

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: $\alpha = m_{\text{ш}}/m_{\text{г}}$, используя шпильку в качестве рычага;
5. среднюю массу $m_{\text{г1}}$ одной гайки и массу шпильки $m_{\text{ш1}}$ по отдельности, исходя из их геометрических размеров.

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

Полученные результаты занесите в таблицу (указав единицы измерения):

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



Рис. 1



Рис. 2

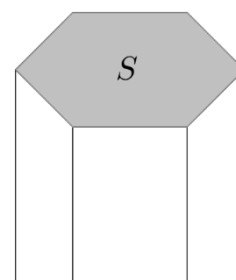


Рис. 3

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 $D = 6$ мм, а внутренний диаметр резьбы в гайке $d = 5$ мм.
4. В работе можно использовать любое количество гаек, ниток и скрепок в зависимости от выбранного метода решения каждого пункта задания.

Рекомендации организаторам

В работе рекомендуется использовать шпильку и гайки с резьбой М6 и одинаковым шагом (необходимо убедиться, что гайки легко накручиваются на шпильку, но не болтаются). Следует учитывать тот факт, что при кустарном производстве шпилек и гаек параметры их резьбы могут отличаться от стандартов метрической резьбы, а толщины и массы гаек могут варьироваться в широком диапазоне. В связи с этим, членам жюри регионального этапа олимпиады им. Максвелла необходимо до начала олимпиады определить значения искомых величин посредством их прямых измерений.

Лист белой бумаги формата А5.

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: $H = 4,85$ 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 $S = 87$ мм².

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

5. Внешний диаметр резьбы на шпильке определяем, прокатывая шпильку по поверхности бумаги не менее чем на $k = 10$ оборотов и измеряя пройденное ей расстояние l . $D = l/(\pi k) = 5,86$ мм.

6. Для вычисления массы гайки необходимо вычислить ее объем, оставшийся после высверливания отверстия и нарезания резьбы. По условию задачи диаметр высверленного в гайке отверстия $d = 0,9D = 5,27$ мм. Будем считать, что диаметр резьбы в самой «глубокой» ее части совпадает с внешним диаметром шпильки $D = 5,86$ 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 $D_1 = (d + D)/2 = 5,57$ мм. Объем такого цилиндра равен $V_1 = H\pi D_1^2/4 = 118$ мм³. Объем заготовки до высверливания отверстия и нарезания резьбы $V_0 = SH = 422$ мм³. Окончательно, объем гайки $V = V_0 - V_1 = 304$ мм³. Масса гайки равна $m_{г1} = \rho V = 2,4$ г. Непосредственное измерение среднего значения массы гайки на весах дает результат $m_{ср} = 2,1$ г. Отличие расчетного значения массы от измеренного на 15% может быть связано, например, с тем, что при расчете не учитывались фаски (закругление краев гайки). Массу шпильки $m_{ш1}$ определяем по её объему и плотности.

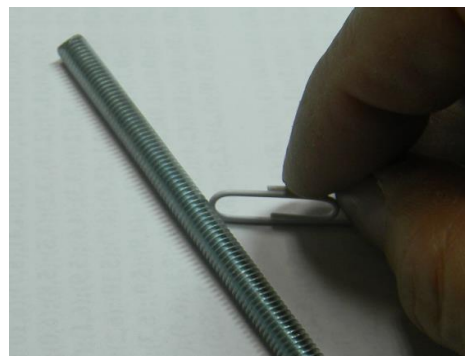


Рис. 4



Рис. 5

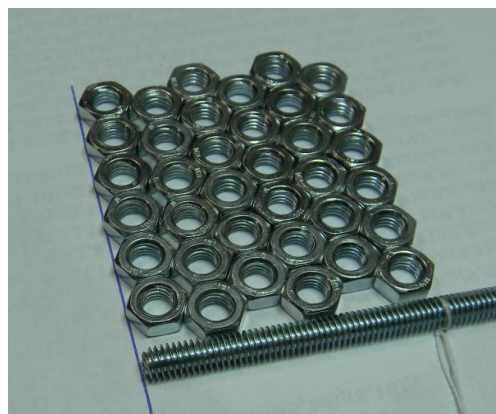


Рис. 6

Критерии оценивания

1. Найден шаг резьбы h		1 балл
отличие менее чем на 5%	1 балл	
2. Определена толщина H гайки		2 балла
отличие менее чем на 5%	2 балла	
отличие менее чем на 10%	1 балл	
3. Методом рычага определено отношение $\alpha = m_{\text{ш}}/m_{\text{г}}$		1 балл
отличие менее чем на 10%	1 балл	
4. Определена площадь S шестигранного прутка		2 балла
отличие менее чем на 10%	2 балла	
отличие менее чем на 20%	1 балл	
5. Найдена средняя масса $m_{\text{г1}}$ одной гайки и масса шпильки $m_{\text{ш1}}$ по отдельности, исходя из их геометрических размеров		2 балла
отличие менее чем на 10%	2 балла	
отличие менее чем на 20%	1 балл	
6. Определено отношение $\beta = m_{\text{ш1}}/m_{\text{г1}}$		2 балла
отличие менее чем на 10%	2 балла	
отличие менее чем на 20%	1 балл	