



### Задачи, ответы и критерии оценивания

Пользуясь технологиями Интернета вещей, велосипедист стиля «Кросс-кантри» поместил заказ на велосипед с новыми прочностными характеристиками. После идентификации и проверки платежеспособности контракт был заключен с одним из «умных заводов», где была разработана компьютерная модель велосипеда. На одну из рабочих площадок завода переехали мобильные: сборочный, обрабатывающий, сварочный, транспортный роботы и машина аддитивного производства (3D принтер), которые образовали единую киберфизическую производственную систему. После поступления из технологического бюро через сеть Wi-Fi управляющих программ для роботов началось производство деталей и сборка велосипеда.

Во всех задачах ускорение свободного падения принять равным  $g=10 \text{ Н/м}^2$ .

#### Задача №1.

1) 3D принтер наносит на педаль велосипеда пластиковую окантовку. При непрерывной печати принтер расходует катушку нити  $L=500$  метров за  $t=500000$  секунд. Диаметр подаваемой из катушки термопластиковой нити  $D=2$  мм. Диаметр отверстия сопла, равный диаметру расплавленной нити, выдавливаемой после ее нагрева из сопла  $d=0.2$  мм. Определить скорость выхода расплавленной нити из сопла.

Участнику на листе с ответами нужно нарисовать таблицу, приведенную ниже справа от рисунка, и во вторую колонку вписать итоговые ответы. Решение или обоснование дать ниже таблицы.



	Решение учащегося	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
1) Скорость выдавливания нити через сопло, м/с	0.1	10	

**Решение.** В основе решения закон сохранения материи, в данном случае, объема. Определим объем расхода нити за 1 сек.  $V(1) = S \cdot L / t = (\pi \cdot D^2 / 4) \cdot L / t$ . Определим объем расплавленной нити, выходящей за 1 сек.  $v(1) = s \cdot C = (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot C$ , где  $s$  – площадь выходящей нити и  $C$  – скорость выдавливания через сопло. По условию про испарение ничего не сказано (камера нагрева замкнута), значит, объемы равны.  $(\pi \cdot D^2 / 4) \cdot L / t = (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot C$ , откуда  $C = ((L/t) \cdot (D^2)) / (d^2) =$

$$0.001 \cdot 2^2 / (0.2^2) = 0.1 \text{ м/с.}$$

**Ответ:** 0.1 м/с.

### Задача №2.

2) Обрабатывающий робот начал сверлить отверстие в заготовке шатуна педали велосипеда. При сверлении на конце сверла в точке «С» действует вертикальная сила  $P_x$ . Размеры на рисунке  $L=400$  мм,  $H=100$  мм,  $S=400$  мм. Составные части робота имеют массы: основание и плечо  $M_o=50$  кг; локоть в виде трубы (симметричный)  $M_l=10$  кг; рабочий орган со сверлом  $M_p=2$  кг. Какая максимальная сила  $P_x$  может быть с точки С, при которой опора робота в точке Е начнет отрываться от пола.

Участнику на листе с ответами нужно нарисовать таблицу, приведенную ниже справа от рисунка, и во вторую колонку вписать итоговые ответы. Решение или обоснование дать ниже таблицы.

	Решение учащегося	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
2) Максимальная сила $P_x$ , Н:	253.33	20	

**Решение.** Решение основано на понятии рычага. При начале поднятия опоры Е все моменты сил (весов и силы на сверле) можно посчитать относительно опоры D.  $\Sigma M_D=0$ :

$(S/2)*M_o*g + (S/2+L/2)*M_l*g + (S/2+L)*M_p*g=(S/2+L)*P_x$ . Откуда:

$P_x=g((S/2)*M_o + (S/2+L/2)*M_l + (S/2+L)*M_p)/(S/2+L)$  или:

$P_x=10((200)*50 + (200+200)*10 + (200+400)*2)/(200+400)=$

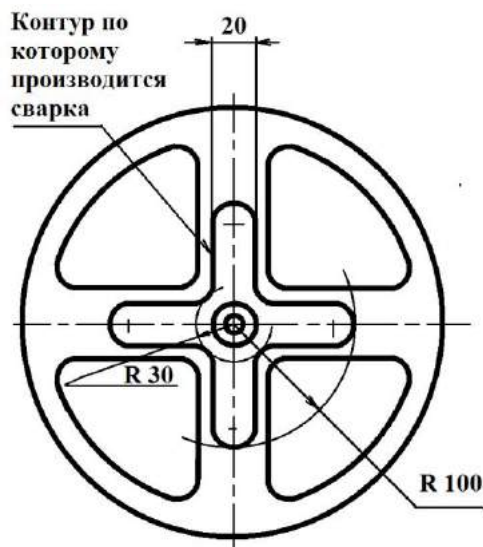
$=10((2)*50 + (2+2)*10 + (2+4)*2)/(2+4)= 10(100 + 40 + 12)/6=10*152/6=253.33$

**Ответ:** 253.33 Н.

### Задача №3.

3) Далее транспортный робот переместил шатун к сварочному роботу. Для большей прочности шатун с крестовиной решили приварить к звездочке. Эскиз контура, по которому накладывается сварочный шов, показан на рисунке стрелкой. Необходимые размеры приведены на рисунке. Контур состоит из дуг окружностей и прямых линий. Все радиусы дуг на контуре одинаковые. Дуги по касательной сопрягаются с прямыми участками контура. Рассчитать время процесса сварки, если сварочный электрод перемещается по контуру с постоянной скоростью 10 мм/с.

Участнику на листе с ответами нужно нарисовать таблицу, приведенную ниже, и во вторую колонку вписать итоговый ответ. Решение дать ниже таблицы.



Пример звездочки



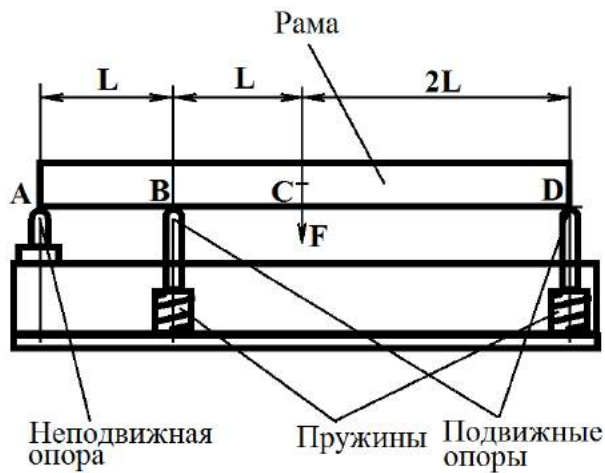
	Решение учащегося	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
3) Время сварки, сек:	74.85	20	

**Решение.** Решение связано с определением длины указанного контура. Контур имеет 4 полуокружности у вершины крестовины, 4 аналогичных скругления, но уже их четверти во впадинах крестовины: по условию все радиусы дуг одинаковые, условие касательности окружности двум перпендикулярным или параллельным прямым указывает на полуокружность или ее четверть (радиусы перпендикулярны касательным). Итого, имеются длины, равные 3 полным окружностям. Кроме того имеется 8 отрезков прямых. Длина каждой окружности  $L_0 = \pi \cdot d = \pi \cdot 20 = 62.83$  мм. Общая длина равна  $3 \cdot 62.8 = 188.5$  мм. Рассчитать длину отрезка можно, определив расстояние от центров окружностей выступов и впадин до горизонтальной оси конструкции. Центр дальней окружности определяется как наружный радиус крестовины 100 мм минус радиус окружности скругления 10 мм. Итого 90 мм. Центр окружности впадины равен сумме полутолщины крестовины 10 мм и радиуса окружности. Итого 20 мм. Тогда длина отрезка  $90 - 20 = 70$  мм. Тогда общая длина  $188.5 + 8 \cdot 70 = 748.5$  мм. При скорости сварки 10 мм/с время сварки составит 74.85 сек. **Ответ:** 74.85 сек.

#### **Задача №4.**

4) Далее транспортный робот переместил шатун к сборочному роботу. Сборочный робот устанавливает раму велосипеда на сборочное приспособление. На столе приспособления имеется неподвижная опора в виде вертикального стержня с торцевой сферической поверхностью (на вершине – точка А), и две аналогичные подпружиненные опоры в точках В и D. Опоры при нажатии на них опускаются вниз. Когда раму положили на приспособление, рама переместила вниз подпружиненные опоры. Определить величину перемещения вниз точки D, если центр тяжести рамы находится в точке С, а масса рамы  $M = 20$  кг. Расстояния:  $(AB) = L$ ;  $(BC) = L$ ;  $(CD) = 2L$ . Раму считать абсолютно жесткой. Коэффициенты жесткости пружин одинаковы  $k = 100$  Н/мм.

Участнику на листе с ответами нужно нарисовать таблицу, приведенную ниже, и во вторую колонку вписать итоговый ответ. Решение дать ниже таблицы.



	Решение учащегося	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
4) Перемещение в т. D, мм:	<b>0.5</b>	<b>40</b>	

**Решение.** Решение связано с определением сил на пружинах и их деформаций. Сумма моментов сил относительно точки А равна:  $k \cdot X_1 \cdot L + k \cdot X_2 \cdot (4 \cdot L) - F \cdot (2 \cdot L) = 0$ . Здесь  $X_1$  и  $X_2$ , соответственно, деформации первой (В) и второй (D) пружин. Поскольку рама не деформируется, т.е. сохраняет свою прямолинейность в точках А, В, D, то после деформаций получится треугольник  $ADD'$ , где  $D'$  – положение точки D после деформации пружин. Соответственно, будет пропорция длинам L отрезков  $X_1 = 4X_2$ . Подставляя в первое уравнение, получим:

$k \cdot 4 \cdot X_2 \cdot L + k \cdot X_2 \cdot (4 \cdot L) - F \cdot (2 \cdot L) = 0$ , Откуда:  $X_2 = F \cdot (2 \cdot L) / (k \cdot 4 \cdot L + k \cdot 4 \cdot L)$ , или  $X_2 = M \cdot g / (k \cdot 4)$  или

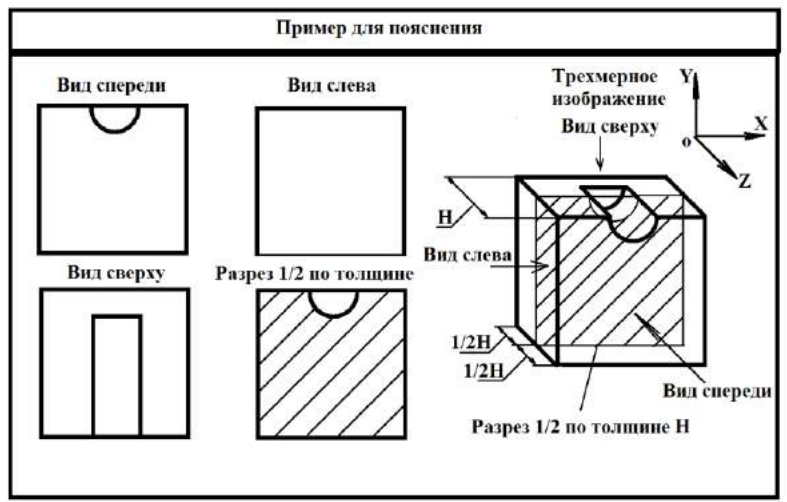
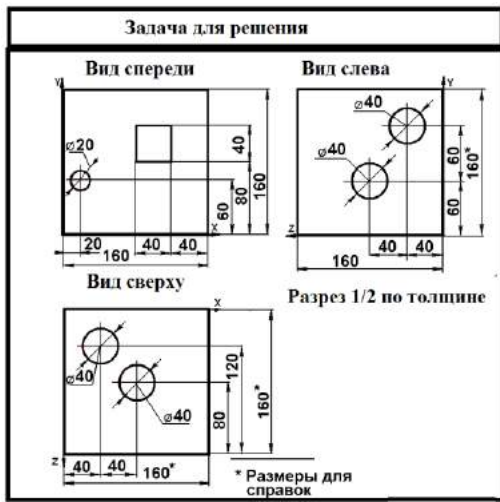
**Ответ:**  $X_2 = 20 \cdot 10 / (100 \cdot 4) = 0.5$  мм.

**Примечание,** если учащиеся не знают отношение отрезков в треугольнике, то можно взять сумму всех проекций векторов сил на вертикальную ось. Сила в точке А равна  $F_A = F - k \cdot X_1 - k \cdot X_2$ . Сумма моментов относительно точки D:  $F_A \cdot 4L + k \cdot X_1 \cdot 3 \cdot L - F \cdot (2 \cdot L) = 0$ . Т.о., три уравнения, три неизвестных.  $(F - k \cdot X_1 - k \cdot X_2) \cdot 4L + k \cdot X_1 \cdot 3 \cdot L - F \cdot (2 \cdot L) = 0$ . Здесь можно найти  $X_1$  и подставить его в первое уравнение.

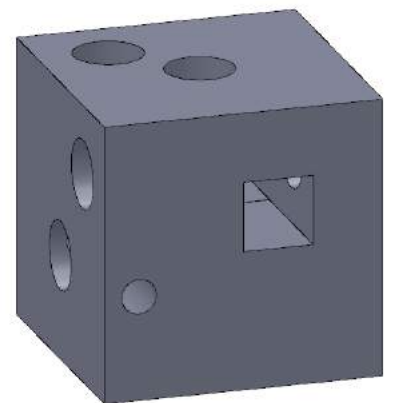
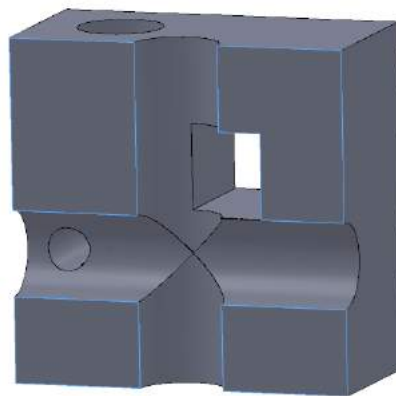
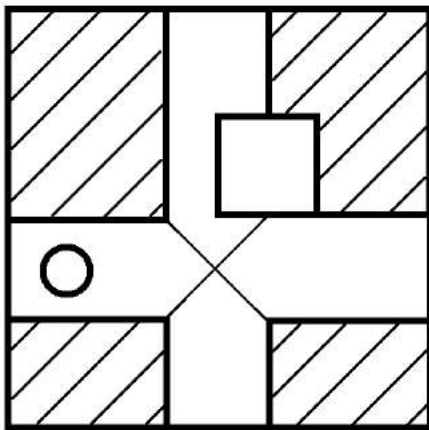
### **Задача №5.**

5) Одна из деталей 3D принтера имеет габариты куба 160x160x160 мм и изображена тремя проекциями, приведенными на рисунке слева («Задача для решения»). Три проекции – это изображение трех видов детали: спереди (взгляд по оси Z), слева (по оси X) и сверху (по оси Y). Все отверстия имеют сквозные, не меняющиеся по длине поперечные сечения. Нарисуйте разрез этой детали в плоскости, параллельной виду спереди (плоскость, параллельная  $XOY$ ) и проходящей ровно посередине толщины детали. Для пояснения приведенных выше понятий на рисунке справа («Пример для пояснения») даны все виды и разрезы применительно к другой детали. На разрезе рисуются все линии, которые попали в секущую плоскость и которые видны за ней.

Оценка за верный ответ 10 баллов.



**Ответ:** (справа для пояснения трехмерные изображения)





**Многопрофильная  
инженерная олимпиада «Звезда»  
«Машиностроение»**

**7-11 классы**

**Заключительный этап**

**2018-2019**

**Критерии оценивания**

<i>Номер критерия (жюри указывает рядом с оценкой)</i>	<i>Проценты (коэффициц) на максимальные баллы по задачам</i>	<i>Краткое формулирование правильности или ошибочности решений</i>	<i>Подробное пояснение критериев (комментарии, объяснения)</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1	100% (1.0)	Полное верное решение	Приведено полное решение задачи, включающее следующие элементы: а) кратко описано и прокомментировано условие задачи, записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом, в случае необходимости приведены расчетные схемы со всеми необходимыми обозначениями и пояснения к схемам; б) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений, используемых в условии задачи и основных констант; описание физических величин, встречающихся в задачах, может производиться с помощью математических соотношений, текстуально или с помощью рисунков); в) проведены все необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу; г) представлен правильный ответ в общем виде и в численном значении с указанием единиц измерения искомой величины.
2	90% (0.9)	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение.	Все решения удовлетворяет критерию 1, но имеются незначительные неточности, помарки, плохо читаемые символы и отдельные слова, которые могут трактоваться в пользу участника олимпиады. НЕ все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин даются с пояснениями. НЕ все необходимые для решения задачи обозначения приведены на расчетной схеме.
3	60...80% (0.6...0.8)	Решение в целом верное, однако содержит существенные ошибки (не физические, а математические)	Все решения удовлетворяет критерию 1, но в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.



4	30...50% (0.3...0.5)	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений неполна и невозможно найти решение.	а) Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием и без пояснений преобразований, направленных на решение задачи, и ответа. Или б) В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимых для решения задачи (или отсутствует необходимое утверждение, лежащее в основе решения задачи), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. Или в) В решении отсутствует необходимая со всеми необходимыми обозначениями расчетная схема и пояснения к ней, без которой решение принципиально невозможно. Или г) В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.
5	10-20% (0.1...0.2)	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи, при отсутствии решения (или при ошибочном решении)	Доказаны вспомогательные утверждения, помогающие в решении задачи. Рассмотрены отдельные важные случаи при отсутствии решения (или при ошибочном решении). Сделана необходимая расчетная схема. Приведен правильный ответ без описания, как он получен.
6	0 (0)	Решение неверное и отсутствуют какие-либо <u>относящиеся к решению</u> рассуждения.	Нет ответа и нет ни одного из рассуждений, относящихся к сути задачи. Рассуждения есть, но они, очевидно, даны «для заполнения страницы», они не относятся к сути задачи.

### Примечания.

1. Максимальный балл за задачу нужно умножить на коэффициент второй колонки.
2. Если задача не относится к классу физических задач (например, чертежная, математическая или химическая и т.д.), то разработчики задачи должны дать соответствующие критерии (3-6 шт.) как ее оценивать при частичном решении. Критерии дать на листе решений задач. Форма представления критериев должна быть аналогична вышеприведенной, чтобы на апелляции можно было четко объяснить, почему был применен тот или другой номер критерия.