

**Задание 8.1. Шпилька и гайки.** Шпилькой в технике называют стержень, по всей длине которого нарезана резьба (рис. 1).

Предложите и опишите, как измерить **без использования линейки**:

1. шаг  $h$  резьбы шпильки (шагом резьбы называется расстояние между ее соседними витками);
2. среднюю толщину  $H$  одной гайки (рис. 2);
3. площадь  $S$  поперечного сечения шестигранного прутка, из которого изготавливаются гайки (рис.3);
4. отношение массы шпильки к массе одной гайки:  $\alpha = m_{ш}/m_{г}$ , используя шпильку в качестве рычага;
5. среднюю массу  $m_{г1}$  одной гайки и массу шпильки  $m_{ш1}$  по отдельности, исходя из их геометрических размеров.

Проведите измерения и определите параметры  $h$ ,  $H$ ,  $S$ ,  $m_{г1}$ ,  $m_{ш1}$  и отношение масс шпильки и гайки  $\beta = m_{ш1}/m_{г1}$  на основании результатов, полученных в пункте 5.

Полученные результаты занесите в таблицу (указав единицы измерения):

1	$h =$
2	$H =$
3	$S =$
4	$\alpha =$
5	$m_{ш1} =$
6	$m_{г1} =$
7	$\beta =$

**Оборудование:** Шпилька длиной  $L = 300$  мм, гайки (40 шт.), две скрепки, три нитки, лист бумаги.

**Примечания.**

1. Плотность стали  $\rho = 7\,800$  кг/м<sup>3</sup>.
2. Площадь круга диаметром  $D$  равна  $S = \pi D^2/4$ , длина окружности  $L = \pi D$ , где число  $\pi = 3,14$ .
3. Внешний диаметр резьбы М6 на стержне равен  $D = 5,75$  мм, а внутренний диаметр резьбы в гайке  $d = 5,4$  мм.
4. В работе можно использовать любое количество гаек, ниток и скрепок в зависимости от выбранного метода решения каждого пункта задания.



Рис. 1



Рис. 2

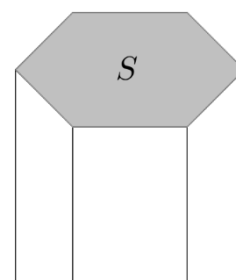


Рис. 3

**Возможное решение (Кармазин С.).**

1. Посчитаем количество  $N$  витков резьбы на шпильке с помощью скользящей по ней прижатой скрепки (рис.4). Допустимой ошибкой при счете можно считать  $\pm 2$  витка. Шаг резьбы  $h = L/N = 300/300 = 1$  мм (по ГОСТу шаг стандартной резьбы М6 равен  $h = 1$  мм).

**Примечание:** Здесь и далее приводятся численные значения, полученные на авторском оборудовании при подготовке данной задачи.

2. Среднюю толщину гаек  $H$  можно определить методом рядов. Например, выстроив цепочку из гаек ( $N > 10$ ), поставленных на одну из боковых граней (рис. 5) или навинтив их непосредственно на шпильку. Авторский результат:  $H = 4,74$  мм.

3. Для определения площади шестигранника можно выложить 36 гаек плотной упаковкой в 6 рядов по 6 штук в каждом на листе А5 и измерить стороны получившегося прямоугольника (рис. 6). При этом следует обратить внимание, что площадь выступов получившейся фигуры с одной стороны компенсируется площадью углублений с противоположной стороны этого прямоугольника.

Окончательно получаем  $S = 81$  мм<sup>2</sup>.

4. Накрутим на один край шпильки 4 – 6 гаек. С помощью нити уравниваем получившуюся систему и применив правило моментов определяем  $\alpha$ .



Рис. 4



Рис. 5

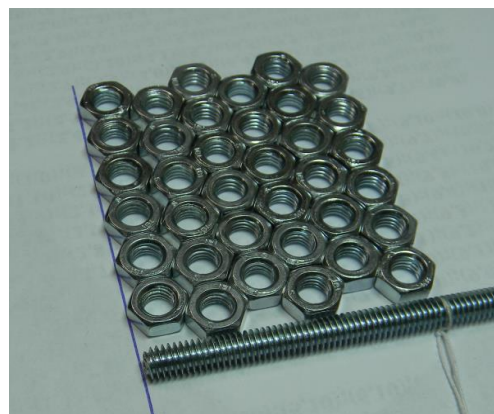


Рис. 6

5. Для вычисления массы гайки необходимо вычислить ее объем, оставшийся после высверливания отверстия и нарезания резьбы. По условию задачи диаметр высверленного в гайке отверстия  $d = 5,4$  мм. Будем считать, что диаметр резьбы в самой «глубокой» ее части совпадает с внешним диаметром шпильки  $D = 5,75$  мм. Для расчета объема металла, вынутого из гайки в процессе ее производства, будем считать, что из гайки вынут цилиндр с диаметром, равным среднему арифметическому значению внутреннего и внешнего диаметра резьбы в гайке  $D_1 = (d + D)/2 = 5,575$  мм. Объем такого цилиндра равен  $V_1 = H\pi D_1^2/4 = 116$  мм<sup>3</sup>. Объем заготовки до высверливания отверстия и нарезания резьбы  $V_0 = SH = 384$  мм<sup>3</sup>. Окончательно, объем гайки  $V = V_0 - V_1 = 268$  мм<sup>3</sup>. Масса гайки равна  $m_{г1} = \rho V = 2,09$  г. Непосредственное измерение среднего значения массы гайки на весах дает результат  $m_{ср} = 2,05$  г. Отличие расчетного значения массы от измеренного может быть связано, например, с тем, что при расчете не учитывались фаски (закругление краев гайки). Массу шпильки  $m_{ш1}$  определяем аналогично по её объему и плотности.  $m_{ш1} = \rho LS = \rho L\pi D^2/4 = 57$  г.

**Критерии оценивания**

1. Найден шаг резьбы $h$		<b>1 балл</b>
0,95 - 1,05 мм	1 балл	
2. Определена толщина $H$ гайки		<b>2 балла</b>
4,5 - 5,0 мм	2 балла	
4,3 - 5,2 мм	1 балл	
3. Методом рычага определено отношение $\alpha = m_{ш}/m_{г}$		<b>1 балл</b>
18 - 22	1 балл	
4. Определена площадь $S$ шестигранного прутка		<b>2 балла</b>
73 - 89 мм <sup>2</sup>	2 балла	
65 - 97 мм <sup>2</sup>	1 балл	
5. Найдена средняя масса $m_{г1}$ одной гайки и масса шпильки $m_{ш1}$ по отдельности, исходя из их геометрических размеров		<b>2 балла</b>
$m_{г1}$ : 1,9 - 2,3 г	1 балл	
1,7 - 2,5 г	0,5 балла	
$m_{ш1}$ : 51,0 - 63,0 г	1 балла	
46,0 - 68,0 г	0,5 балла	
6. Определено отношение $\beta = m_{ш1}/m_{г1}$		<b>2 балла</b>
25 - 30	2 балла	
22 - 33	1 балл	

**8.2. Исследуем шприц (1).** Определите плотность неизвестной жидкости и среднюю плотность материала, из которого изготовлен шприц.

**Приборы и оборудование:** шприц (5 мл), большой стакан, заполненный водой, стаканчик с неизвестной жидкостью, заглушка для шприца (деревянная зубочистка (её можно ломать)), электронные весы, салфетки для поддержания порядка, поднос или одноразовая скатерть.

**Примечание:** Во избежание выливания жидкости из шприца, рекомендуется пользоваться заглушкой, вставляемой в шприц.

Плотность воды  $\rho_0 = 1\,000\text{ кг/м}^3$ .

**Внимание!** Портить шприцы запрещается!

**Возможное решение (Замятнин М.).** Измеряем на весах массу  $m$  пустого шприца. Заполняем его неизвестной жидкостью и вновь измеряем массу. Находим плотность неизвестной жидкости. Она составляет  $\rho_1 = 1\,170$  кг/м<sup>3</sup>. Отливаем маленькими порциями жидкость обратно в стаканчик, до тех пор, пока шприц не начнет плавать, полностью погрузившись в воду. Измеряем остаточный объем  $V$  неизвестной жидкости в шприце, и рассчитываем среднюю плотность материала шприца:

$$\rho = \frac{m\rho_0}{m + V(\rho_1 - \rho_0)} = 920 \text{ кг/м}^3.$$

**Критерии оценивания.**

- |   |                |
|---|----------------|
| 1) Определена масса шприца                                      | <b>1 балл</b>  |
| 2) Метод определения плотности неизвестной жидкости             | <b>1 балл</b>  |
| 3) Результаты измерений и воспроизводимость (например, таблица) | <b>1 балл</b>  |
| 4) Найдена плотность неизвестной жидкости                       | <b>2 балла</b> |
| 1060 - 1290 кг/м <sup>3</sup>                                   | 2 балла        |
| 1000 - 1350 кг/м <sup>3</sup>                                   | 1 балл         |
| 5) Метод определения плотности шприца                           | <b>2 балла</b> |
| 6) Результаты измерений и воспроизводимость (например, таблица) | <b>1 балл</b>  |
| 7) Найдена средняя плотность материала шприца                   | <b>2 балла</b> |
| 830 - 1000 кг/м <sup>3</sup>                                    | 2 балла        |
| 780 - 1050 кг/м <sup>3</sup>                                    | 1 балл         |