

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	$\beta =$



Рис. 1



Рис. 2

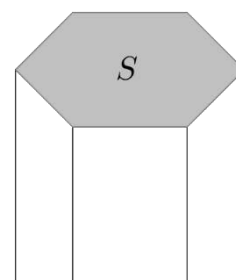


Рис. 3

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

Примечания.

1. Плотность стали $\rho = 7\,800$ кг/м³.
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.

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 ± 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 $S = 81$ мм².

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



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 $V_1 = H\pi D_1^2/4 = 116$ мм³. Объем заготовки до высверливания отверстия и нарезания резьбы $V_0 = SH = 384$ мм³. Окончательно, объем гайки $V = V_0 - V_1 = 268$ мм³. 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		1 балл
0,95 - 1,05 мм	1 балл	
2. Определена толщина H гайки		2 балла
4,5 - 5,0 мм	2 балла	
4,3 - 5,2 мм	1 балл	
3. Методом рычага определено отношение $\alpha = m_{ш}/m_{г}$		1 балл
18 - 22	1 балл	
4. Определена площадь S шестигранного прутка		2 балла
73 - 89 мм ²	2 балла	
65 - 97 мм ²	1 балл	
5. Найдена средняя масса $m_{г1}$ одной гайки и масса шпильки $m_{ш1}$ по отдельности, исходя из их геометрических размеров		2 балла
$m_{г1}$: 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 $\beta = m_{ш1}/m_{г1}$		2 балла
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/м³. 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 | 1 балл |
| 2) Метод определения плотности неизвестной жидкости | 1 балл |
| 3) Результаты измерений и воспроизводимость (например, таблица) | 1 балл |
| 4) Найдена плотность неизвестной жидкости | 2 балла |
| 1060 - 1290 кг/м ³ | 2 балла |
| 1000 - 1350 кг/м ³ | 1 балл |
| 5) Метод определения плотности шприца | 2 балла |
| 6) Результаты измерений и воспроизводимость (например, таблица) | 1 балл |
| 7) Найдена средняя плотность материала шприца | 2 балла |
| 830 - 1000 кг/м ³ | 2 балла |
| 780 - 1050 кг/м ³ | 1 балл |