



### Задачи, ответы и критерии оценивания

#### Проектная задача для 10-11-го класса (включает в себя 5 частных задач)

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, 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) Обрабатывающий робот начал фрезеровать заготовку шатуна педали велосипеда. При резании на торец фрезы в точке «С» действуют силы, которые обычно представляют как горизонтальную силу:  $P_z = 200 \text{ Н}$  и вертикальную силу  $P_x = 100 \text{ Н}$ . Размеры на рисунке  $L=500 \text{ мм}$ ,  $H=100 \text{ мм}$ . В точке «А» сверху на цилиндрической поверхности локтя робота наклеен датчик (полоска бумаги  $10 \times 10 \text{ мм}$  с проволочками) для контроля допустимых деформаций сжатия в этом месте локтя робота.

1.1) Как изменится сжатие поверхности локтя под наклеенным в точке «А» датчиком, если обе составляющие силы увеличить одновременно в два раза? (оценка за верный ответ 4 балла).

1.2) Увеличится или уменьшится сжатие под датчиком «А» при уменьшении вертикальной составляющей  $P_x$ ? (оценка за верный ответ 3 балла).

1.3) Если принять, что  $P_z = 0$ , то как изменится сжатие локтя под наклеенным датчиком, если высоту  $H$  увеличить до  $H=200 \text{ мм}$ ? (оценка за верный ответ 3 балла).

Массой всех элементов задачи пренебречь. Жесткость локтя при сжатии  $K_c=1000 \text{ Н/мм}$ ; при изгибе  $K_i=1000 \text{ Н*м/мм}$ . В поперечном сечении у точки А локоть считать жестко заделанным.

*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.*

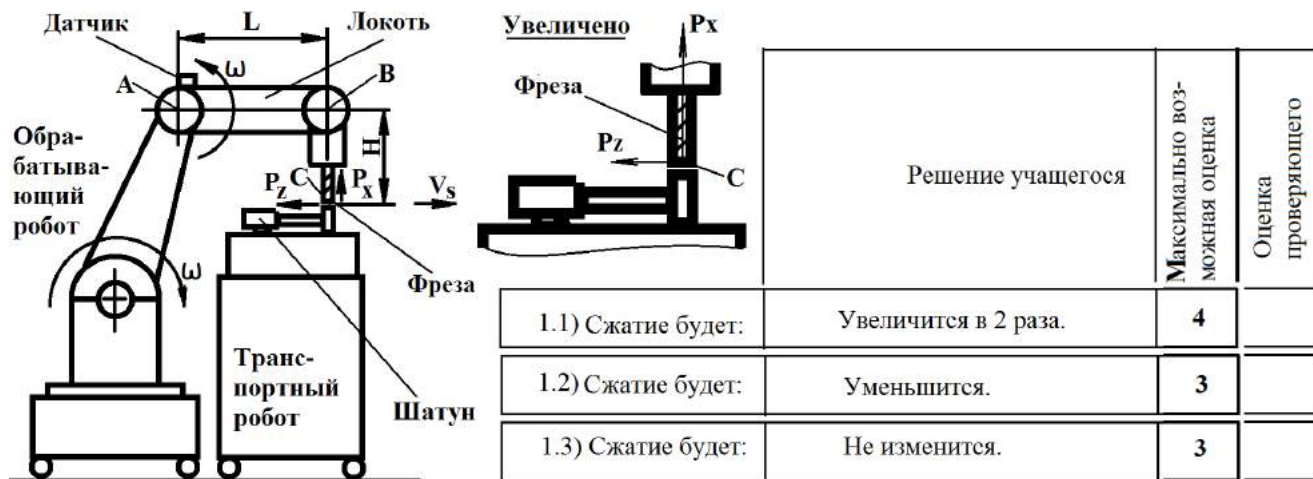


Рисунок 1 – Обрабатывающий робот

**Ответ.**

1.1) Задача относится к задачам упругости. Согласно закону Гука при упругости всегда  $F=kX$ . Таким образом, если все нагрузки увеличить в два раза (массами и весом пренебрегаем по условию задачи), то при сохранении жесткости все деформации увеличатся ровно в два раза.  
**Ответ:** Увеличится в 2 раза.

1.2) Сила  $P_x$  направлена вверх и изгибает трубчатый локоть робота в точке В вверх. Верхние слои трубы сжимаются, что и указано в условии задачи. Таким образом, если сила уменьшится, то и сжатие уменьшится.  
**Ответ:** Уменьшится.

1.3) Если останется только вертикальная изгибающая локоть сила, то при увеличении  $H$  ничего не изменится, так как модуль силы, ее направление и плечо силы не меняются.  
**Ответ:** Не изменится.

**Задача №2.**

2) Далее транспортный робот переместил шатун к сварочному роботу. Его тепловизор показал начальную температуру  $T_{ш1}=20$  градусов Цельсия у стального шатуна и стальной звездочки, которую нужно приварить к шатуну для большей прочности. Робот начал приваривать звездочку к шатуну, нанося на место сварки стальной расплав. Тепловизор робота показал температуру расплава  $T_{р1}=1000$  градусов. Масса шатуна и звездочки вместе –  $M_{ш}=100$  граммов. Масса нанесенного расплава  $M_{р}=10$  граммов. Удельная теплоемкость стальных шатуна, звездочки и расплава  $C=500$  Дж/(кг·град). Удельная теплота плавления стали  $\lambda=100000$  Дж/кг. Определить итоговую температуру всей сваренной конструкции по окончании процесса сварки и застывания расплава. Дополнительный прогрев заготовок от горящего газа, теплообмен с окружающей средой не учитывать.

*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
2) Итоговая температура, градусов:	90.9	20	

**Ответ.**

2) Согласно закону сохранения энергии теплота системы, выделенная при нагревании деталей до температуры  $T$  должна быть равна теплоте, выделенной при затвердевании расплава и его охлаждении до этой же температуры  $T$ . Теплота при нагревании:  $Q_{\text{ш}} = M_{\text{ш}} C(T_{\text{ш1}} - T)$ . Теплота при отвердевании расплава:  $Q_{\text{рз}} = \lambda M_{\text{р}}$ . Теплота при остывании расплава:  $Q_{\text{р}} = M_{\text{р}} C(T - T_{\text{р1}})$ .

$Q_{\text{ш}} = Q_{\text{рз}} + Q_{\text{р}}$ . Или  $M_{\text{ш}} C(T_{\text{ш1}} - T) = \lambda M_{\text{р}} + M_{\text{р}} C(T - T_{\text{р1}})$ . Откуда

$M_{\text{ш}} C T_{\text{ш1}} - M_{\text{ш}} C T - \lambda M_{\text{р}} + M_{\text{р}} C T_{\text{р1}} - M_{\text{р}} C T = 0$ , или:

$(M_{\text{ш}} C + M_{\text{р}} C) T = M_{\text{ш}} C T_{\text{ш1}} - \lambda M_{\text{р}} + M_{\text{р}} C T_{\text{р1}}$  или

$T = (M_{\text{ш}} C T_{\text{ш1}} - \lambda M_{\text{р}} + M_{\text{р}} C T_{\text{р1}}) / (M_{\text{ш}} C + M_{\text{р}} C)$ .

$T = (0.1 * 500 * 20 - 100000 * 0.01 + 0.01 * 500 * 1000) / (0.1 * 500 + 0.01 * 500) = 90.9 \text{ C}$ .

Ответ: 90.9 градусов Цельсия.

**Задача №3.**

3) Далее транспортный робот переместил шатун к сборочному роботу. Сборочный робот после соединения рамы и узла с педалями должен провести испытание сборки, а именно прокрутить педали, выполнив  $n=1000$  оборотов педали. Сколько киловатт-часов электроэнергии должно быть израсходовано роботом, если касательная сила от катка, на который опирается заднее колесо, составляет  $F=10 \text{ Н}$ . Диаметр заднего колеса  $D=600 \text{ мм}$ . Коэффициент полезного действия привода велосипеда  $\eta_{\text{в}}=90\%$ . Коэффициент полезного действия приводов робота  $\eta_{\text{р}}=80\%$ . Отношение диаметра звездочки шатуна (педали) к диаметру звездочки колеса 2:1. Силами трения между колесом и барабаном, тепловыми потерями и сопротивлением воздуха пренебречь.

*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
3) Расход электроэнергии кВт*час	0.0145	20	

**Ответ.**

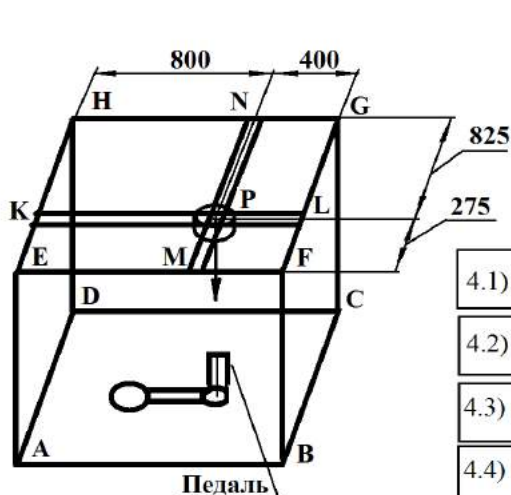
3) Согласно закону сохранения энергии электроэнергия, подведенная к роботу для требуемого вращения педали, должна быть равна работе, совершаемой силой сопротивления на колесе велосипеда, при этом необходимо учесть потери в велосипеде от педали к колесу и потери в самом роботе. Сила на шине колеса совершает работу за один его оборот, равную длине шины,

умноженной на эту силу:  $A_1 = \pi D * F$ . Поскольку отношение звездочек 2:1, то при  $n=1000$  оборотов педали, колесо совершит 2000 оборотов и общая работа указанной силы равна  $A = 2000\pi D * F$ . Эта работа может быть выполнена при подводе электроэнергии  $A_{\text{э}} = A / \eta_p / \eta_v$ .  
 $A_{\text{э}} = 2000\pi D * F / \eta_p / \eta_v$ .  $A_{\text{э}} = 2000\pi * 0.6 * 10 / 0.9 / 0.8 = 52359.87 \sim 52360$  Дж. Поскольку  $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Вт} * \text{сек} = 0.001 \text{ кВт} * \text{сек} = 0.001 / 3600 \text{ кВт} * \text{час}$ .  
 Учитывая, что 1 час = 3600 сек, то  $52360 \text{ Дж} / 3600 / 1000 = 0.0145 \text{ кВт} * \text{час}$ .

#### Задача №4.

4) Далее транспортный робот переместил сборку велосипеда к станку аддитивного производства в виде 3D принтера. Станок с рамой в виде прямоугольного параллелепипеда, напоминающего аквариум (ABCD – нижние балки и EFGH – верхние балки), наносит пластиковую окантовку на педаль посредством головки, которая расположена в точке Р. Головка расположена на перемещающихся направляющих балках (KL) и (MN), которые скользят по верхним балкам, соответственно (EH)-(FG) и (EF)-(HG). Указанные балки сами опираются на вертикальные стойки (EA), (FB), (GC), (HD). Рассчитать вертикальные силы, которые возникнут на вертикальных стойках в точках E, F, G, H при указанном расположении головки. Масса головки 200 гр. Расстояния (HN)=800мм; (NG)=400мм; (GL)=825мм; (LF)=275мм. Массой всех остальных частей станка пренебречь. Все части станка считать абсолютно жесткими

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



	Решение учащегося	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
4.1) Сила в точке E, Н:	1/2	10	
4.2) Сила в точке F, Н:	1	10	
4.3) Сила в точке G, Н:	1/3	10	
4.4) Сила в точке H, Н:	1/6	10	

#### Ответ.

4) Рассмотрим рычаг KPL. Отношение плеч  $KP/PL = 2/1$ . Таким образом,  $F_P = 0.2 * 10 = 2 \text{ Н}$ .  
 Сумма моментов вокруг точки К:  $F_L * 1200 - F_P * 800 = 0$ . Откуда:  $F_L = 2/3 * F_P$ . И  $F_K = 1/3 * F_P$ .  
 Аналогично, рассмотрим рычаги: EKH и FLG. Отношение плеч  $KH/EK = 825/275 = 3/1$ . Таким образом, аналогично, по правилам рычага:  $F_F * 1100 - F_L * 825 = 0$ , откуда:  $F_F = F_L * 825 / 1100 = 3/4 * F_L$   
 $F_G = F_L * 275 / 1100 = 1/4 * F_L$ . Аналогично,  $F_E = F_K * 825 / 1100 = 3/4 * F_K$  и  $F_H = F_K * 275 / 1100 = 1/4 * F_K$ .  
 Окончательно:  
 –  $F_F = F_L * 825 / 1100 = 3/4 * F_L = 3/4 * 2/3 * F_P = 1/2 * F_P = 1/2 * 2 = 1 \text{ Н}$ .  
 –  $F_G = F_L * 275 / 1100 = 1/4 * F_L = 1/4 * 2/3 * F_P = 1/6 * F_P = 1/6 * 2 = 1/3 \text{ Н}$ .  
 –  $F_E = F_K * 825 / 1100 = 3/4 * F_K = 3/4 * 1/3 * F_P = 1/4 * F_P = 1/4 * 2 = 1/2 \text{ Н}$ .  
 –  $F_H = F_K * 275 / 1100 = 1/4 * F_K = 1/4 * 1/3 * F_P = 1/12 * F_P = 1/12 * 2 = 1/6 \text{ Н}$ .  
 В сумме  $1 + 1/3 + 1/2 + 1/6 = 1 + 2/6 + 3/6 + 1/6 = 2 \text{ Н}$ .

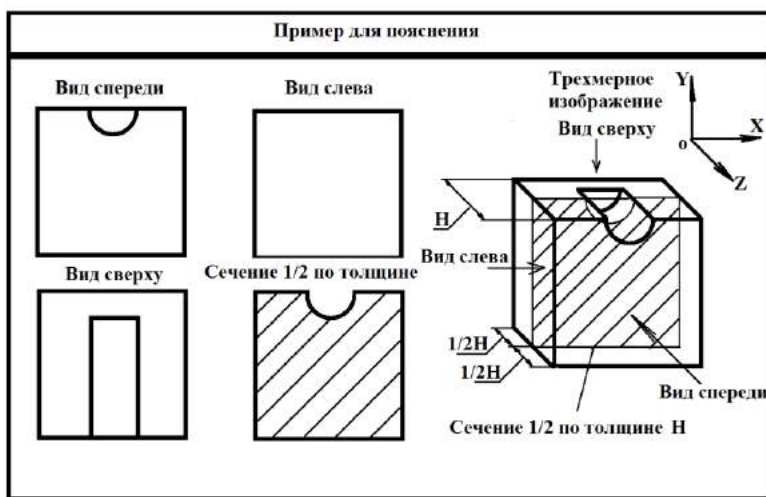
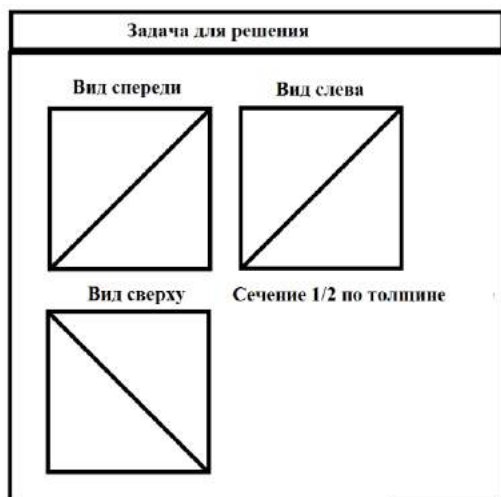
**Ответы:** E:  $1/2 H$ , F:  $1 H$ , G:  $1/3 H$ , H:  $1/6 H$ .

**Замечание.** Реальный станок всегда имеет погрешности. Если контакт происходит первоначально по точкам K и L, то из-за этих погрешностей в точках M и N будут зазоры. Возможна ситуация наоборот, когда контакт будет по последним точкам, а зазор будет в первых точках. Тогда первоначально будут появляться пропорции  $3/4$ , затем  $2/3$ . Но их произведение даст тот же самый результат.

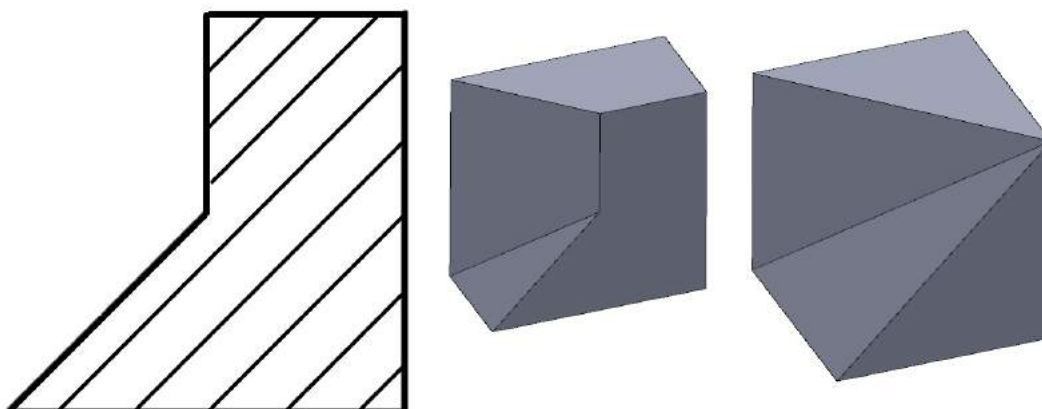
**Задача №5.**

5) Одна из деталей 3D принтера имеет габариты куба 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). Нарисуйте сечение этой детали в плоскости, параллельной виду спереди (плоскость, параллельная X0Y) и проходящей ровно посередине толщины детали. Для пояснения приведенных выше понятий на рисунке справа («Пример для пояснения») даны все виды и сечения применительно к другой детали. На сечении рисуются все линии, которые попали в секущую плоскость.

Оценка за верный ответ 10 баллов.



5) **Ответ:**





**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.