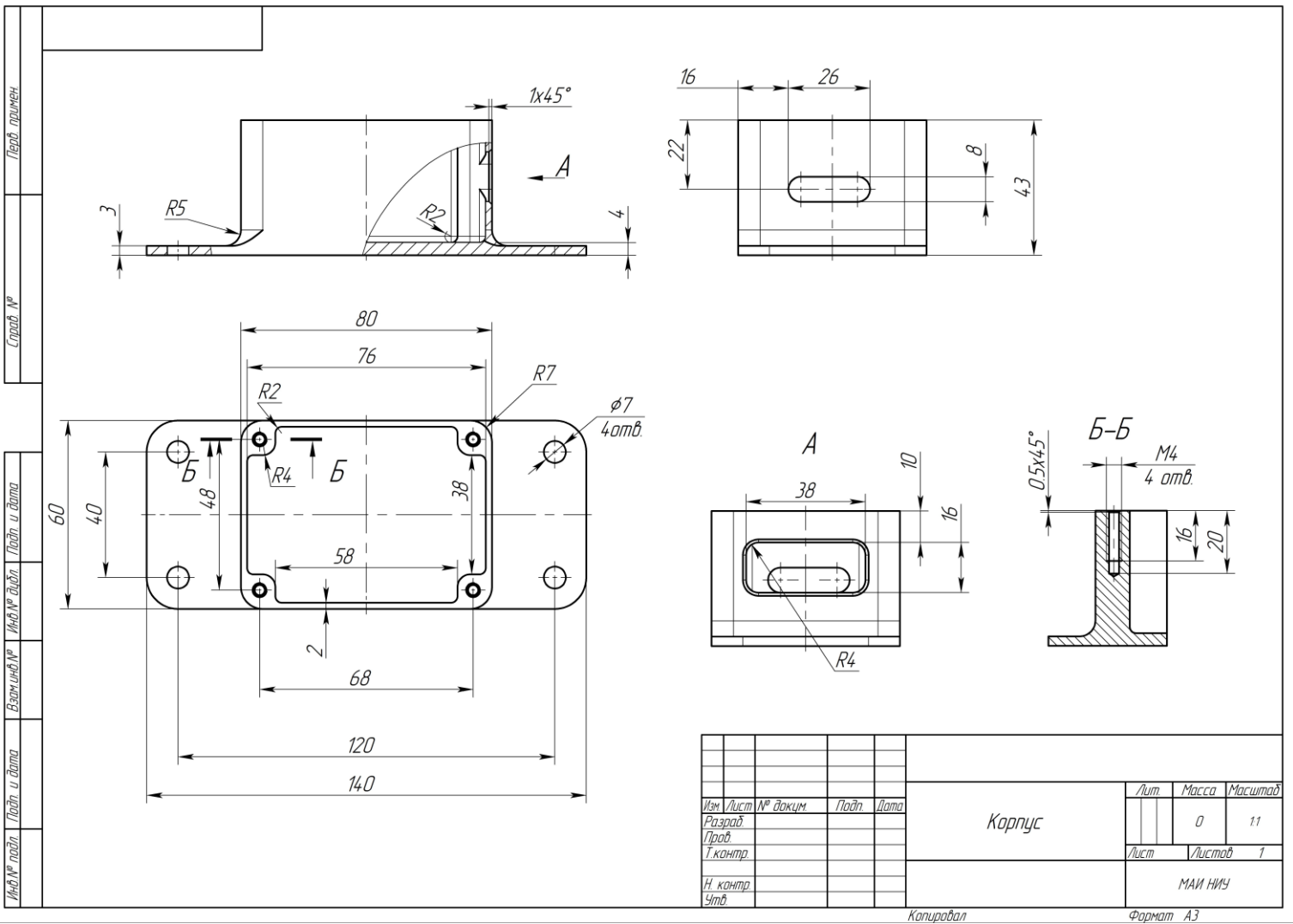
```
float i_coef=0;
```

```
void setup() {  
  pinMode(TMP_PIN, INPUT);  
  pinMode(POT_PIN, INPUT);  
  
  heater.attach(SERV_PIN);  
}  
  
void loop() {  
  int cur_volt = analogRead(TMP_PIN)*5000/1024;  
  cur_temp = (cur_volt - 500) / 10;  
  
  targ_temp = map(analogRead(POT_PIN), 0, 1024, 100, 250)/10;  
  
  float p_coef = (targ_temp - cur_temp) * 2;  
  i_coef = i_coef + (targ_temp - cur_temp) * 0.2;  
  
  serv_angle = p_coef + i_coef;  
  
  heater.write(serv_angle);  
  delay(500);  
}
```

Кейс №2 «Технологии современного производства»

Задание №1

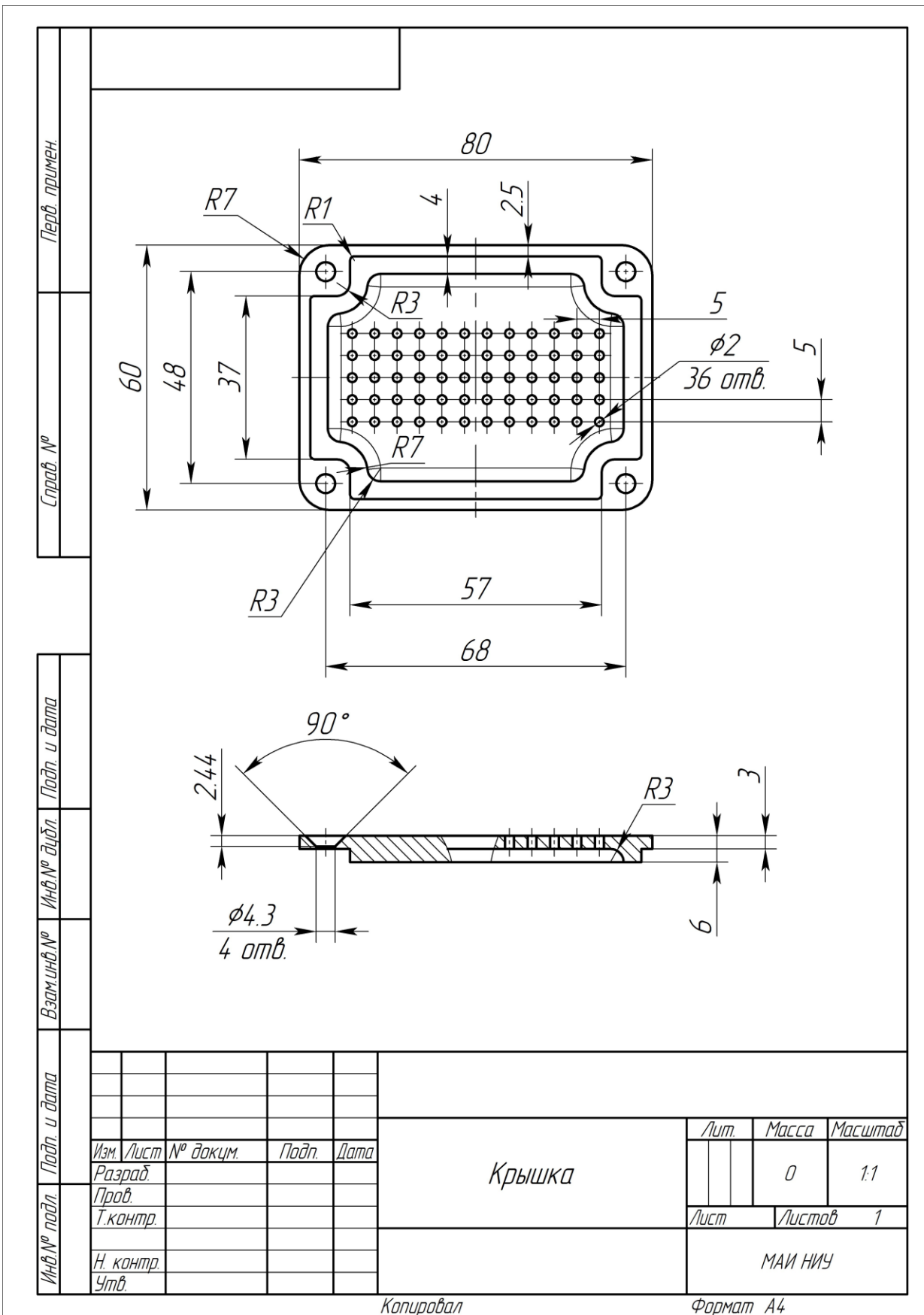
Разработать трёхмерную модель корпуса блока электроники космического аппарата согласно чертежу. Присвоить детали свойства материала АК-12.





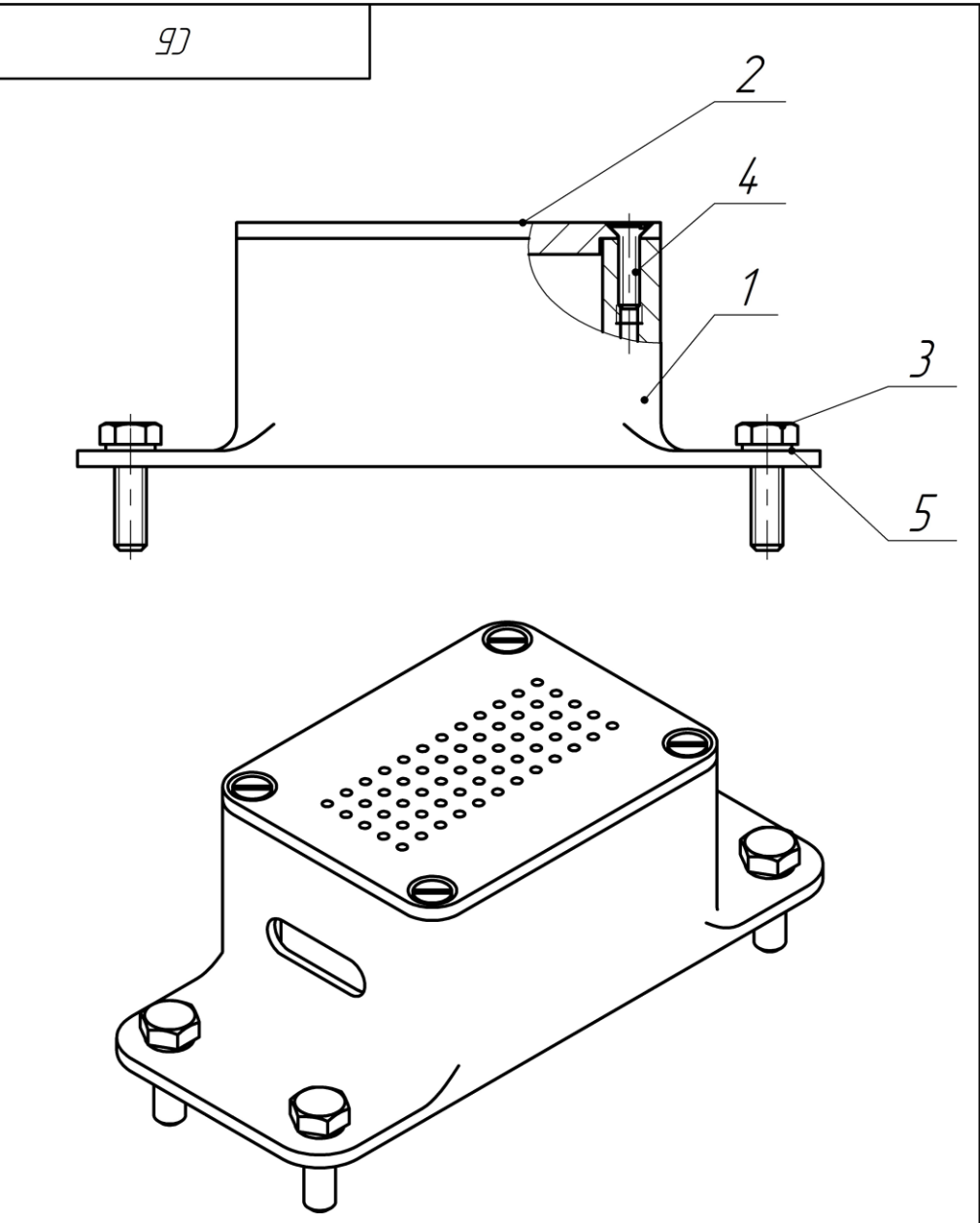
Задание №2

Разработать трёхмерную модель крышки корпуса блока электроники согласно чертежу. Присвоить детали свойства материала АМг6.



Задание №3

Разработать сборочную модель в соответствии со сборочным чертежом и спецификацией. Стандартные изделия должны быть добавлены из соответствующих библиотек в указанном программном обеспечении.

Перв. примен.																																							
Справ. №																																							
Подп. и дата	Инв. № дщл.	Взам инв. №	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%;">Изм.</td> <td style="width: 10%;">Лист</td> <td style="width: 20%;">№ докум.</td> <td style="width: 15%;">Подп.</td> <td style="width: 15%;">Дата</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Пров.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Т. контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н. контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> СБ Блок Сборочный чертёж							Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб.					Пров.					Т. контр.					Н. контр.					Утв.				
Изм.	Лист	№ докум.								Подп.	Дата																												
Разраб.																																							
Пров.																																							
Т. контр.																																							
Н. контр.																																							
Утв.																																							
Инв. № подл.	Подп. и дата	Лит.	Масса	Масштаб																																			
			0	1:1																																			
		Лист	Листов	1																																			
		МАИ НИУ																																					

Копировал

Формат А4



Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №					<u>Детали</u>			
	A3		1		Корпус	1		
	A4		2		Крышка	1		
					<u>Стандартные изделия</u>			
			3		Болт М6-6d×20			
					ГОСТ 7805-70	4		
			4		Винт А.М4-6d×16			
Подп. и дата					ГОСТ 17475-80	4		
			5		Шайба 6Л			
					ГОСТ 6402-70	4		
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
	Разраб.							
Инв. № подл.	Пров.					Лит.	Лист	Листов
								1
	Н.контр.					МАИ НИУ		
	Утв.							

Копировал

Формат А4

Пример выполнения:

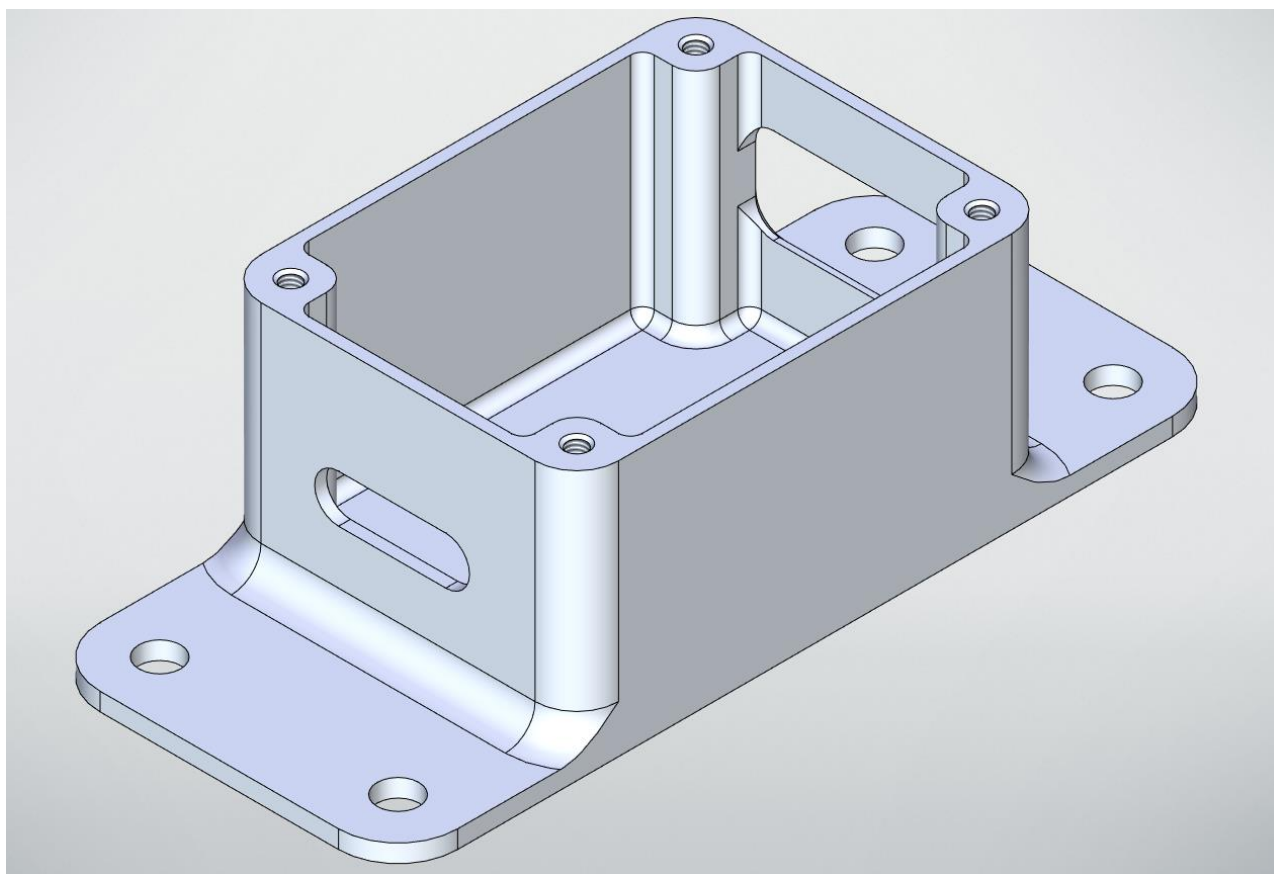


Рисунок 5 – Пример выполнения задания 1.1.

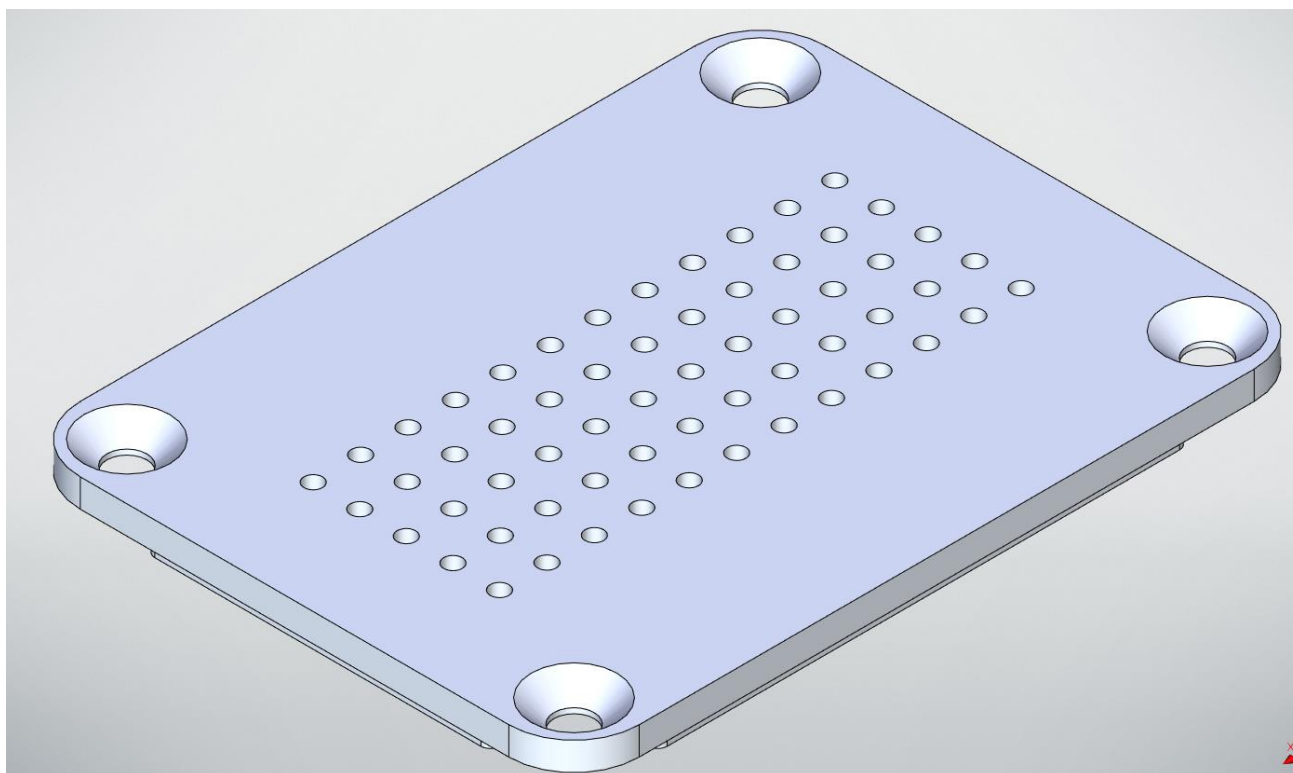


Рисунок 6 – Пример выполнение задания 1.2.

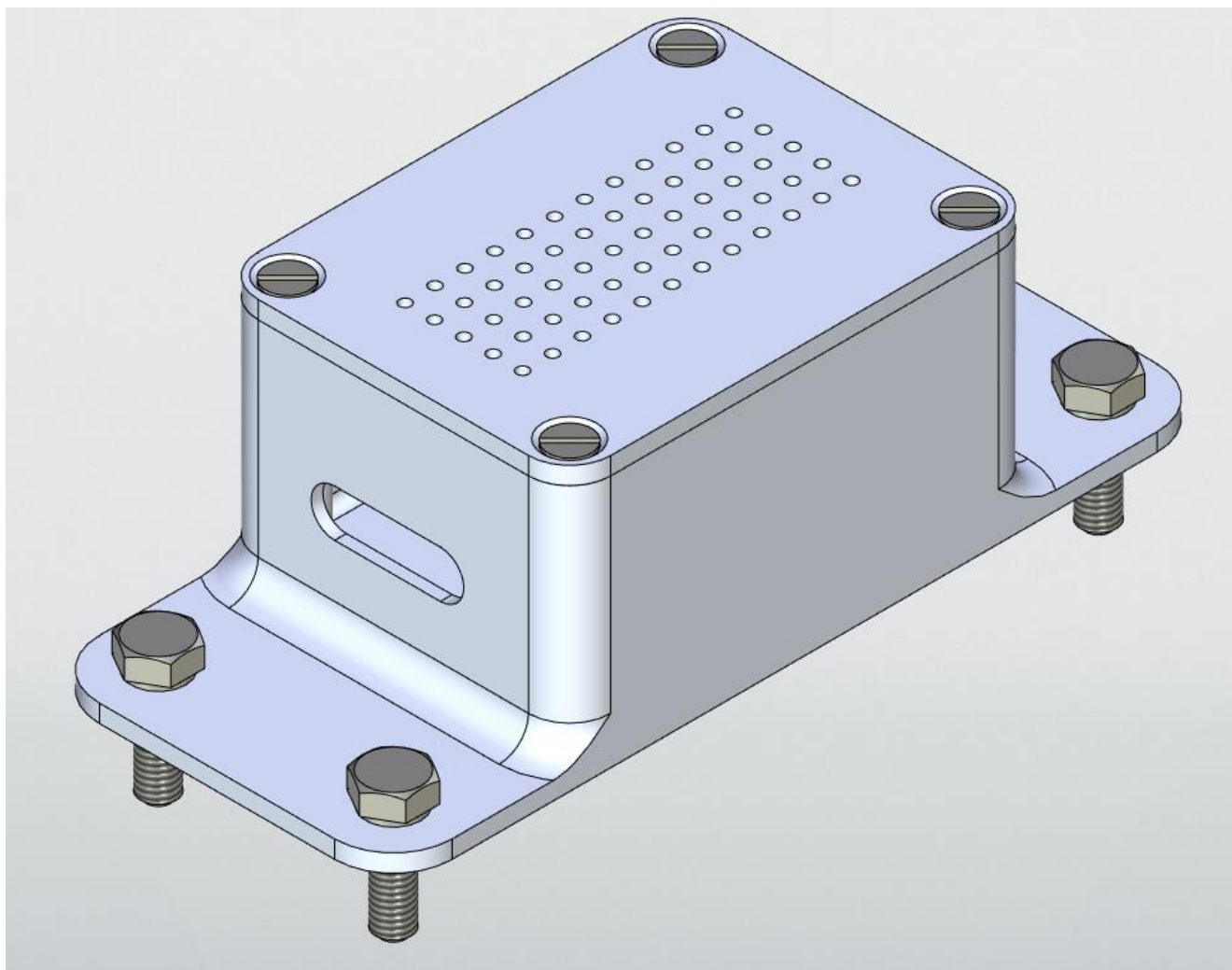


Рисунок 7 – Пример выполнения задания 1.3.

Для успешного выполнения задания экзаменуемый должен ознакомиться со следующими темами инженерных дисциплин:

САПР: системы автоматизированного проектирования, 2D эскиз (набросок, sketch), бобышки (тела, body): вытянутые, повёрнутые, «по сечениям», скругления (сглаживания) и фаски, отверстия, массивы объектов (линейный, круговой); сборки, использование стандартных изделий.

Для построения деталей при выполнении экзаменационного задания с помощью САПР, следует придерживаться следующей последовательности действий:

1. Общая оценка всей детали с целью мысленного разбиения её на отдельные тела, вырезы или другие операции;
2. Построение 2D эскиза для одного тела или выреза;
3. Построение тела или выреза на основе данного 2D эскиза;
4. Повторения шагов 2 и 3 для каждого объекта, определённого на 1ом шаге.

Результатом выполнения задания является файлы в формате соответствующим выбранной САПР, количество которых для каждого задания:

- Задание 1 – 1 файл детали;

- Задание 2 – 1 файл детали;
- Задание 3 – 1 файл сборки.

Таким образом, если экзаменуемый выполнил все 3 задания, то на проверку он должен отправить всего 3 файла.

Особое внимание требуется уделить построению 2D эскизов. Как правило, именно его размеры и геометрические взаимосвязи служат надёжным инструментом при однозначном определении формы и размеров деталей. При простановке размеров эскиза следует использовать принцип «от базы», когда за базовую принимается, как правило, самая длинная линия в данном измерении и размеры, как правило, проставляют от неё. На рисунке 1 приведён пример простановки размеров «от базы» в горизонтальном направлении.

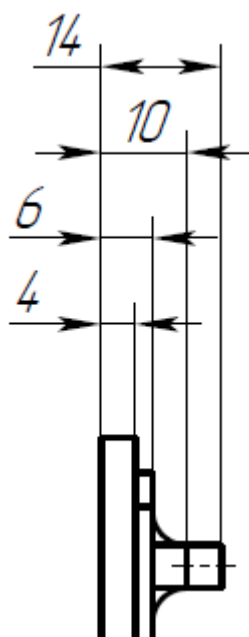


Рисунок 8

При построении эскиза рекомендуется сначала создать его примерную форму с помощью прямых линий и дуг, затем добавить геометрические взаимосвязи, уточнив его форму, а затем образмерить его с помощью размеров, указанных на чертежах.

При выполнении заданий на построение деталей, следует учитывать, что чертежи содержат полную информацию о форме и размерах деталей. При построении деталей возможна любая ориентация их в пространстве.