



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» по технике и технологии

Отборочный этап

7-8 классы

2018-2019

Вариант 1

1. (20 баллов) Имея полный бак топлива, катер может пройти 36 км против течения или 60 км по течению реки. На какое наибольшее расстояние по реке (в км) может уйти катер с полным баком, что бы вернуться обратно? Дрейфовать, как плот, катер не имеет права.
2. (20 баллов) У деда Мороза было 720 конфет. Он дал каждому ребёнку, пришедшему на ёлку, по 17 конфет, после чего конфет осталось меньше, чем детей, и их отдали Снегурочке. Какое наибольшее количество конфет могла получить Снегурочка?
3. (20 баллов) Автомобиль движется к железнодорожному переезду со скоростью 36 км/ч. В начальный момент времени расстояние от автомобиля до переезда равно 100 м. На каком расстоянии от переезда окажется автомобиль через 11 с?
4. (20 баллов) Минутная стрелка в 2 раза длиннее часовой. Определите, во сколько раз отличаются скорости концов минутной и часовой стрелок.
5. (20 баллов) Победитель гонки, состоявшей из 70 кругов, обошёл последнего участника ровно на три круга. С учётом того, что средняя скорость победителя 210 км/ч, определите среднюю скорость участника, пришедшего к финишу последним.



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» по технике и технологии

Отборочный этап

7-8 классы

2018-2019

Вариант 2

1. (20 баллов) Имея полный бак топлива, катер может пройти 54 км против течения или 90 км по течению реки. На какое наибольшее расстояние по реке (в км) может уйти катер с полным баком, что бы вернуться обратно? Дрейфовать, как плот, катер не имеет права.

2. (20 баллов) У деда Мороза было 720 конфет. Он дал каждому ребёнку, пришедшему на ёлку, по 17 конфет, после чего конфет осталось меньше, чем детей, и их отдали Снегурочке. Какое наименьшее количество конфет могла получить Снегурочка?

3. (20 баллов) Автомобиль движется к железнодорожному переезду со скоростью 54 км/ч. В начальный момент времени расстояние от автомобиля до переезда равно 50 м. На каком расстоянии от переезда окажется автомобиль через 12 с?

4. (20 баллов) Минутная стрелка в 1,5 раза длиннее часовой. Определите, во сколько раз отличаются скорости концов минутной и часовой стрелок.

5. (20 баллов) Победитель гонки, состоявшей из 50 кругов, обошёл последнего участника ровно на четыре круга. С учётом того, что средняя скорость победителя 200 км/ч, определите среднюю скорость участника, пришедшего к финишу последним.



Вариант 1

Задания, ответы и критерии оценивания

1. (20 баллов) Имея полный бак топлива, катер может пройти 36 км против течения или 60 км по течению реки. На какое наибольшее расстояние по реке (в км) может уйти катер с полным баком, что бы вернуться обратно? Дрейфовать, как плот, катер не имеет права.

Ответ: 22,5

Решение. На 1 км пути против течения катер тратит $1/36$ часть своего запаса топлива, а на 1 км по течению – $1/60$. Тогда на 1 км пути против и по течению тратится $\frac{1}{36} + \frac{1}{60} = \frac{2}{45}$ запаса топлива. Следовательно, весь путь – $45/2=22,5$ км.

2. (20 баллов) У деда Мороза было 720 конфет. Он дал каждому ребёнку, пришедшему на ёлку, по 17 конфет, после чего конфет осталось меньше, чем детей, и их отдали Снегурочке. Какое наибольшее количество конфет могла получить Снегурочка?

Ответ: 23

Решение. Пусть n – количество детей, пришедших на ёлку. Дед Мороз раздал $17n$ конфет. По условию задачи $720-17n < n$, откуда $n > 40$. С другой стороны, $17n < 720$, то есть $n < 42\frac{6}{17}$. Тогда возможные значения n – 41, 42. Чтобы Снегурочка получила больше конфет, n должно принимать наименьшее возможное значение, то есть $n=41$. В этом случае Снегурочке достанется $720-17\cdot 41=23$ конфеты.

3. (20 баллов) Автомобиль движется к железнодорожному переезду со скоростью 36 км/ч. В начальный момент времени расстояние от автомобиля до переезда равно 100 м. На каком расстоянии от переезда окажется автомобиль через 11 с?

Ответ: 10 м

Решение. $36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}$. Автомобиль за указанное время проедет 110 метров. От переезда автомобиль окажется на расстоянии 10 метров.

4. (20 баллов) Минутная стрелка в 2 раза длиннее часовой. Определите, во сколько раз отличаются скорости концов минутной и часовой стрелок.

Ответ: 24

Решение. Расстояние, проходимое концом минутной стрелки, за один оборот в 2 раза больше расстояния проходимого часовой стрелкой за один оборот ($s_{мин} = 2s_{час}$). Причём, минутная стрелка один оборот проходит за 1 час, а часовая – за 12 часов. Получаем, что отношение скоростей:

$$\frac{v_{мин}}{v_{час}} = \frac{s_1}{1} : \frac{s_2}{12} = 2 \cdot 12 = 24.$$

5. (20 баллов) Победитель гонки, состоявшей из 70 кругов, обошёл последнего участника ровно на три круга. С учётом того, что средняя скорость победителя 210 км/ч, определите среднюю скорость участника, пришедшего к финишу последним.

Ответ: 201 км/ч

Решение. Средняя скорость победителя $v_1 = \frac{70s}{t_1}$, где s – длина одного круга, а t_1 – время, затраченное им на эту гонку. Средняя скорость аутсайдера $v_2 = \frac{(70-3)s}{t_2}$, где $t_1 = t_2$. В результате получаем:

$$v_2 = \frac{70-3}{70} v_1 = 201 \text{ км/ч}.$$



Вариант 2

Задания, ответы и критерии оценивания

1. (20 баллов) Имея полный бак топлива, катер может пройти 54 км против течения или 90 км по течению реки. На какое наибольшее расстояние по реке (в км) может уйти катер с полным баком, что бы вернуться обратно? Дрейфовать, как плот, катер не имеет права.

Ответ: 33,75

Решение. На 1 км пути против течения катер тратит $1/54$ часть своего запаса топлива, а на 1 км по течению – $1/90$. Тогда на 1 км пути против и по течению тратится $\frac{1}{54} + \frac{1}{90} = \frac{4}{135}$ запаса топлива. Следовательно, весь путь – $135/4 = 33,75$ км.

2. (20 баллов) У деда Мороза было 720 конфет. Он дал каждому ребёнку, пришедшему на ёлку, по 17 конфет, после чего конфет осталось меньше, чем детей, и их отдали Снегурочке. Какое наименьшее количество конфет могла получить Снегурочка?

Ответ: 6

Решение. Пусть n – количество детей, пришедших на ёлку. Дед Мороз раздал $17n$ конфет. По условию задачи $720 - 17n < n$, откуда $n > 40$. С другой стороны, $17n < 720$, то есть $n < 42\frac{6}{17}$. Тогда возможные значения n – 41, 42. Чтобы Снегурочка получила как можно меньше конфет, n должно принимать наибольшее возможное значение, то есть $n = 42$. В этом случае Снегурочке достанется $720 - 17 \cdot 42 = 6$ конфет.

3. (20 баллов) Автомобиль движется к железнодорожному переезду со скоростью 54 км/ч. В начальный момент времени расстояние от автомобиля до переезда равно 50 м. На каком расстоянии от переезда окажется автомобиль через 12 с?

Ответ: 130 м

Решение. $54 \text{ км/ч} = 15 \text{ м/с}$. Автомобиль за указанное время проедет 180 метров. От переезда автомобиль окажется на расстоянии 130 метров.

4. (20 баллов) Минутная стрелка в 1,5 раза длиннее часовой. Определите, во сколько раз отличаются скорости концов минутной и часовой стрелок.

Ответ: 18

Решение. Расстояние, проходимое концом минутной стрелки, за один оборот в 1,5 раза больше расстояния проходимого часовой стрелкой за один оборот ($s_{мин} = 1,5s_{час}$). Причём, минутная стрелка один оборот проходит за 1 час, а часовая – за 12 часов. Получаем, что отношение скоростей

$$\frac{v_{мин}}{v_{час}} = \frac{s_1}{1} \cdot \frac{s_2}{12} = 1,5 \cdot 12 = 18.$$

5. (20 баллов) Победитель гонки, состоявшей из 50 кругов, обошёл последнего участника ровно на четыре круга. С учётом того, что средняя скорость победителя 200 км/ч, определите среднюю скорость участника, пришедшего к финишу последним.

Ответ: 184 км/ч

Решение. Средняя скорость победителя $v_1 = \frac{50s}{t_1}$, где s – длина одного круга, а t_1 – время, затраченное им на эту гонку. Средняя скорость аутсайдера $v_2 = \frac{(50-4)s}{t_2}$, где $t_1 = t_2$. В результате получаем:

$$v_2 = \frac{50-4}{50} v_1 = 184 \text{ км/ч}.$$



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» по технике и технологии

Отборочный этап

9-11 классы

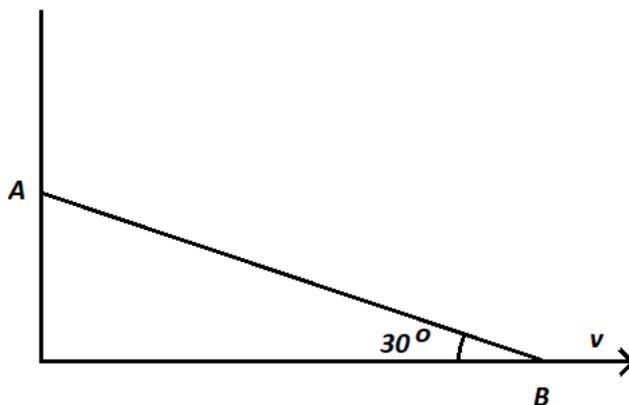
2018-2019

Вариант 1

1. (20 баллов) Передние колёса автомобиля изнашиваются быстрее, чем задние: передние при прохождении 40000 км, а задние при прохождении 60000 км. Какой максимальный путь (в км) может пройти автомобиль с данными четырьмя колёсами?

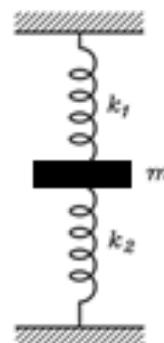
2. (20 баллов) Точка M лежит внутри равнобедренного треугольника с углом при вершине 120° . Расстояние от M до каждой из боковых сторон равно 3, а до основания $2\sqrt{3}$. Найдите длину основания.

3. (20 баллов) Стержень AB движется опираясь на стенку в точке A , и на пол в точке B . В тот момент времени, когда угол между стержнем и полом составлял 30° , скорость точки B стержня была равна $v = 2$ м/с. Определите скорость точки A в этот момент времени.



4. (20 баллов) Имеются три тела одинаковой массы, из одного материала, но с разными температурами. Температура первого $t_1 = 10^\circ\text{C}$. Если его привести в тепловой контакт со вторым, то установится температура $t_{12} = 40^\circ\text{C}$. Если первое тело привели бы в тепловой контакт с третьим телом, то в этом случае установившаяся температура была бы равна $t_{13} = 60^\circ\text{C}$. Какая температура установится, если второе тело привести в тепловой контакт с третьим? Тела не меняют своего агрегатного состояния. Тепловых потерь нет.

5. (20 баллов) Найдите период колебаний маятника, изображённого на рисунке. Коэффициенты упругости пружин $k_1 = 400$ Н/м и $k_2 = 1200$ Н/м, масса груза $m = 4$ кг. Массами пружин пренебречь.





Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» по технике и технологии

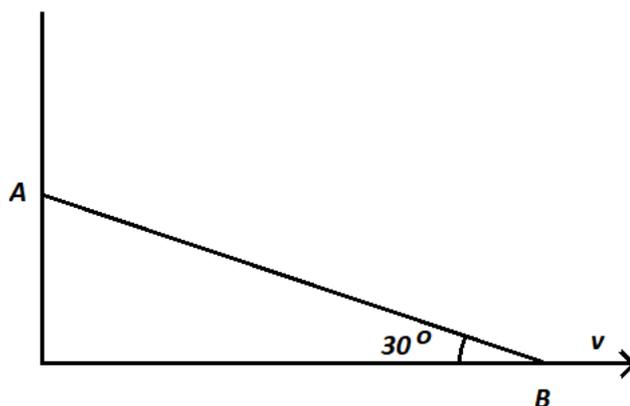
Отборочный этап

9-11 классы

2018-2019

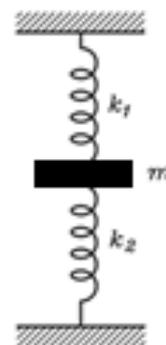
Вариант 2

1. (20 баллов) Передние колёса автомобиля изнашиваются быстрее, чем задние: передние при прохождении 45000 км, а задние при прохождении 55000 км. Какой максимальный путь (в км) может пройти автомобиль с данными четырьмя колёсами?
2. (20 баллов) Точка M лежит внутри равнобедренного треугольника с углом при вершине 120° . Расстояние от M до каждой из боковых сторон равно b , а до основания $2\sqrt{3}$. Найдите длину основания.
3. (20 баллов) Стержень AB движется опираясь на стенку в точке A , и на пол в точке B . В тот момент времени когда угол между стержнем и полом составлял 30° , скорость точки B стержня была равна $v = 5$ м/с. Определите скорость точки A в этот момент времени.



4. (20 баллов) Имеются три тела одинаковой массы, из одного материала, но с разными температурами. Температура первого $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Если его привести в тепловой контакт со вторым, то установится температура $t_{12} = 30^\circ\text{C}$. Если первое тело привели бы в тепловой контакт с третьим телом, то в этом случае установившаяся температура была бы равна $t_{13} = 50^\circ\text{C}$. Какая температура установится, если второе тело привести в тепловой контакт с третьим? Тела не меняют своего агрегатного состояния. Тепловых потерь нет.

5. (20 баллов) Найдите период колебаний маятника, изображённого на рисунке. Коэффициенты упругости пружин $k_1 = 400$ Н/м и $k_2 = 500$ Н/м, масса груза $m = 9$ кг. Массами пружин пренебречь.





Вариант 1

Задания, ответы и критерии оценивания

1. (20 баллов) Передние колёса автомобиля изнашиваются быстрее, чем задние: передние при прохождении 40000 км, а задние при прохождении 60000 км. Какой максимальный путь (в км) может пройти автомобиль с данными четырьмя колёсами?

Ответ: 48000

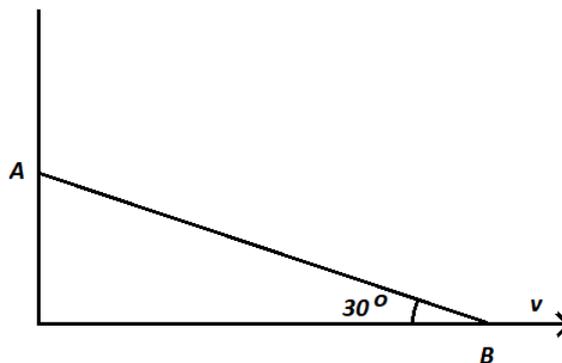
Решение. Пусть $a=40000$, $b=60000$, а искомый путь S . Ясно, что каждое колесо в качестве переднего и в качестве заднего должно проехать расстояние $S/2$ (все колёса должны изнашиваться одновременно, иначе действия водителя были неоптимальными). Поскольку суммарный износ для колеса составляет 1, получаем уравнение $\frac{S}{2a} + \frac{S}{2b} = 1$, откуда $S = \frac{2ab}{a+b}$ – среднее гармоническое величин a и b .

2. (20 баллов) Точка M лежит внутри равнобедренного треугольника с углом при вершине 120° . Расстояние от M до каждой из боковых сторон равно 3, а до основания $2\sqrt{3}$. Найдите длину основания.

Ответ: 24

Решение. Пусть длина основания a . Поскольку угол при основании 30° , высота треугольника равна $\frac{a}{2\sqrt{3}}$, а его площадь $S = \frac{a^2}{4\sqrt{3}}$. Длина боковой стороны $\frac{a}{\sqrt{3}}$. Если соединить точку M с вершинами треугольника и сложить площади трёх полученных треугольников, получим другое выражение для площади $S = 2\sqrt{3}a$. Из уравнения $\frac{a^2}{4\sqrt{3}} = 2\sqrt{3}a$ находим $a=24$.

3. (20 баллов) Стержень AB движется опираясь на стенку в точке A , и на пол в точке B . В тот момент времени, когда угол между стержнем и полом составлял 30° , скорость точки B стержня была равна $v = 2$ м/с. Определите скорость точки A в этот момент времени.



Ответ: $\approx 3,46$ м/с

Решение. Скорость точки B можно разложить на две составляющие. Одна из них направлена вдоль стержня $v_{B\Box} = v \cdot \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}v$. Скорости, направленные вдоль стержней у точек A и B должны быть одинаковыми, то есть $v_{A\Box} = v_{B\Box} = v \cdot \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}v$. С учётом того, что итоговая скорость точки A направлена вертикально вниз, а $v_{A\Box}$ является её проекцией, получаем

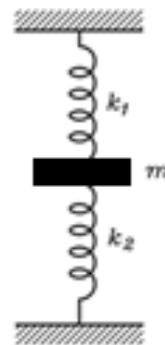
$$v_A = \frac{v_{A\Box}}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}v \approx 3,46 \text{ м/с}$$

4. (20 баллов) Имеются три тела одинаковой массы, из одного материала, но с разными температурами. Температура первого $t_1 = 10^\circ\text{C}$. Если его привести в тепловой контакт со вторым, то установится температура $t_{12} = 40^\circ\text{C}$. Если первое тело привели бы в тепловой контакт с третьим телом, то в этом случае установившаяся температура была бы равна $t_{13} = 60^\circ\text{C}$. Какая температура установится, если второе тело привести в тепловой контакт с третьим? Тела не меняют своего агрегатного состояния. Тепловых потерь нет.

Ответ: 90°C

Решение. Из уравнения теплового баланса имеем $c_1 m_1 (t_{12} - t_1) = c_2 m_2 (t_2 - t_{12})$, получаем, что $2t_{12} = t_1 + t_2$, $2t_{13} = t_1 + t_3$, $t_{23} = \frac{t_2 + t_3}{2} = t_{12} + t_{13} - t_1 = 90^\circ\text{C}$.

5. (20 баллов) Найдите период колебаний маятника, изображённого на рисунке. Коэффициенты упругости пружин $k_1 = 400$ Н/м и $k_2 = 1200$ Н/м, масса груза $m = 4$ кг. Массами пружин пренебречь.



Ответ: $0,314 \text{ с}$

Решение. При отклонении маятника от положения равновесия силы упругости со стороны пружин будут «помогать» друг другу, следовательно, период колебаний маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}} = 2\pi \cdot \frac{2}{40} = 0,314 \text{ с}.$$



Вариант 2

Задания, ответы и критерии оценивания

1. (20 баллов) Передние колёса автомобиля изнашиваются быстрее, чем задние: передние при прохождении 45000 км, а задние при прохождении 55000 км. Какой максимальный путь (в км) может пройти автомобиль с данными четырьмя колёсами?

Ответ: 49500

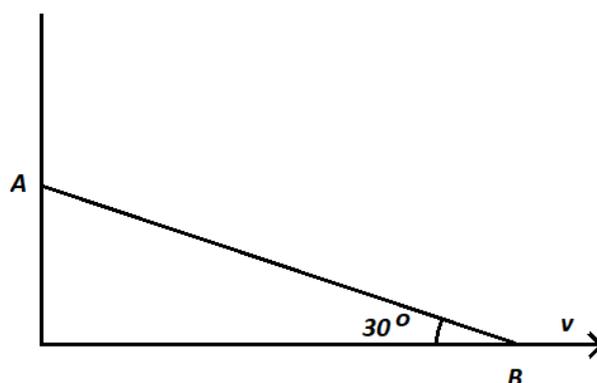
Решение. Пусть $a=45000$, $b=55000$, а искомый путь S . Ясно, что каждое колесо в качестве переднего и в качестве заднего должно проехать расстояние $S/2$ (все колёса должны изнашиваться одновременно, иначе действия водителя были неоптимальными). Поскольку суммарный износ для колеса составляет 1, получаем уравнение $\frac{S}{2a} + \frac{S}{2b} = 1$, откуда $S = \frac{2ab}{a+b}$ – среднее гармоническое величин a и b .

2. (20 баллов) Точка M лежит внутри равнобедренного треугольника с углом при вершине 120° . Расстояние от M до каждой из боковых сторон равно 6, а до основания $2\sqrt{3}$. Найдите длину основания.

Ответ: 36

Решение. Пусть длина основания a . Поскольку угол при основании 30° , высота треугольника равна $\frac{a}{2\sqrt{3}}$, а его площадь $S = \frac{a^2}{4\sqrt{3}}$. Длина боковой стороны $\frac{a}{\sqrt{3}}$. Если соединить точку M с вершинами треугольника и сложить площади трёх полученных треугольников, получим другое выражение для площади $S = 3\sqrt{3}a$. Из уравнения $\frac{a^2}{4\sqrt{3}} = 3\sqrt{3}a$ находим $a=36$.

3. (20 баллов) Стержень AB движется опираясь на стенку в точке A , и на пол в точке B . В тот момент времени когда угол между стержнем и полом составлял 30° , скорость точки B стержня была равна $v=5$ м/с. Определите скорость точки A в этот момент времени.



Ответ: $\approx 8,66$ м/с

Решение. Скорость точки B можно разложить на две составляющие. Одна из них направлена вдоль стержня $v_{B\Box} = v \cdot \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}v$. Скорости, направленные вдоль стержней у точек A и B должны быть одинаковыми, то есть $v_{A\Box} = v_{B\Box} = v \cdot \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}v$. С учётом того, что итоговая скорость точки A направлена вертикально вниз, а $v_{A\Box}$ является её проекцией, получаем

$$v_A = \frac{v_{A\Box}}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}v \approx 8,66 \text{ м/с}.$$

4. (20 баллов) Имеются три тела одинаковой массы, из одного материала, но с разными температурами. Температура первого $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Если его привести в тепловой контакт со вторым, то установится температура $t_{12} = 30^\circ\text{C}$. Если первое тело привести бы в тепловой контакт с третьим телом, то в этом случае установившаяся температура была бы равна $t_{13} = 50^\circ\text{C}$. Какая температура установится, если второе тело привести в тепловой контакт с третьим? Тела не меняют своего агрегатного состояния. Тепловых потерь нет.

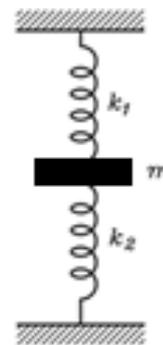
Ответ: 60°C

Решение. Из уравнения теплового баланса имеем $c_1 m_1 (t_{12} - t_1) = c_2 m_2 (t_2 - t_{12})$,

получаем, что $2t_{12} = t_1 + t_2$, $2t_{13} = t_1 + t_3$, $t_{23} = \frac{t_2 + t_3}{2} = t_{12} + t_{13} - t_1 = 60^\circ\text{C}$.

5. (20 баллов) Найдите период колебаний маятника, изображённого на рисунке. Коэффициенты упругости пружин $k_1 = 400 \text{ Н/м}$ и $k_2 = 500 \text{ Н/м}$, масса груза $m = 9 \text{ кг}$. Массами пружин пренебречь.

Ответ: $0,628 \text{ с}$



Решение. При отклонении маятника от положения равновесия силы упругости со стороны пружин будут «помогать» друг другу, следовательно, период колебаний маятника $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}} = 2\pi \cdot \frac{3}{30} = 0,628 \text{ с}$.



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» Электроэнергетика»

7-8 классы

Заключительный этап

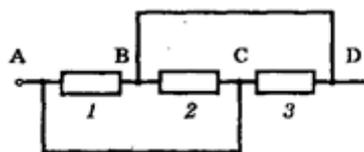
2018-2019

Задача 1 (10 баллов)

Серьезную угрозу здоровью и жизни людей представляет электрический ток напряжением выше 25 вольт и силой тока выше 50 мА. Дома и на улице нас окружают провода и электрооборудование, находящиеся под напряжением 220 вольт и выше. Ток, который протекает в бытовой электросети, во много раз превышает смертельный. При этом у человека нет органов чувств, которые могли бы помочь ему определить, под напряжением находится оборудование или нет. Поэтому необходимо всегда соблюдать правила электробезопасности. Ответьте на вопрос, что надо делать, чтобы избежать поражений электрическим током на улице и дома. (10 баллов)

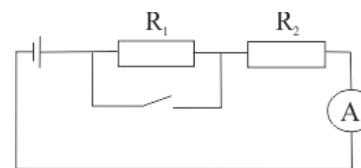
Задача 2 (20 баллов)

Определите общее сопротивление R цепи показанной на рисунке. Сопротивление каждого из резисторов $R=6$ Ом. Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.



Задача 3 (20 баллов)

Когда выключатель включен, амперметр показывает 0,5 А, а когда он отключен – 0,2 А. Определить сопротивление резисторов R_1 и R_2 . Напряжение питания 48 В.

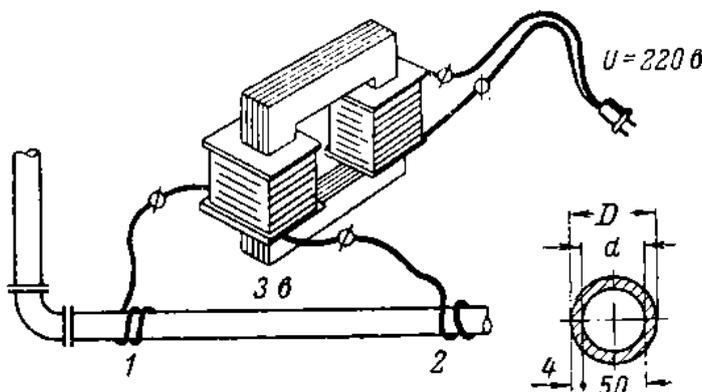


Задача 4 (20 баллов)

Моток медной проволоки имеет массу $m = 300$ г и электрическое сопротивление $R = 57$ Ом. Определите длину проволоки l и площадь ее поперечного сечения S . Удельное сопротивление меди – $0,018$ Ом·мм²/м, плотность меди – $8,9$ г/см³.

Задача 5 (30 баллов)

Теплом выделяемым, при прохождении электрического тока от трансформатора, нужно разогреть замерзшую железную трубу с внутренним диаметром 500 мм и толщиной стенки 4 мм (см. рис.). Вторичное напряжение 3 В подается к точкам 1 и 2, удаленным друг от друга на 10 м. Рассчитайте силу тока проходящую через трубу. Удельное сопротивление железа $0,01$ Ом·мм²/м.





Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Электроэнергетика»

9 класс

Заключительный этап

2018-2019

Задача 1 (10 баллов)

Серьезную угрозу здоровью и жизни людей представляет электрический ток напряжением от 25 вольт и силой тока от 50 мА. Дома и на улице нас окружают провода и электрооборудование, находящиеся под напряжением 220 вольт и выше. Ток, который протекает в бытовой электросети, во много раз превышает смертельный. При этом у человека нет органов чувств, которые могли бы помочь ему определить, под напряжением находится оборудование или нет. Поэтому необходимо всегда соблюдать правила электробезопасности. Ответьте на вопрос, что надо делать, чтобы избежать поражений э/током на улице и дома.

Задача 2. (20 баллов)

Электроплита с напряжением питания 220В имеет следующие характеристики:

Нагреватели	Количество, шт	Мощность, Вт
Конфорка малая	2	1250
Конфорка большая	2	1500
Гриль	1	1500
Духовка	1	1800

Определить максимальную силу тока и стоимость потребленной энергии за 30 минут работы плиты при одновременном использовании всех нагревательных элементов. (Стоимость электроэнергии составляет 2 руб. за 1 кВт·ч)

Задача 3 (20 баллов)

На трансформаторе с отношением напряжений $U_1/U_2=220В/24В$ и отношением числа витков $w_1/w_2=880/96$ постепенно были сделаны следующие изменения:

- снято 100 витков с первичной обмотки
- добавлено 100 витков к первичной обмотке.

В каком случае, показания вольтметра, подключенного к вторичной обмотке больше и насколько. Напряжение сети во всех случаях принять равным 220 В.

Задача 4 (20 баллов)

Три источника постоянного тока с ЭДС 1,5 В соединены последовательно с выключателем и двумя лампами P, Q каждая с сопротивлением 5 Ом. Лампа С соединена параллельно лампе Р их общее сопротивление составляет 4 Ом. 1. Начертите электрическую схему цепи. 2. Определите силу тока, протекающего через лампы Q и С. (Внутренним сопротивлением источников постоянного тока пренебречь)

Задача 5 (30 баллов)

Определите общее сопротивление R цепи показанных на рисунке. Сопротивление каждого из резисторов R=6 Ом. Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.

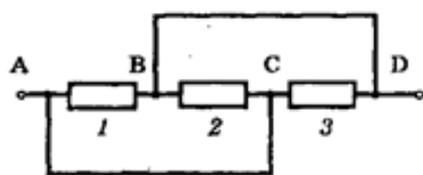


Рис. а

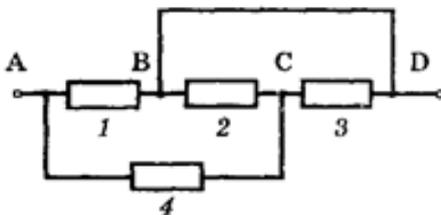


Рис. б

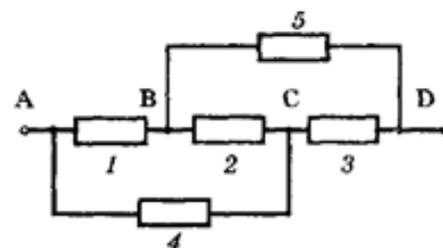


Рис. в



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Электроэнергетика»

10-11 классы

Заключительный этап

2018-2019

Задача 1 (10 баллов)

Серьезную угрозу здоровью и жизни людей представляет электрический ток напряжением от 25 вольт и силой тока от 50 мА. Дома и на улице нас окружают провода и электрооборудование, находящиеся под напряжением 220 вольт и выше. Ток, который протекает в бытовой электросети, во много раз превышает смертельный. При этом у человека нет органов чувств, которые могли бы помочь ему определить, под напряжением находится оборудование или нет. Поэтому необходимо всегда соблюдать правила электробезопасности. Ответьте на вопрос, что надо делать, чтобы избежать поражений э/током на улице и дома. Какие виды биологического действия электрического тока на организм человека вы знаете? (указать несколько видов). Какую первую помощь необходимо оказать при поражении электрическим током?

Задача 2 (20 баллов)

Генератор вырабатывающий мощность 1 кВт через кабельную линию с сопротивлением 10 Ом соединен с электрическим двигателем. Если этот генератор вырабатывает энергию с разностью потенциалов 220 В, то: 1) Каким будет максимальный ток в кабеле? 2) Какую мощность получает электрический двигатель?

Задача 3 (20 баллов)

Два источника тока с ЭДС, равными 6 и 4 В, соединены последовательно. Внутренние сопротивления элементов соответственно 1 и 0,5 Ом. Источники тока подключены к пяти параллельно соединенным электролампам с внутренним сопротивлением по 20 Ом каждая. Сопротивление подводящих проводов 2,5 Ом. Чему равны сила тока в каждой электролампе и КПД батареи элементов?

Задача 4 (20 баллов)

Каким образом можно преобразовать миллиамперметр показывающий силу тока 0 – 5, мА в вольтметр показывающий напряжение 0–5 В. Внутреннее сопротивление амперметра равно 40 Ом. Найти сопротивление шунтирующего резистора и изобразить схему включения преобразованного миллиамперметра в электрическую цепь.

Задача 5 (30 баллов)

Для вентиляции помещения могут использоваться нагревательные приборы воздушного отопления – калориферы. Расход наружного воздуха в установке воздушного отопления $V_1=950\text{ м}^3/\text{ч}$, температура $t_1=-10^\circ\text{C}$. Воздух нагревается в калорифере при постоянном давлении до $t_2=20^\circ\text{C}$. Давление воздуха принять 760 мм рт. ст. Массовый расход воздуха $M=0,354\text{ кг/с}$. Теплоемкость воздуха принять $c_p=1040\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$. Процесс нагрева изображен на рис.1. Определить: расход воздуха после нагрева, а также определить тепловую мощность, затраченную на нагрев воздуха.

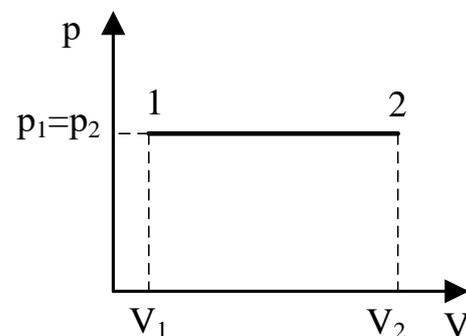


Рис.1. Процесс нагрева в калорифере



Задачи, ответы и критерии оценивания

Задача 1 (10 баллов)

Серьезную угрозу здоровью и жизни людей представляет электрический ток напряжением выше 25 вольт и силой тока выше 50 мА. Дома и на улице нас окружают провода и электрооборудование, находящиеся под напряжением 220 вольт и выше. Ток, который протекает в бытовой электросети, во много раз превышает смертельный. При этом у человека нет органов чувств, которые могли бы помочь ему определить, под напряжением находится оборудование или нет. Поэтому необходимо всегда соблюдать правила электробезопасности. Ответьте на вопрос, что надо делать, чтобы избежать поражений электрическим током на улице и дома. (10 баллов)

Ответ:

Чтобы избежать поражений электрическим током НЕЛЬЗЯ:

1. На улице:

Ходить по земле, держа в руках включенные в сеть электроприборы. Особенно опасно ходить босиком по влажной почве.

- Привязывать бельевые веревки к водосточным трубам, расположенным под электролинии
- Использовать садовый инвентарь в местах, где электролинии приближены к деревьям.
- Снимать с линии электропередачи планеры, воздушных змеев и другие зацепившиеся за провода предметы.
- Вести строительные и другие работы под линиями электропередачи.
- Входить в электротехнические помещения.
- Браться за оборванные висящие и лежащие на земле провода.
- Разжигать костры под линиями электропередач

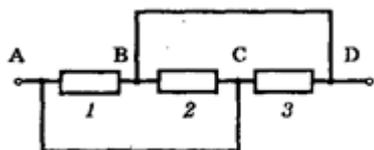
2. Дома:

- Вбивать гвозди, сверлить стены в местах возможной электропроводки.
- Красить, белить, мыть стены с наружной или скрытой проводкой, находящейся под напряжением.

- Работать с включенными электроприборами вблизи батарей или водопровода.
- Работать с электроприборами, менять лампочки, стоя на мокрой поверхности
- Работать с неисправными электроприборами.
- Ремонтировать электроприборы, находящиеся под напряжением.

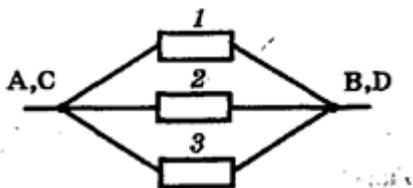
Задача 2 (20 баллов)

Определите общее сопротивление R цепи показанной на рисунке. Сопротивление каждого из резисторов $R=6$ Ом. Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.



Ответ:

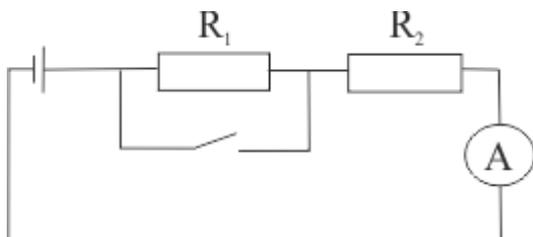
Точки A,B,C,D закорочены, их потенциалы одинаковы $\varphi_A=\varphi_C$, $\varphi_B=\varphi_D$, объединяем точки A,C и B,D (10 баллов) и получаем эквивалентная схема (5 баллов)



Соответственно сопротивление схемы $R=R_0/3= 2$ Ом (5 баллов)

Задача 3 (20 баллов)

Когда выключатель включен, амперметр показывает 0.5 А, а когда он отключен – 0,2 А Определить сопротивление резисторов R_1 и R_2 . Напряжение питания 48 В.



Ответ:

Когда выключатель включен сопротивление цепи равно сопротивлению R_2 , ток протекающий через резистор $I_1=0,5\text{А}$. Сопротивление определяется по закону Ома $R_2=U/I_1=96\text{ Ом}$. (10 баллов)

Когда выключатель отключен общее сопротивление цепи $R_{\text{общ}}=R_1+R_2$
ток протекающий через резисторы $I_2=0,2\text{А}$

$$R_{\text{общ}}=U/I_2=240$$

Тогда $R_1=144\text{ ом}$ (10 баллов)

Задача 4 (20 баллов)

Моток медной проволоки имеет массу $m = 300\text{ г}$ и электрическое сопротивление $R = 57\text{ Ом}$. Определите длину проволоки l и площадь ее поперечного сечения S . Удельное сопротивление меди – $0,018\text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$, плотность меди – $8,9\text{ г}/\text{см}^3$.

Ответ:

Масса меди

$$m=dls,$$

сопротивление проволоки

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

$d, \rho_{\text{пл}}$ – плотность меди $8,9\text{ г}/\text{см}^3=8,9 \cdot 10^3\text{ кг}/\text{м}^3$,

ρ – удельное сопротивление меди $0,018\text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}=0,018 \cdot 10^{-6}\text{ Ом}\cdot\text{м}$.,

из уравнений

$$l = \sqrt{\frac{mR}{d\rho}} = 340\text{ м}, \quad S = \sqrt{\frac{m\rho}{dR}} = 0,10\text{ мм}^2$$

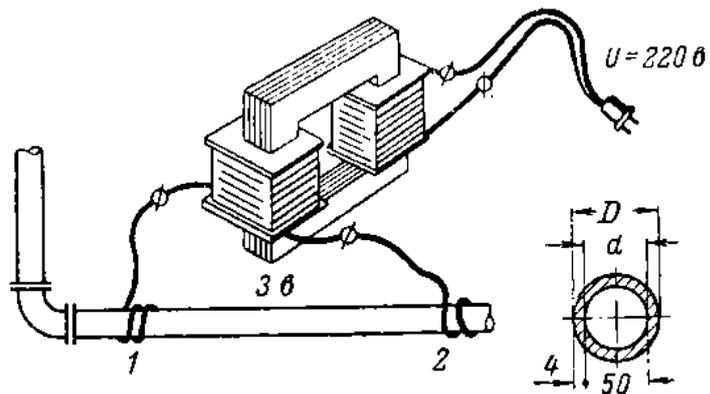
Написать формулы – 5 баллов,

Вывести l и S – 15 баллов.

Полностью решить задачу – 20 баллов.

Задача 5 (30 баллов)

Теплом выделяемым, при прохождении электрического тока от трансформатора, нужно разогреть замерзшую железную трубу с внутренним диаметром 500 мм и толщиной стенки 4 мм (см. рис.). Вторичное напряжение 3 В подается к точкам 1 и 2, удаленным друг от друга на 10 м. Рассчитайте силу тока проходящую через трубу. Удельное сопротивление железа $0,01\text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$.



Ответ:

Перевод значений в систему СИ (5 баллов).

Сначала нужно подсчитать сечение трубы (площадь кольца):

$$S = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) = 679 \text{ мм}^2 (10 \text{ баллов})$$

рассчитываем сопротивление трубы $R = \rho \frac{l}{S}$

Сопротивление железной трубы: $R=0,0015 \text{ Ом}$ (5 баллов)

Сила тока протекающего через трубу: $I=U/R= 2\ 000 \text{ А}$. (10 баллов)



Задачи, ответы и критерии оценивания

Задача 1 (10 баллов)

Серьезную угрозу здоровью и жизни людей представляет электрический ток напряжением от 25 вольт и силой тока от 50 мА. Дома и на улице нас окружают провода и электрооборудование, находящиеся под напряжением 220 вольт и выше. Ток, который протекает в бытовой электросети, во много раз превышает смертельный. При этом у человека нет органов чувств, которые могли бы помочь ему определить, под напряжением находится оборудование или нет. Поэтому необходимо всегда соблюдать правила электробезопасности. Ответьте на вопрос, что надо делать, чтобы избежать поражений э/током на улице и дома.

Ответ:

Чтобы избежать поражений электрическим током НЕЛЬЗЯ:

1. На улице:

Ходить по земле, держа в руках включенные в сеть электроприборы. Особенно опасно ходить босиком по влажной почве.

- Привязывать бельевые веревки к водосточным трубам, расположенным под электролинии
- Использовать садовый инвентарь в местах, где электролинии приближены к деревьям.
- Снимать с линии электропередачи планеры, воздушных змеев и другие зацепившиеся за провода предметы.
- Вести строительные и другие работы под линиями электропередачи.
- Входить в электротехнические помещения.
- Браться за оборванные висящие и лежащие на земле провода.
- Разжигать костры под линиями электропередач

2. Дома:

- Вбивать гвозди, сверлить стены в местах возможной электропроводки.
- Красить, белить, мыть стены с наружной или скрытой проводкой, находящейся под напряжением.
- Работать с включенными электроприборами вблизи батарей или водопровода.
- Работать с электроприборами, менять лампочки, стоя на мокрой поверхности
- Работать с неисправными электроприборами.
- Ремонтировать необесточенные электроприборы.

Задача 2 (20 баллов)

Электроплита с напряжением питания 220 В имеет следующие характеристики:

Нагреватели	Количество, шт	Мощность, Вт
Конфорка малая	2	1250
Конфорка большая	2	1500
Гриль	1	1500
Духовка	1	1800

Определить максимальную силу тока и стоимость потребленной энергии за 30 минут работы плиты при одновременном использовании всех нагревательных элементов. (Стоимость электроэнергии составляет 2 руб. за 1 кВт·ч)

Ответ:

1) Максимальная сила тока: (10 баллов)

Находим мощность, выделяемую на нагревательных элементах

$$P = 1250 \cdot 2 + 1500 \cdot 2 + 1500 + 1800 = 8800 \text{ Вт}$$

$$P = U \cdot I \quad I = P/U = 40 \text{ А}$$

2) Стоимость потребленной энергии (10 баллов)

$$A = Pt = 8,8 \cdot 0,5 = 4,4 \text{ кВт}\cdot\text{ч} - \text{энергия потребленная плитой за 30 минут работы}$$

$$4,4 \cdot 2 = 8,8 \text{ руб.} - \text{стоимость электроэнергии}$$

Задача 3 (20 баллов)

На трансформаторе с отношением напряжений $U_1/U_2 = 220\text{В}/24\text{В}$ и отношением числа витков $w_1/w_2 = 880/96$ постепенно были сделаны следующие изменения:

а) снято 100 витков с первичной обмотки

б) добавлено 100 витков к первичной обмотке.

В каком случае, показания вольтметра, подключенного к вторичной обмотке больше и насколько. Напряжение сети во всех случаях принять равным 220 В.

Ответ:

1) Коэффициент трансформации

$$U_1/U_2 = w_1/w_2 = 9,16$$

Напряжение сети $U_1 = 220\text{В}$ (10 баллов)

$$220/U_2 = (880 - 100)/96$$

$$U_2 = (96/780) * 220 = 27,1 \text{ В}$$

$$220/U_2 = (880+100)/96$$

$$U_2 = (96/980) * 220 = 21,6 \text{ В}$$

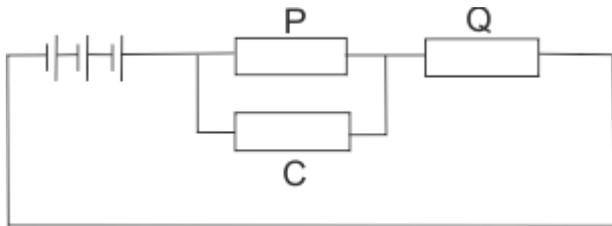
При уменьшении числа витков на первичной обмотки напряжение на вторичной обмотки повышается на 6,5 В. (10 баллов)

Задача 4 (20 баллов)

Три источника постоянного тока с ЭДС 1,5 В соединены последовательно с выключателем и двумя лампами Р, Q каждая с сопротивлением 5 Ом. Лампа С соединена параллельно лампе Р, их общее сопротивление составляет 4 Ом.
1. Начертите электрическую схему цепи. 2. Определите силу тока, протекающего через лампы Q и С. (Внутренним сопротивлением источников постоянного тока пренебречь)

Ответ:

1) Электрическая схема: 5 баллов



2) Ток через лампу Q (5 баллов)

Напряжение источника ЭДС $U = 4,5 \text{ В}$

Общее сопротивление цепи $R_{\text{общ}} = 9 \text{ Ом}$

Ток через лампу Q $I_Q = U/R = 0,5 \text{ А}$

3) Ток через лампу С (10 баллов)

Сопротивление лампы С

$$R_P R_C / (R_P + R_C) = 4 \text{ Ом}$$

$$R_C = 20 \text{ Ом},$$

Напряжение на параллельном участке цепи

$$U_{\text{PC}} = R_{\text{общ}} * I_Q = 2 \text{ В}$$

$$I_C = U_{\text{PC}} / R_C = 0,1 \text{ А}$$

Задача 5 (30 баллов)

Определите общее сопротивление R цепи показанных на рисунке. Сопротивление каждого из резисторов $R = 6 \text{ Ом}$. Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.

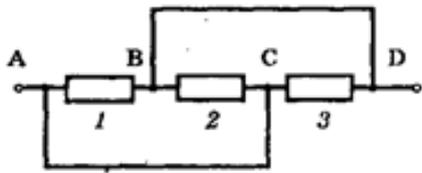


Рис. а

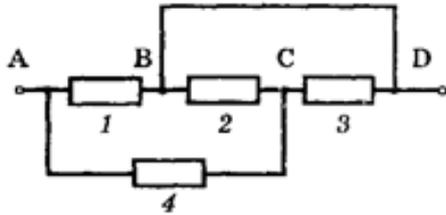


Рис. б

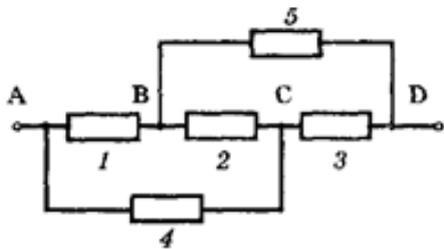
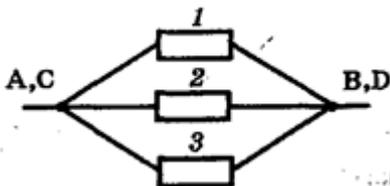


Рис. в

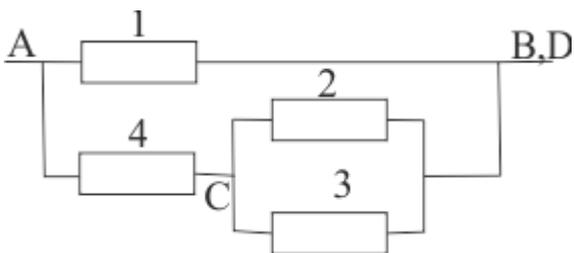
Ответ:

а) Точки А,В,С,Д закорочены, их потенциалы одинаковы $\varphi_A = \varphi_C$, $\varphi_B = \varphi_D$, объединяем точки А,С и В,Д (10 баллов) и получаем эквивалентная схема



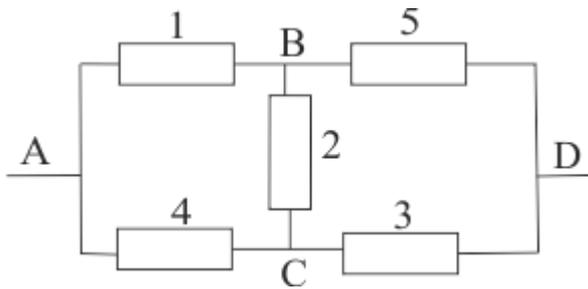
Соответственно сопротивление схемы $R = R_0/3 = 2$ Ом (10 баллов)

б) эквивалентная схема (10 баллов)



Сопротивление R_2 и R_3 соединены параллельно $R_{2,3} = 3$ Ом

$R_{2,3}$ с R_4 сопротивлением последовательно – $R_{2,3,4}=9$ Ом,
 $R_{2,3,4}$ и R_1 соединены параллельно $R = 3,6$ Ом.
 в) эквивалентная схема (10 баллов)



Исходя из симметрии схемы $\varphi_B = \varphi_C$. Следовательно ток через R_2 не идет и для расчетов его можно не учитывать.
 $R_{1,5} = R_{3,4} = 2R = 12$ Ом, данные сопротивления соединены последовательно.
 Сопротивления $R_{1,5}$ и $R_{3,4}$ между собой соединены параллельно, и общее сопротивление $R = 6$ Ом.



Задачи, ответы и критерии оценивания

Задача1 (10 баллов)

1. Серьезную угрозу здоровью и жизни людей представляет электрический ток напряжением от 25 вольт и силой тока от 50 мА . Дома и на улице нас окружают провода и электрооборудование, находящиеся под напряжением 220 вольт и выше. Ток, который протекает в бытовой электросети, во много раз превышает смертельный. При этом у человека нет органов чувств, которые могли бы помочь ему определить, под напряжением находится оборудование или нет. Поэтому необходимо всегда соблюдать правила электробезопасности. Ответьте на вопрос, что надо делать, чтобы избежать поражений э/током на улице и дома. Какие виды биологического действия электрического тока на организм человека вы знаете? (указать несколько видов). Какую первую помощь необходимо оказать при поражении электрическим током?

Ответ:

Проходя через организм человека эл/ ток оказывает 4 вида воздействия:

- термическое действие - проявляющееся в ожогах отдельных частей тела, нагреве до высоких температур кровеносных сосудов, крови, нервов, сердца, мозга, что вызывает серьезное расстройство органов.
- механическое действие - (динамическое) расслоение, разрыв тканей организма (мышц сердца, сосудов) в результате электрического динамического эффекта; мгновенного взрывоподобного образования пара от перегретой током тканевой жидкости и крови,
- биологическое - раздражение живых тканей организма; нарушение внутренних биоэлектрических процессов, протекающих в нормально-действующем организме.
- электролитическое действие - разложение органической жидкости (лимфы и крови) с нарушением ее состава.

первая помощь:

Главное - как можно быстрее прекратить воздействие электричества на организм, затем вызвать скорую помощь.

Процедура оценивания:

Каждый ответ 2 балла.

Задача 2 (20 баллов)

Генератор вырабатывающий мощность 1 кВт через кабельную линию с сопротивлением 10 Ом соединен с электрическим двигателем. Если этот генератор вырабатывает энергию с разностью потенциалов 220 В, то: 1) Каким будет максимальный ток в кабеле? 2) Какую мощность получает электрический двигатель?

Ответ:

Генератор вырабатывает ток $I=P/U=4,55$ А, соответственно по кабельной линии передается ток 4,55 А. Потери мощности в кабельной линии $P_{\text{пот}}=I^2 \cdot R_k=207$ Вт, тогда электрический двигатель потребляет мощность $P_{\text{дв}}=P - P_{\text{по}}=793$ Вт.

Задача 3 (20 баллов)

Два источника тока с ЭДС, равными 6 и 4 В, соединены последовательно. Внутренние сопротивления элементов соответственно 1 и 0,5 Ом. Источники тока подключены к пяти параллельно соединенным электролампам с внутренним сопротивлением по 20 Ом каждая. Сопротивление подводящих проводов 2,5 Ом. Чему равны сила тока в каждой электролампе и КПД батареи элементов?

Ответ:

5 ламп соединены параллельно следовательно их общее сопротивление $R_{\text{л}}=R/5$.
Полное сопротивление схемы $R_{\text{пр}}+r_{\text{вн1}}+r_{\text{вн2}}+R_{\text{л}}$,

Ток текущий в цепи $I=(E_1+E_2)/(R_{\text{пр}}+r_{\text{вн1}}+r_{\text{вн2}}+R_{\text{л}})=1,25$ А

Напряжение на лампах $U_{\text{л}}=I \cdot R_{\text{л}}=5$ В

Ток в лампе $I_{\text{л}}=U_{\text{л}}/R=0,25$ А (10 баллов)

КПД равен отношению полезной мощности выделяемой на лампах к полной мощности цепи (10 баллов)

$\eta=P_{\text{л}}/P=0,5$ или 50%

$P_{\text{л}}=I^2(5R)=6,25$ Вт

$P=I \cdot (E_1+E_2)=12,5$ Вт

Задача 4 (20 баллов)

Каким образом можно преобразовать миллиамперметр показывающий силу тока 0 – 5, мА в вольтметр показывающий напряжение 0–5 В. Внутреннее сопротивление амперметра равно 40 Ом. Найти сопротивление шунтирующего резистора и изобразить схему включения преобразованного миллиамперметра в электрическую цепь.

Ответ:

Для того чтобы преобразовать миллиамперметр в вольтметр, последовательно с ним необходимо включить большое сопротивление.

Мах сила тока 5 мА и напряжение 5 В.

Тогда по закону Ома $U=(R_x+ R_{вн}) \cdot I$, $5 = (R_x+40) \cdot 5 \cdot 10^{-3}$, откуда $R_x=960$ Ом. (10 баллов)

Эквивалентная схема (10 баллов)



Задача 5 (30 баллов)

Для вентиляции помещения могут использоваться нагревательные приборы воздушного отопления – калориферы. Расход наружного воздуха в установке воздушного отопления $V_1=950\text{ м}^3/\text{ч}$, температура $t_1=-10^\circ\text{C}$. Воздух нагревается в калорифере при постоянном давлении до $t_2=20^\circ\text{C}$. Давление воздуха принять 760 мм рт. ст. Массовый расход воздуха $M=0,354\text{ кг/с}$. Теплоемкость воздуха принять $c_p=1040\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$. Процесс нагрева изображен на рис.1. Определить: расход воздуха после нагрева, а также определить тепловую мощность, затраченную на нагрев воздуха.

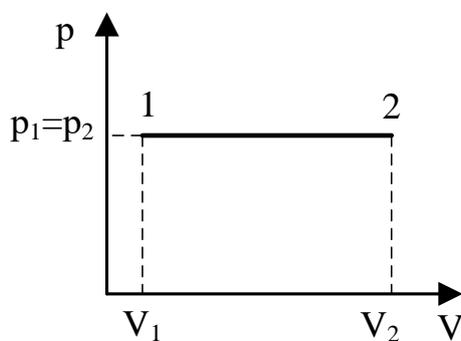


Рис.1. Процесс нагрева в калорифере

Ответ:

1. Состояние идеального газа описывается уравнением Менделеева-Клапейрона: $pV=MRT$, (10 баллов)

запишем это уравнение для двух состояний (1 – до расширения) и (2 – после расширения) и получим:

$$p_1 V_1 = MRT_1, \quad (1)$$

$$p_2 V_2 = MRT_2, \quad (2)$$

поскольку процесс изобарный, то $p_1=p_2=p$, (3),

В система СИ $p=101325\text{Па}$.

2. Рассмотрим соотношение параметров состояния идеального газа в состояниях (1) и (2) с учетом (3) и получим:

$$V_1/V_2=T_1/T_2. (4)$$

Необходимо привести температуры и расходы к системе СИ:

$$T_1=273-10=263\text{К}, T_2=273+20=293\text{К}, V_1=950/3600=0,264\text{м}^3/\text{с}.$$

$$\text{Следовательно, } V_2=V_1 \cdot T_2/T_1=0,264 \cdot 293/263=0,294\text{м}^3/\text{с}.$$

3. Тепловая мощность, затраченная на нагрев воздуха, определится по формуле:

$$Q=A+\Delta U_{1-2}, (5)$$

$$A=p \cdot (V_2-V_1)=101325 \cdot (0,294-0,264)=3040 \text{ Вт}.$$

$$\Delta U_{1-2}=M \cdot c_p \cdot (T_2-T_1)=0,354 \cdot 1040 \cdot (293-263)=11045 \text{ Вт}.$$

$$Q=3040+11045=14085 \text{ Вт}.$$



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Авиационная и ракетно-космическая техника»

7-9 классы

Заключительный этап

2018-2019

Задача 1 (20 баллов)

Определить среднюю скорость движения Земли вокруг Солнца. (Радиус орбиты Земли 150 млн. км.).

Задача 2 (20 баллов)

Комета и космический аппарат (КА) движутся вокруг Солнца по одной и той же траектории. Скорость кометы V_1 , ее масса m_1 ; масса КА – m_2 , его скорость – V_2 ; $V_2 > V_1$. КА догоняет комету, удар не упругий. Определить скорость образовавшейся системы.

Задача 3 (20 баллов)

Газовый баллон КА, заполненный воздухом, нагревается в солнечных лучах до 40К. Определить, во сколько раз увеличилось давление в баллоне. Начальная температура баллона 200К.

Задача 4 (20 баллов)

Определить ускорение свободного падения на поверхности Луны. (Масса Луны $7,33 \cdot 10^{22}$ кг; радиус – $1,74 \cdot 10^6$ м.).

Задача 5 (20 баллов)

Определить, во сколько раз сила притяжения на поверхности Земли больше силы притяжения на Марсе, если радиус Марса составляет 0,53 радиуса Земли, а масса Марса – 0,11 массы Земли.



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Авиационная и ракетно-космическая техника»

10-11 классы

Заключительный этап

2018-2019

Задача 1 (20 баллов)

Принимая, что атмосфера на Луне отсутствует, определите скорость падения ракеты на ее поверхность с высоты $h = 200$ км. Скорость ракеты по отношению к Луне равна нулю.

Задача 2 (20 баллов)

Определить числовое значение первой космической скорости, т.е. горизонтально направленной минимальной скорости, которую надо сообщить телу, чтобы его орбита в поле тяготения Земли стала круговой (т.е., чтобы тело могло превратиться в искусственный спутник Земли).

Задача 3 (20 баллов)

Определите, в какой точке (считая от Земли) на прямой, соединяющей центры Земли и Луны, сила тяготения со стороны Земли уравнивается силой тяготения Луны (точка Лагранжа). Расстояние между центрами Земли и Луны равно R , масса Земли в 81 раз больше массы Луны.

Задача 4 (20 баллов)

Определить минимальную силу тяги двигателей космического аппарата массой 15 тн, стартующего с астероида массой 30 млн. тонн. Для упрощения, считать тела шарообразными. (Астероид имеет радиус 2 км, космический аппарат – радиусом 10 м.)

Задача 5 (20 баллов)

Определите среднюю плотность Земли, если известны: гравитационная постоянная, радиус Земли и ускорение свободного падения.

Некоторые астрономические величины:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \left[\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}} \right]; \quad R_{\text{Луны}} = 1,74 \cdot 10^6 \text{ м}; \quad m_{\text{Луны}} = 7,33 \cdot 10^{22} \text{ кг};$$

$$R_{\text{Земли}} = 6,37 \cdot 10^6 \text{ м}; \quad M_{\text{Земли}} = 3,98 \cdot 10^{24} \text{ кг};$$

Расстояние от центра Земли до центра Луны – $3,84 \cdot 10^8$ м.



Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1 (20 баллов)

Принимая, что атмосфера на Луне отсутствует, определите скорость падения ракеты на ее поверхность с высоты $h = 200$ км. Скорость ракеты по отношению к Луне равна нулю.

Решение:

Так как высота, на которой находится ракета, примерно, в 10 раз меньше радиуса Луны, то можно считать, что ускорение, с которым движется ракета, равно ускорению свободного падения на поверхности Луны. Работа силы тяготения

$$A = G \frac{mM_{\text{Л}}}{r^2} \cdot h$$

будет равна кинетической энергии падающей ракеты на поверхности Луны, т. е.

$$G \frac{mM_{\text{Л}}}{r^2} \cdot h = \frac{m v^2}{2},$$

тогда

$$v = \sqrt{\frac{2GM_{\text{Л}}}{r}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 7,33 \cdot 10^{22}}{(1,74 \cdot 10^6)^2}} = 1,80 \text{ м/с}.$$

Задача 2 (20 баллов)

Определить числовое значение первой космической скорости, т.е. горизонтально направленной минимальной скорости, которую надо сообщить телу, чтобы его орбита в поле тяготения Земли стала круговой (т.е., чтобы тело могло превратиться в искусственный спутник Земли).

Решение:

Для того, чтобы тело стало искусственным спутником Земли, центробежная сила, действующая на тело, должна уравновешиваться силой гравитации, а именно

$$\frac{m v^2}{R} = \frac{G \cdot M_{\text{З}} \cdot m}{R^2}$$

отсюда следует

$$v = \sqrt{G \frac{M_{\text{З}}}{R}} = \sqrt{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{5,98 \cdot 10^{24}}{6,37 \cdot 10^6}} = 7,9 \cdot 10^3 \text{ м/с}.$$

Задача 3 (20 баллов)

Определите, в какой точке (считая от Земли) на прямой, соединяющей центры Земли и Луны, сила тяготения со стороны Земли уравнивается силой тяготения Луны (точка Лагранжа). Расстояние между центрами Земли и Луны равно R , масса Земли в 81 раз больше массы Луны.

Решение:

Считаем, что между Луной и Землей находится тело массой m , тогда

$$G \frac{m M_3}{x^2} = G \frac{m \cdot M_л}{(R-x)^2}$$

или

$$\frac{1}{x^2} = \frac{1}{81 (R-x)^2}$$
$$81(R-x)^2 = x^2$$

Извлекаем квадратный корень из обеих частей уравнения

$$9(R-x) = x$$

или

$$x = \frac{9}{10} R = 3,5 \cdot 10^8 \text{ м.}$$

Задача 4 (20 баллов)

Определить минимальную силу тяги двигателей космического аппарата массой 15 тн, стартующего с астероида массой 30 млн. тонн. Для упрощения, считать тела шарообразными (Астероид имеет радиус 2 км, космический аппарат – радиусом 10 м.)

Решение:

Применяем закон Всемирного тяготения. Сила взаимодействия тел:

$$F = G \frac{M \cdot m}{(R+r)^2}$$
$$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{30 \cdot 15 \cdot 10^{12}}{2010^2} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ н.}$$

Задача 5 (20 баллов)

Определите среднюю плотность Земли, если известны: гравитационная постоянная, радиус Земли и ускорение свободного падения.

Некоторые астрономические величины:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \left[\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}} \right]; \quad R_{\text{Луны}} = 1,74 \cdot 10^6 \text{ м}; \quad m_{\text{Луны}} = 7,33 \cdot 10^{22} \text{ кг};$$

$$R_{\text{Земли}} = 6,37 \cdot 10^6 \text{ м}; \quad M_{\text{Земли}} = 3,98 \cdot 10^{24} \text{ кг};$$

Расстояние от центра Земли до центра Луны – $3,84 \cdot 10^8 \text{ м.}$

Решение:

Для тела массой m выполняется

$$m \cdot g = G \frac{m M}{R^2}$$

$M = \rho \cdot V$, где ρ – плотность Земли,

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

тогда

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{g \cdot R^2}{G} \cdot \frac{3}{4\pi R^3}$$

или

$$\rho = \frac{3g}{4\pi GR} = \frac{3 \cdot 9,8}{4 \cdot 3,14 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6,37 \cdot 10^6} = 5,51 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3.$$



Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1 (20 баллов)

Определить среднюю скорость движения Земли вокруг Солнца. (Радиус орбиты Земли 150 млн. км.).

Решение:

$$v_{cp} = \frac{S}{t}; \quad S = 2\pi R; \quad t - \text{период обращения Земли вокруг Солнца.}$$

$$t = 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ сек.}$$

$$v_{cp} = \frac{6,28 \cdot 150 \cdot 10^6}{365 \cdot 24 \cdot 3600} = 30 \text{ м/с .}$$

Задача 2 (20 баллов)

Комета и космический аппарат (КА) движутся вокруг Солнца по одной и той же траектории. Скорость кометы V_1 , ее масса m_1 ; масса КА – m_2 , его скорость – V_2 ; $V_2 > V_1$. КА догоняет комету, удар не упругий. Определить скорость образовавшейся системы.

Решение:

$m_1 v_1$ – импульс кометы; $m_2 v_2$ – импульс КА;

$(m_1 + m_2) v$ – импульс образовавшейся системы.

Скорость системы

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v ,$$
$$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{(m_1 + m_2)}$$

Задача 3 (20 баллов)

Газовый баллон КА, заполненный воздухом, нагревается в солнечных лучах до 40К. Определить, во сколько раз увеличилось давление в баллоне. Начальная температура баллона 200К.

Решение:

Для решения задачи применим закон Менделеева - Клапейрона.

$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$

Первое состояние газа

$$P_1 V = \frac{m}{\mu} RT_1 \quad (1)$$

Второе состояние газа

$$P_2 V = \frac{m}{\mu} RT_2 \quad (2)$$

Разделим уравнение (2) на уравнение (1)

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}, \text{ т.к. } T_1 = 200\text{К}, T_2 = 200\text{К} + 40\text{К}, \text{ то}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{240}{200} = 1,2$$

Задача 4 (20 баллов)

Определить ускорение свободного падения на поверхности Луны. (Масса Луны $7,33 \cdot 10^{22}$ кг; радиус – $1,74 \cdot 10^6$ м.).

Решение:

Сила тяжести тела массой m на Луне

$$F = G \frac{m M_{\text{л}}}{r^2} \quad (1)$$

$$F = mg \quad (2)$$

$$(1) = (2)$$

$$G \frac{m M_{\text{л}}}{r^2} = mg \text{ или}$$

$$g = \frac{G M_{\text{л}}}{r^2}$$

$$g = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 7,33 \cdot 10^{22}}{(1,74 \cdot 10^6)^2} = 1,62 \text{ м/с}^2$$

Задача 5 (20 баллов)

Определить, во сколько раз сила притяжения на поверхности Земли больше силы притяжения на Марсе, если радиус Марса составляет 0,53 радиуса Земли, а масса Марса – 0,11 массы Земли.

Решение:

Сила притяжения тела массой m на Земле

$$F_3 = G \frac{m M_3}{r_3^2}$$

Сила притяжения этого же тела на Марсе

$$F_{\text{М}} = G \frac{m \cdot 0,11 M_3}{(0,53 r_3)^2}$$

$$\frac{F_3}{F_{\text{М}}} = \frac{0,53^2}{0,11} = 2,55 .$$

Критерии оценивания

Номер критерия (жюри указывает рядом с оценкой)	Проценты (коэффициент) на максимальные баллы по задачам	Краткое формулирование правильности или ошибочности решений	Подробное пояснение критериев (комментарии, объяснения)
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 удовлетворяют критерию 1, но 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 удовлетворяют критерию 1, но в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.
	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. 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. в) В решении отсутствует необходимая со всеми необходимыми обозначениями расчетная схема и пояснения к ней, без которой решение принципиально невозможно. 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.
	10-20% (0.1...0.2)	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи, при отсутствии решения (или при ошибочном решении)	Доказаны вспомогательные утверждения. Сделана необходимая расчетная схема. Приведен правильный ответ без описания, как он получен.
	0 (0)	Решение неверное и отсутствуют какие-либо относящиеся к решению 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 – 20 баллов (всего пять задач).

2. Нужно умножить на коэффициент второй колонки.



**Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда»
«Техника и технологии кораблестроение и водного транспорта»**

7-8 классы

Заключительный этап

2018-2019

Задача 1 (20 баллов).

Корабль должен встать на якорь на глубине 70 метров. Какая длина якорной цепи для этого потребуется? При решении задачи учитывать, что держащая сила у якоря максимальна при угле 30 градусов к горизонту. Высотой якорного клюза над поверхностью воды пренебречь. Провис цепи увеличивает длину на 20 %.

Задача 2 (20 баллов).

На парусных судах для движения использовали силу ветра. Общая площадь парусов корабля составляет 732 м². Зная величину удельного давления ветра 1,53 кг/м² определите силу, с которой ветер толкает судно вперед? Ускорение свободного падения равно 9,8 Н/кг.

Задача 3 (20 баллов).

ОК-650 — серия водо-водяных ядерных реакторов на тепловых нейтронах, размещаемых на подводных лодках. В качестве ядерного топлива используется высокообогащённая по 235-у изотопу двуокись урана. Тепловая мощность — до 190 МВт. Оцените, сколько дизельного топлива нужно использовать за час, чтобы выработать то же самое количество тепла? Удельная теплота сгорания дизельного топлива 43 МДж/кг. Потерями тепла пренебречь.

Задача 4 (20 баллов).

До XVII века кораблестроение, как наука о мореходных качествах судов еще не существовала. Боевые корабли тех времен имели на борту расположенные в несколько рядов окна для пушек. Однако самый нижний ряд окон прорубали только после спуска корабля на воду. Потому что строители заранее не знали... Чего же не знали строители?

Задача 5 (20 баллов).

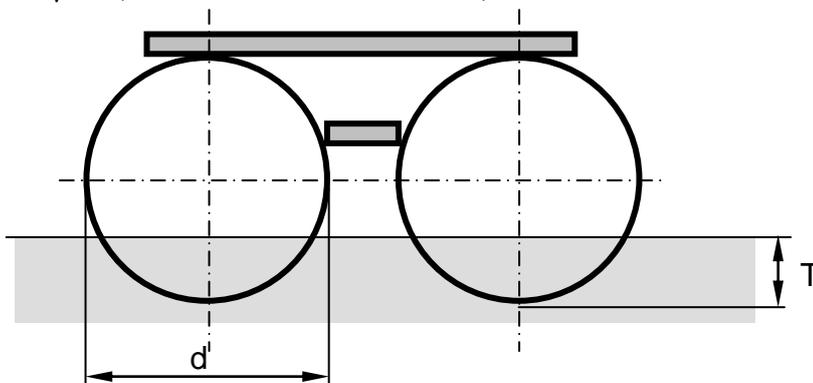
В XIX веке из Нового Света в Индию и другие теплые страны активно возили некий груз. При погрузке его было 150 тонн, а при выгрузке — 50. Что это за груз?



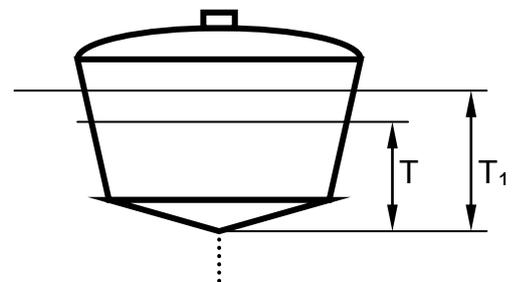
Задача 1 (20 баллов). На судно принято 10 контейнеров, при этом он не получил ни крена, ни дифферента. Вес одного контейнера 15 т. Осадка судна до приема груза составляла $T = 4,5$ м, а площадь ватерлинии $S = 1470$ м². Какова новая осадка судна? При решении задачи судно в пределах изменения осадки считать прямостенным. Удельный вес воды $\gamma = 1,025$ т/м³.

Задача 2 (20 баллов). Подводная лодка, представляющая собой цилиндр диаметром $d = 10$ м, длиной $L = 60$ м, идет в подводном положении в воде с удельным весом $\gamma = 1,025$ т/м³. Определить, всплывет или погрузится лодка при расходовании 118 т запасов и переходе в пресную воду.

Задача 3 (20 баллов). Понтон состоит из двух цилиндрических поплавков, диаметром $d = 1,0$ м, жестко соединенных между собой (масса рамы в задаче не учитывается). Длина каждого понтона $L = 6,0$ м. Найти вес понтона, если его средняя осадка порожнем в воде с удельным весом $\gamma = 1,01$ т/м³ составляет $T = 0,25$ м.



Задача 4 (20 баллов). С затонувшего корабля выпущен сигнальный буй, плавающий с осадкой T_1 . Если бы буй плавал без соединительного троса, то его осадка T была бы на 10 см меньше. Определить, на какой глубине затонул корабль, если средний диаметр буя в пределах осадок T и T_1 равен $d = 1,0$ м, удельный вес воды $\gamma = 1,02$ т/м³, а вес одного погонного метра соединительного троса составляет 0,8 кг.



Задача 5 (20 баллов). На корабль, площадь ватерлинии которого $S = 1\,700$ м² устанавливают скуловые кили общим весом $P = 40$ т. Как изменится осадка корабля в воде с удельным весом $\gamma = 1,016$ т/м³ после установки килей, если они вытесняют объем воды $v = 25$ м³? При решении задачи судно в пределах изменения осадки считать прямостенным.



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда»
«Техника и технологии кораблестроение и водного транспорта»

7-8 классы

Заключительный этап

2018-2019

Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1. Корабль должен встать на якорь на глубине 70 метров. Какая длина якорной цепи для этого потребуется? При решении задачи учитывать, что держащая сила у якоря максимальна при угле 30 градусов к горизонту. Высотой якорного клюза над поверхностью воды пренебречь. Провис цепи увеличивает длину на 20%.

Решение. Надо нарисовать прямоугольный треугольник с углом к горизонту в 30° . Противолежащий вертикальный катет к углу длиной 70м. Нам нужна гипотенуза этого треугольника, которая равна $70/\sin(30^{\circ}) = 70/0,5 = 140$ метров, далее учитываем провис цепи $140\text{м} * 120\% = 168\text{м}$, что является длиной якорной цепи.

Задача 2. На парусных судах для движения использовали силу ветра. Общая площадь парусов корабля составляет 732 м^2 . Зная величину удельного давления ветра $1,53 \text{ кг/м}^2$ определите силу, с которой ветер толкает судно вперед? Ускорение свободного падения равно $9,8 \text{ Н/кг}$.

Решение. Переводим силу давления в Ньютоны: $1,53 \text{ кг/м}^2 * 9,8 = 15 \text{ Н/м}^2$. Умножаем площадь на удельное давление: $732 \text{ м}^2 * 15 \text{ Н/м}^2 = 10980 \text{ Н}$.

Задача 3. ОК-650 — серия водо-водяных ядерных реакторов на тепловых нейтронах, размещаемых на подводных лодках. В качестве ядерного топлива используется высокообогащённая по 235-у изотопу двуокись урана. Тепловая мощность — до 190 МВт. Оцените, сколько дизельного топлива нужно использовать за час, чтобы выработать то же самое количество тепла? Удельная теплота сгорания дизельного топлива 43 МДж/кг . Потерями тепла пренебречь.

Решение. Количество тепла, выделяемое реактором за час $Q = P * t$. Количество теплоты, выделяемое при сгорании дизельного топлива $Q = q * m$. Приравняв обе части, получим

$$P * t$$

$$m = \frac{P * t}{q}$$

$$q$$

Получаем приблизительно **16 000 кг**.

При решении задачи необходимо учитывать перевод единицы энергии из ватт-час в джоули – $1 \text{ Вт/ч} = 3600 \text{ Дж}$.

Задача 4. До XVII века кораблестроение, как наука о мореходных качествах судов еще не существовала. Боевые корабли тех времен имели на борту расположенные в несколько рядов окна для пушек. Однако самый нижний ряд окон прорубали только после спуска корабля на воду. Потому что строители заранее не знали... Чего же не знали строители?

Решение. Строители не знали, какая будет **осадка**, и чтобы, корабль не затонул, нижний ряд прорезали уже на плаву.

Задача 5. В XIX веке из Нового Света в Индию и другие теплые страны активно возили некий груз. При погрузке его было 150 тонн, а при выгрузке – 50. Что это за груз?

Решение. В XIX веке из Нового Света в Индию активно возили **лед**.

Критерии решения задач 4-5

Номер критерия (жюри указывает рядом с оценкой)	Проценты (коэффиц) на максимальные баллы по задачам	Краткое формулирование правильности или ошибочности решений	Подробное пояснение критериев (комментарии, объяснения)
1	100% (1.0)	Полное верное решение	Приведено полное решение задачи, включающее следующие элементы: а) представлен правильный ответ в общем виде
2	60... 80% (0.6...0.8)	Решение в целом верное, однако содержит существенные ошибки	Все решение удовлетворяет критерию 1 по смыслу, но в формулировка не соответствует ответу.
3	0 (0)	Решение неверное и отсутствуют какие-либо относящиеся к решению 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.



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда»
«Техника и технологии кораблестроение и водного транспорта»

9-11 классы

Заключительный этап

2018-2019

Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1. 1. На судно принято 10 контейнеров, при этом он не получил ни крена, ни дифферента. Вес одного контейнера 15 т. Осадка судна до приема груза составляла $T = 4,5$ м, а площадь ватерлинии $S = 1470$ м². Какова новая осадка судна? При решении задачи судно в пределах изменения осадки считать прямостенным. Удельный вес воды $\gamma = 1,025$ т/м³.

Дано:

$$n = 10,$$

$$p = 15 \text{ т},$$

$$T_0 = 4,5 \text{ м},$$

$$S = 1470 \text{ м},$$

$$\gamma = 1,025 \text{ т/м}^3.$$

Решение:

$$T_1 = T_0 + \Delta T,$$

Найти:

$$\Delta T = \frac{P}{\gamma S},$$

T_1 ;

$$P = np = 10 \cdot 15,0 = 150 \text{ т},$$

$$\Delta T = \frac{150}{1,025 \cdot 1470} = 0,10 \text{ м},$$

$$T_1 = 4,5 + 0,10 = 4,6 \text{ м}.$$

Задача 2. Подводная лодка, представляющая собой цилиндр диаметром $d = 10$ м, длиной $L = 60$ м, идет в подводном положении в воде с удельным весом $\gamma = 1,025$ т/м³. Определить, всплывет или погрузится лодка при расходовании 118 т запасов и переходе в пресную воду.

Дано:

$$d = 10 \text{ м},$$

$$L = 60 \text{ м},$$

$$\gamma_1 = 1,025 \text{ т/м}^3,$$

$$\gamma_2 = 1,00 \text{ т/м}^3,$$

$$P = -118 \text{ т}.$$

Найти:

Решение:

$$\pm \Delta T;$$

В начальный момент времени силы тяжести уравновешиваются силами поддержания.

$$D_1 = \gamma_1 V.$$

$$V = \omega L = \pi d^2 L / 4 = 3,14 * 10^2 * 60 / 4 = 4710 \text{ м}^3,$$

$$D_1 = 1,025 * 4710 = 4828 \text{ т.}$$

После расходования 118 т масса лодки изменится...

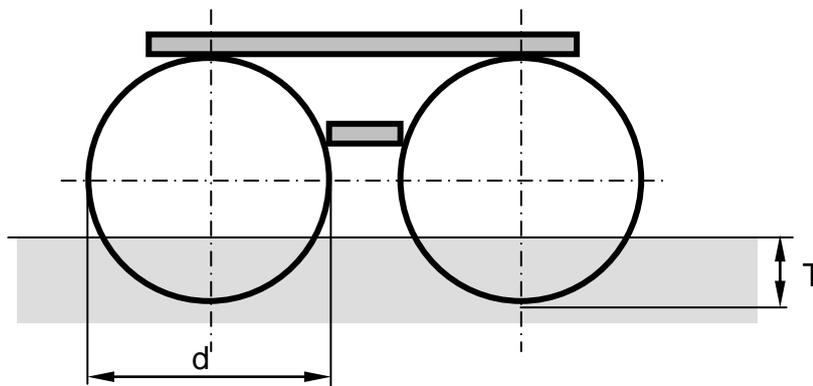
$$D_2^* = D_1 + P = 4828 - 118 = 4710 \text{ т.}$$

После перехода в пресную воду силы поддержания изменятся...

$$D_2^{**} = \gamma_2 V = 1,00 * 4710 = 4710 \text{ т.}$$

Так как $D_2^* = D_2^{**}$, то силы тяжести и поддержания вновь будут уравновешены, и следовательно **ни погружаться, ни всплывать лодка не будет.**

Задача 3. Понтон состоит из двух цилиндрических поплавков, диаметром $d = 1,0$ м, жестко соединенных между собою (масса рамы в задаче не учитывается). Длина каждого понтона $L = 6,0$ м. Найти вес понтона, если его средняя осадка порожнем в воде с удельным весом $\gamma = 1,01 \text{ т/м}^3$ составляет $T = 0,25$ м.



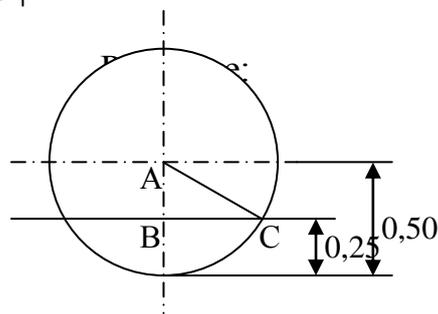
Дано:

$$d = 1,0 \text{ м,}$$

$$L = 6,0 \text{ м,}$$

$$\gamma = 1,01 \text{ т/м}^3,$$

$$T = 0,25 \text{ м,}$$



Найти:

$$D_{\text{понт}}$$

$$D_{\text{понт}} = \gamma V_{\text{понт}},$$

$$V_{\text{понт}} = 2\varphi L\omega,$$

Так как поплавки – цилиндры, то $\varphi = 1$.

Форма мидель шпангоута – сегмент. Площадь сегмента:

$$\omega = r^2 \left(\alpha - \frac{\sin 2\alpha}{2} \right)$$

где α – центральный угол, выраженный в радианах.

По теореме: длина катета в прямоугольном треугольнике, лежащего напротив угла в 30° равна половине гипотенузы. В треугольнике ABC : $AC = d/2$, $AB = d/4 = AC/2$. Следовательно, угол $ACB = 30^\circ$. Угол $\alpha = CAB = 60^\circ = 1,047$ радиан.

$$\omega = 0,5^2 \left(1,047 - \frac{\sin(2 \cdot 1,047)}{2} \right) = 0,15 \text{ м}^2.$$

$$V_{\text{понт}} = 2 \cdot 1 \cdot 0,15 \cdot 6,0 = 1,80 \text{ м}^3.$$

$$D_{\text{понт}} = 1,01 \cdot 1,80 = \mathbf{1,82 \text{ т.}}$$

Задача 4. С затонувшего корабля выпущен сигнальный буй, плавающий с осадкой T_1 . Если бы буй плавал без соединительного троса, то его осадка T была бы на 10 см меньше. Определить, на какой глубине затонул корабль, если средний диаметр, буй в пределах осадок T и T_1 равен $d = 1,0$ м, удельный вес воды $\gamma = 1,02 \text{ т/м}^3$, а вес одного погонного метра соединительного троса составляет 0,8 кг.

Дано:

$$\Delta T = 0,1 \text{ м,}$$

$$d = 1,0 \text{ м,}$$

$$\gamma = 1,02 \text{ т/м}^3,$$

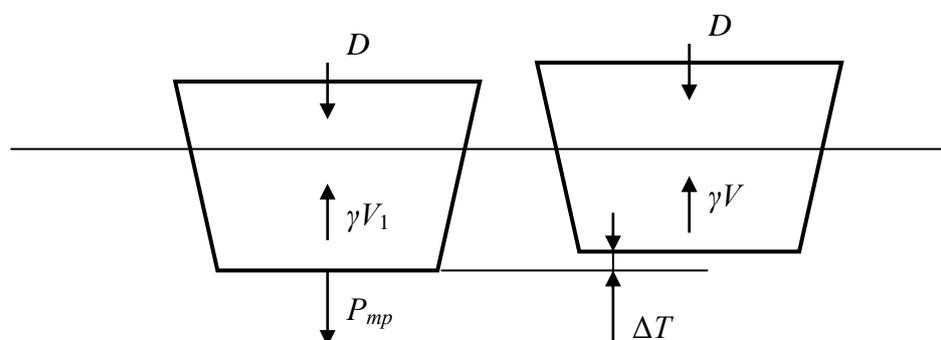
$$p = 0,8 \text{ кг/м,}$$

$$\gamma_B = 1,05 \text{ т/м}^3,$$

Найти:

h ;

Решение:



Из первого рисунка видно, что $D + P_{mp} = \gamma V_1$.

Из второго рисунка $D = \gamma V$.

Тогда: $\gamma V + P_{mp} = \gamma V_1$,

$$P_{mp} = \gamma V_1 - \gamma V = \gamma(V_1 - V) = \gamma \Delta V = \gamma \Delta T S = \gamma \Delta T \pi d^2 / 4 = 1,02 \cdot 0,1 \cdot 3,14 \cdot 1,0^2 / 4 = 0,08 \text{ т} = 80 \text{ кг.}$$

$$P_{mp} = ph, \quad h = P_{mp} / ph = 80 / 0,8 = \mathbf{100 \text{ м.}}$$

Задача 5. На корабль, площадь ватерлинии которого $S = 1\,700\text{ м}^2$ устанавливают скуловые кили общим весом $P = 40\text{ т}$. Как изменится осадка корабля в воде с удельным весом $\gamma = 1,016\text{ т/м}^3$ после установки килей, если они вытесняют объем воды $v = 25\text{ м}^3$? При решении задачи судно в пределах изменения осадки считать прямостенным.

Дано:

$$S = 170\text{ м}^2,$$

$$P_{\text{ск}} = 40\text{ т},$$

$$\gamma = 1,016\text{ т/м}^3,$$

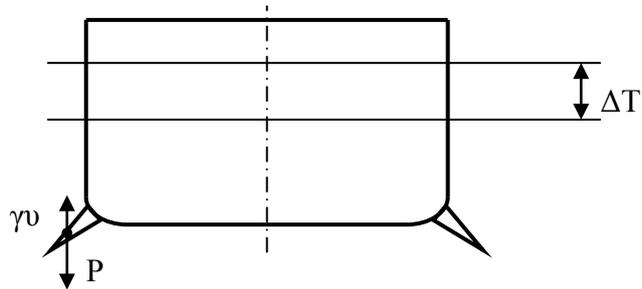
$$v = 25\text{ м}^3.$$

Найти:

ΔT :

$$\Delta T = \frac{P}{\gamma S},$$

Решение:



Из рисунка видно, что изменение нагрузки судна будет вызвано собственно массой килей ($P_{\text{ск}} = 40\text{ т}$) и силой плавучести, возникающей вследствие вытеснения воды килями ($v = 25\text{ м}^3$).

$$P = P_{\text{ск}} - \gamma v = 40 - 1,016 \cdot 25 = 14,6\text{ т},$$

$$\Delta T = \frac{14,6}{1,016 \cdot 170}, = \mathbf{0,08\text{ м}}.$$



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Машиностроение»

7-9 классы

Заключительный этап

2018-2019

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.

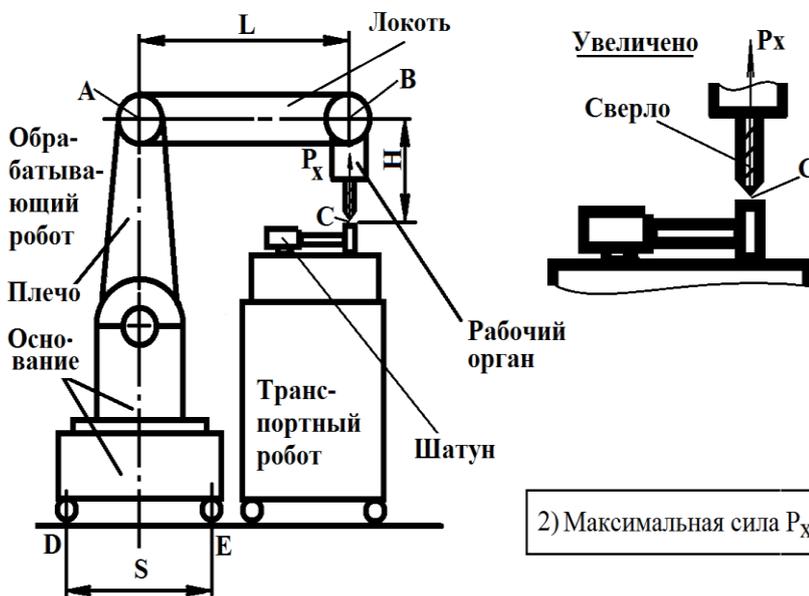


	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
Решение учащегося		
1) Скорость выдавливания нити через сопло, м/с	10	

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 $M_0=50$ 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.

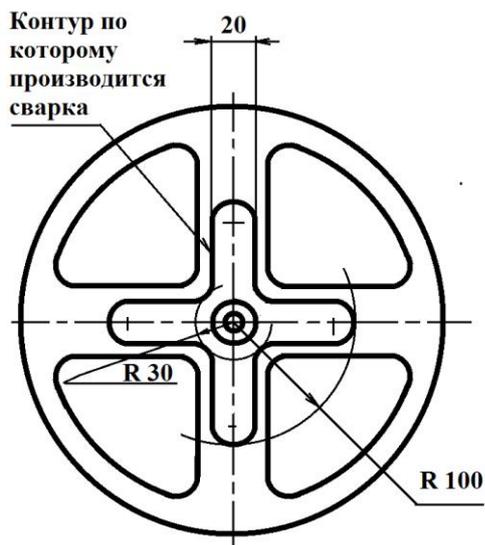


	Решение учащегося	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
2) Максимальная сила P_x , Н:		20	

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

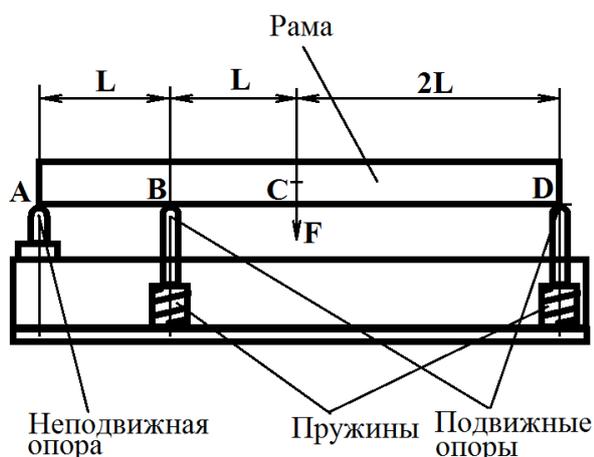


Решение учащегося	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
3) Время сварки, сек:	20	

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 $M=20\text{ кг}$. Расстояния: $(AB)=L$; $(BC)=L$; $(CD)=2L$. Раму считать абсолютно жесткой. Коэффициенты жесткости пружин одинаковы $k=100\text{ Н/мм}$.

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

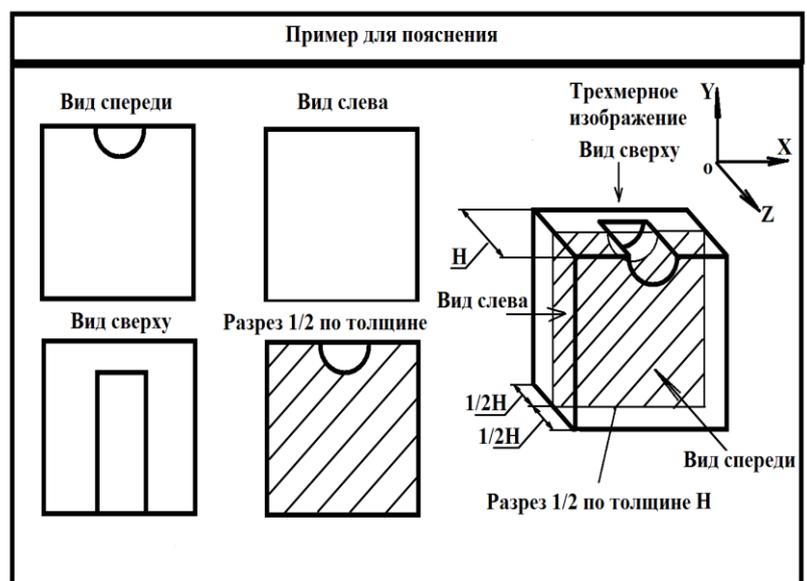
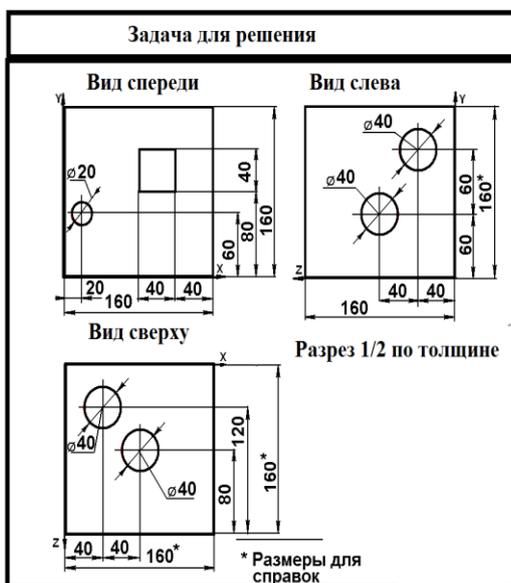


Решение учащегося	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
4) Перемещение в т. D, мм:	40	

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 XоY) 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.





Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Машиностроение»

10-11 классы

Заключительный этап

2018-2019

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.

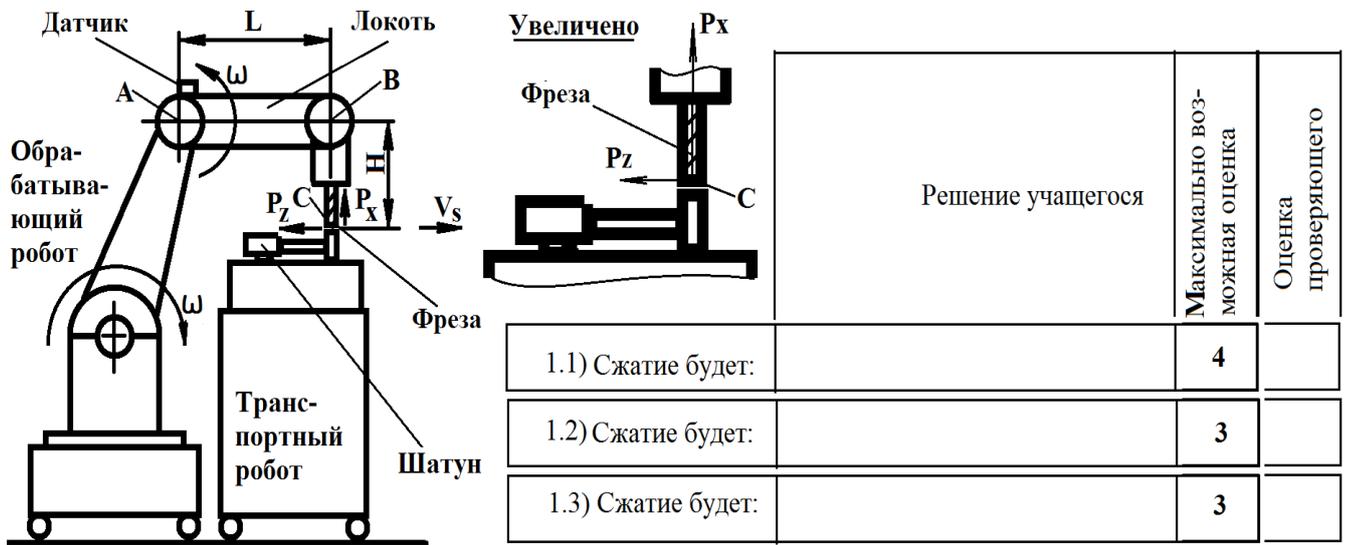


Рисунок 1 – Обрабатывающий робот

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 $M_p=10$ 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.

	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
Решение учащегося		
2) Итоговая температура, градусов:	20	

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 $F=10$ Н. Диаметр заднего колеса $D=600$ мм. Коэффициент полезного действия привода велосипеда $\eta_v=90\%$. Коэффициент полезного действия приводов робота $\eta_p=80\%$. Отношение диаметра звездочки шатуна (педали) к диаметру звездочки колеса 2:1. Силами трения между колесом и барабаном, тепловыми потерями и сопротивлением воздуха пренебречь.

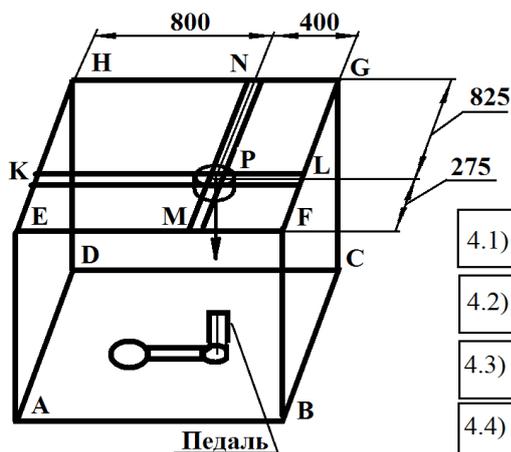
Участнику на листе с ответами нужно нарисовать таблицу, приведенную ниже, и во вторую колонку вписать итоговый ответ. Решение дать ниже таблицы.

	Решение учащегося	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
3) Расход электроэнергии кВт*час		20	

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.

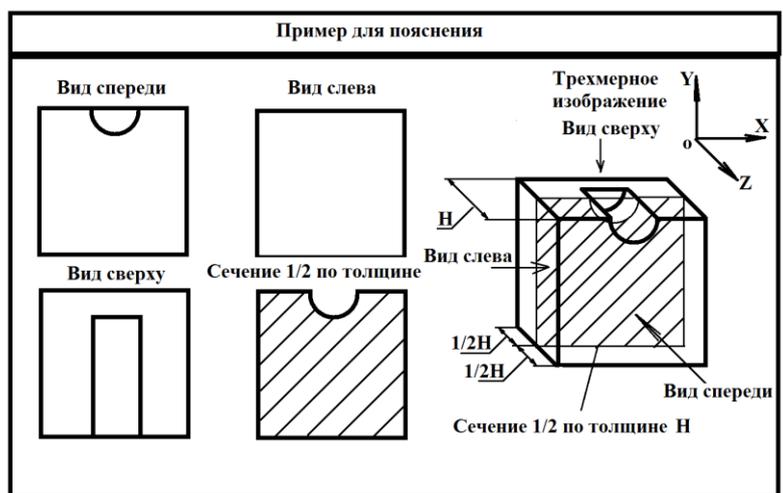
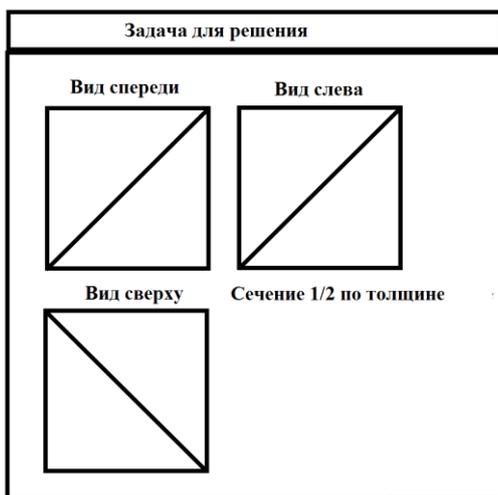


Решение учащегося		Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
4.1) Сила в точке E, H:			
4.2) Сила в точке F, H:		10	
4.3) Сила в точке G, H:		10	
4.4) Сила в точке H, H:		10	

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 XоY) 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.





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	

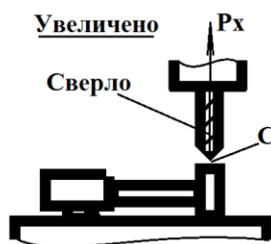
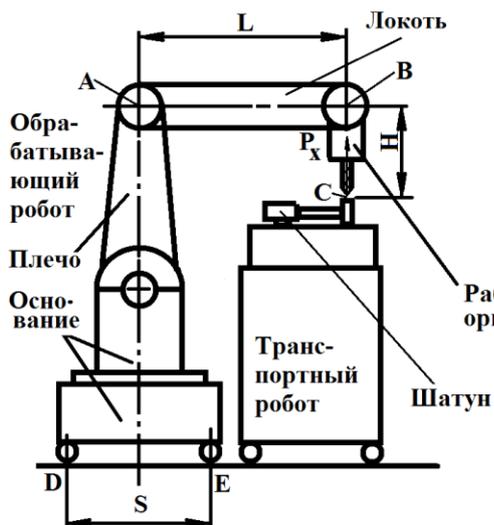
Решение. В основе решения закон сохранения материи, в данном случае, объема. Определим объем расхода нити за 1 сек. $V(1) = S \cdot L / t = (\pi \cdot D \cdot D / 4) \cdot L / t$. Определим объем расплавленной нити, выходящей за 1 сек. $v(1) = s \cdot C = (\pi \cdot d \cdot d / 4) \cdot C$, где s – площадь выходящей нити и C – скорость выдавливания через сопло. По условию про испарение ничего не сказано (камера нагрева замкнута), значит, объемы равны. $(\pi \cdot D \cdot D / 4) \cdot L / t = (\pi \cdot d \cdot d / 4) \cdot C$, откуда $C = ((L/t) \cdot (D \cdot D)) / (d \cdot d) = 0.001 \cdot 2 \cdot 2 / (0.2 \cdot 0.2) = 0.1 \text{ м/с}$.

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:

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

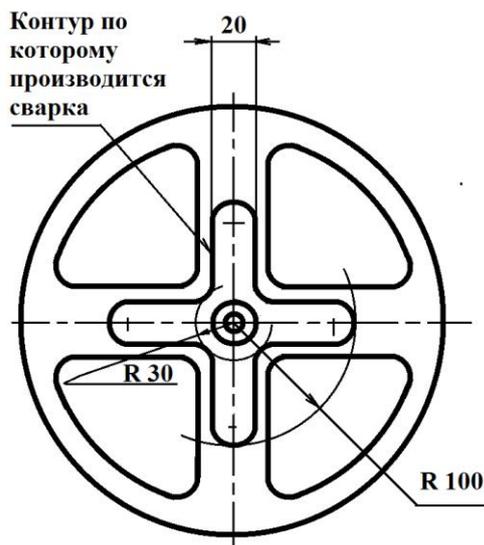
$=10((2)*50 + (2+2)*10 + (2+4)*2)/(2+4)= 10(100 + 40 + 12)/6=10*152/6=253.33$

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



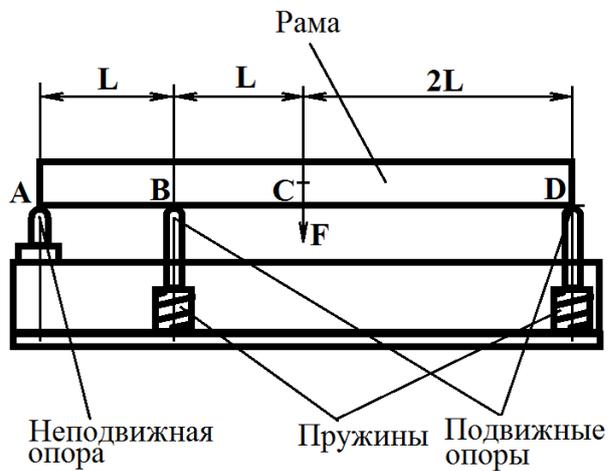
	Решение учащегося	Максимально возможная оценка	Оценка проверяющего
3) Время сварки, сек:	74.85	20	

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:	0.5	40	

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

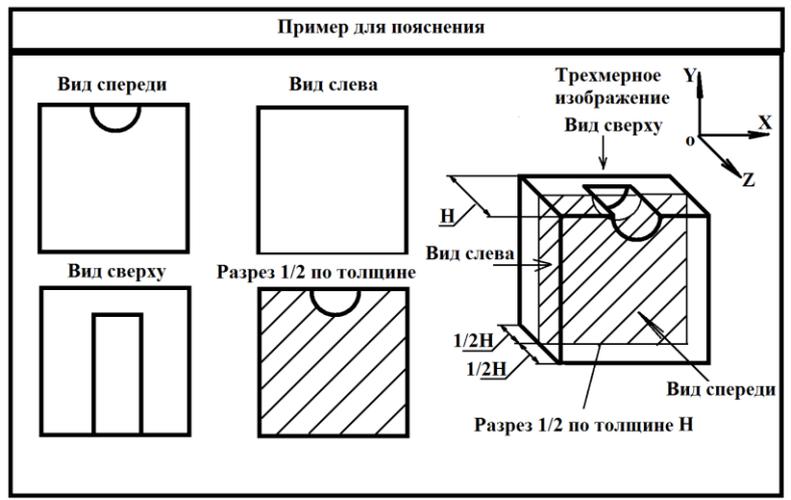
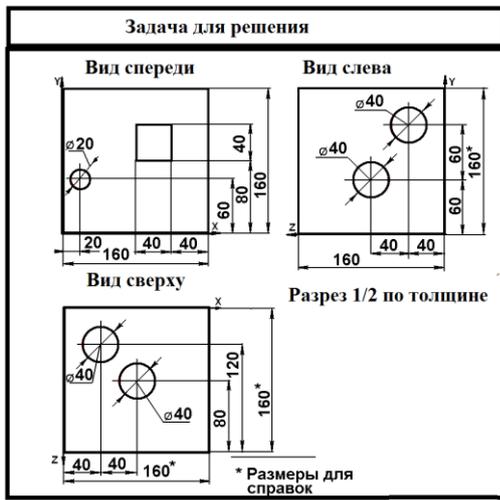
Ответ: $X_2 = 20 \cdot 10 / (100 \cdot 4) = 0.5$ мм.

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.

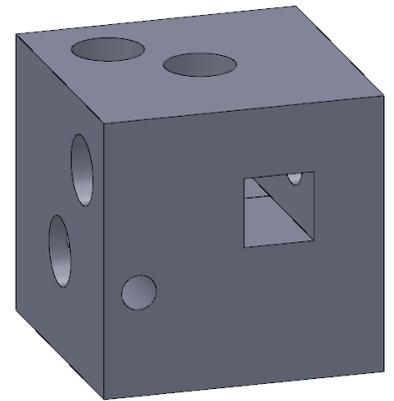
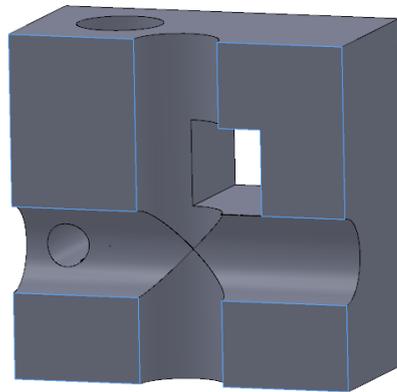
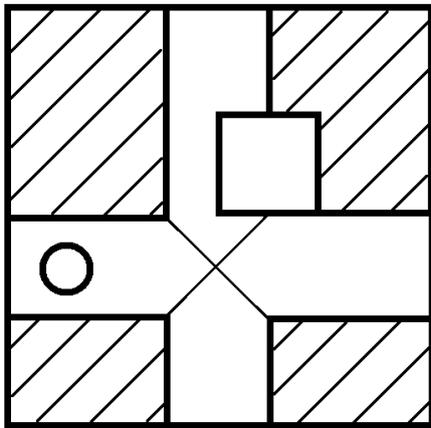
Задача №5.

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 XоY) 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)





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.

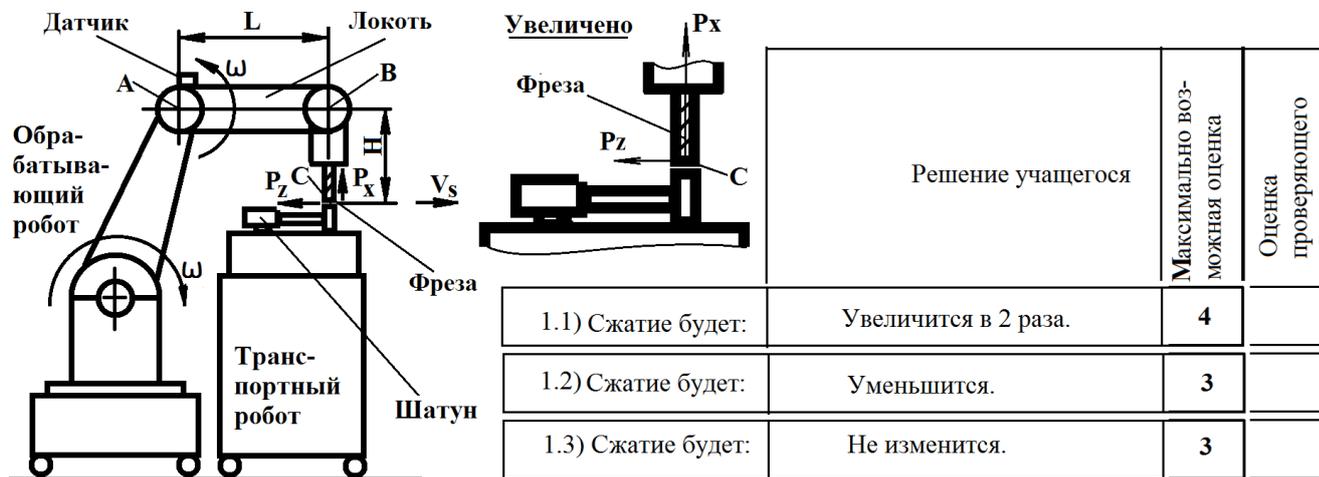


Рисунок 1 – Обрабатывающий робот

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.

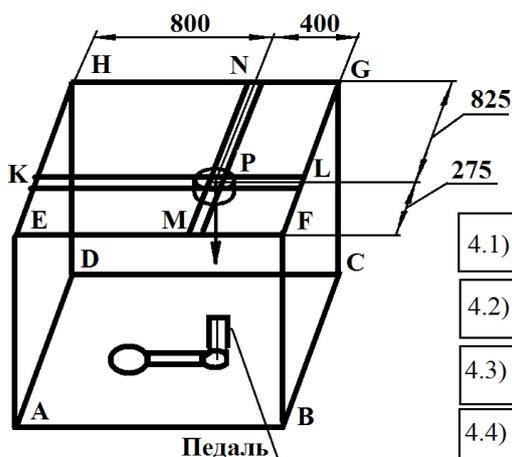
3) Согласно закону сохранения энергии электроэнергия, подведенная к роботу для требуемого вращения педали, должна быть равна работе, совершаемой силой сопротивления на колесе велосипеда, при этом необходимо учесть потери в велосипеде от педали к колесу и потери в самом роботе. Сила на шине колеса совершает 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 $1 + 1/3 + 1/2 + 1/6 = 1 + 2/6 + 3/6 + 1/6 = 2 \text{ Н}$.

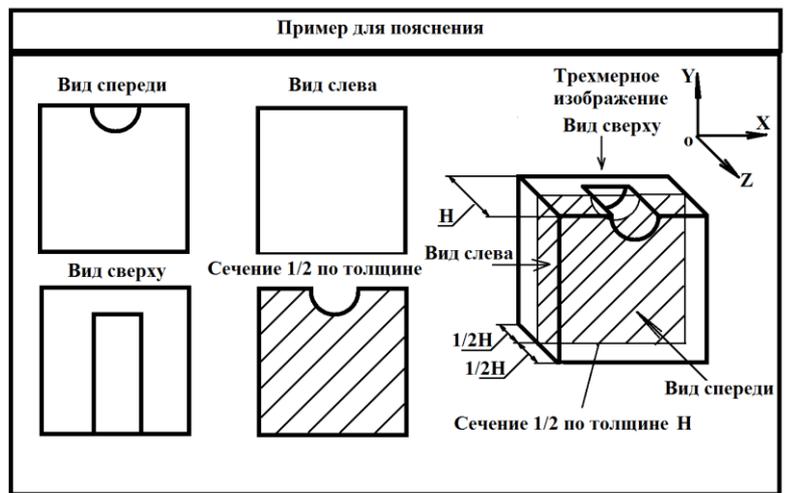
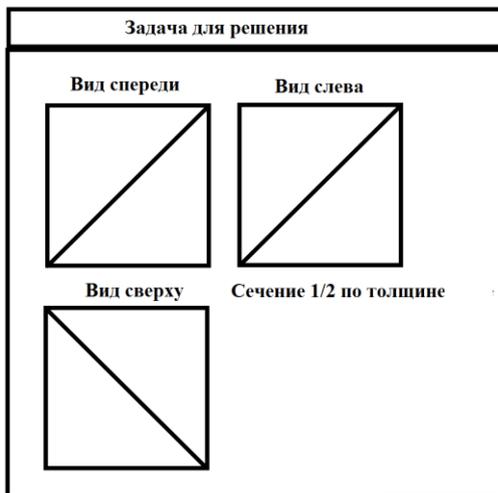
Ответы: E: $1/2 H$, F: $1 H$, G: $1/3 H$, H: $1/6 H$.

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.

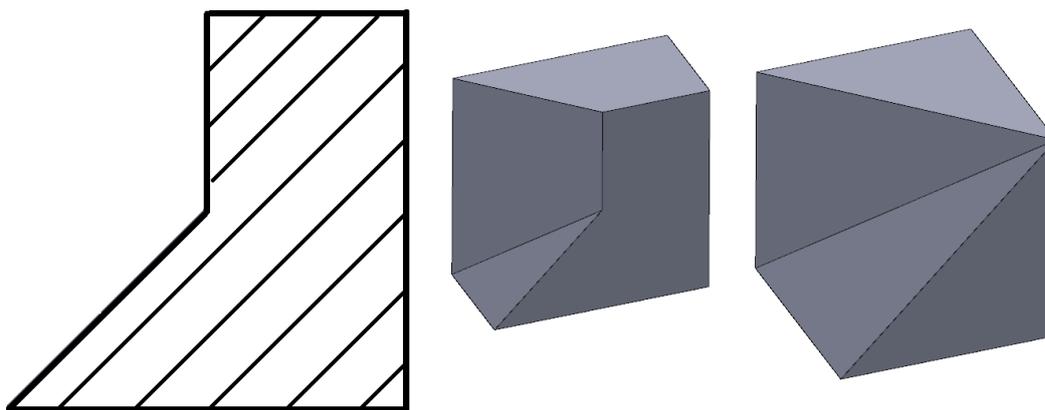
Задача №5.

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 XоY) 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.



**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.



Задача 1

Представьте, что Вы эксперт конструкторского бюро крупной автомобильной компании. Вам стало известно, что ваш конкурент разрабатывает перспективный легковой автомобиль. Из статей в специализированных автомобильных журналах Вам удастся узнать, что этот автомобиль предполагается оснастить двигателем внутреннего сгорания, цилиндры которого имеют диаметр 80 мм, высота шатунной шейки коленчатого вала (параметр R на рисунке) составляет 25 мм, а степень сжатия 12.

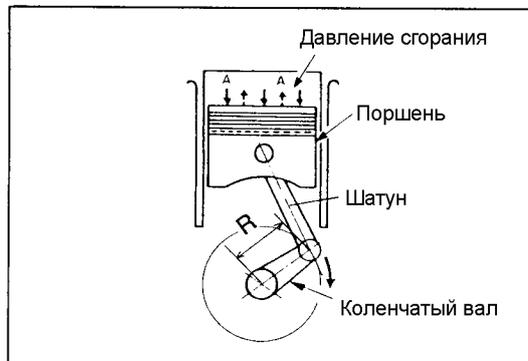
Используя эти отрывочные данные, определите:

1. объем камеры сгорания (**30 баллов**).
2. сделайте заключение о возможных характеристиках данного двигателя (**20 баллов**).

Пояснения

Во время работы двигателя внутреннего сгорания (см. рисунок) его поршень перемещается от самого нижнего положения, называемого «нижней мертвой точкой» (НМТ) до самого верхнего – «верхняя мертвая точка» (ВМТ). Перемещение поршня от НМТ к ВМТ называется рабочим ходом поршня (S р.х.). Когда поршень находится в НМТ его поверхностью, называемой «днищем поршня» находится полный объем цилиндра ($V_{п}$), включающий рабочий объем ($V_{р}$) и объем камеры сгорания ($V_{кс}$). Объем цилиндра двигателя, нижней поверхностью которого является днище поршня в НМТ, а верхней – днище поршня в ВМТ называется «рабочим объемом цилиндра» ($V_{р}$). Отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания – это степень сжатия двигателя (E).

Двигатели, в которых диаметр цилиндра больше рабочего хода поршня, называют короткоходовыми.



Такие двигатели развивают большие обороты коленчатого вала, что дает возможность получения высокой мощности.

Двигатели, в которых рабочий ход поршня превышает диаметр цилиндра, называют длинноходовыми. Такие двигатели, как правило, отличаются экономичностью и характеризуются большими значениями крутящего момента.

Задача 2

Двигатель автомобиля развивает мощность 100 кВт. Величина КПД трансмиссии составляет 0,82. Определите мощность, передаваемую на ведущие колеса автомобиля. (**20 баллов**)

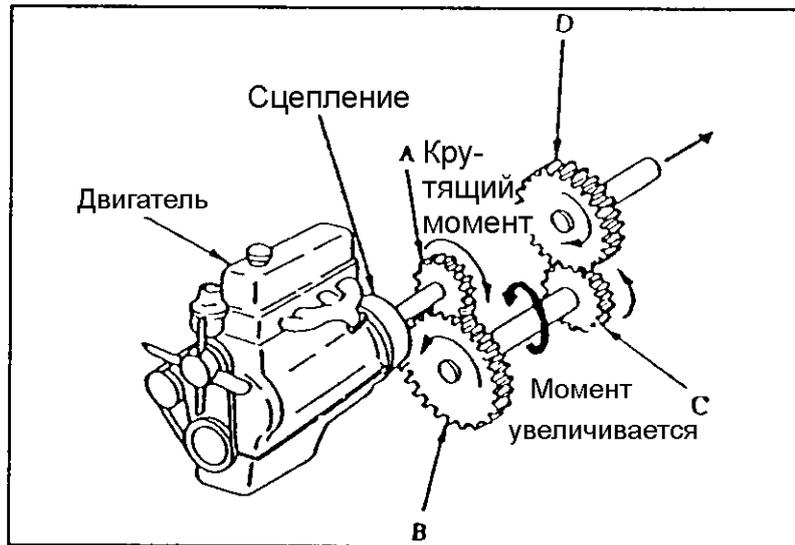
Задача 3

Двигатель автомобиля развивает мощность 120 кВт. Известно, что на ведущие колеса передается 100 кВт. Определите КПД трансмиссии автомобиля. (**15 баллов**)

Задача 4

На рисунке изображена схема привода автомобиля, состоящего из двигателя, сцепления, коробки передач, представленной двумя парами шестерен, и карданным валом. Известно, что частота вращения коленчатого вала двигателя равна 4000 об/мин, а частота вращения карданного вала – 1000 об/мин. Шестерня В имеет 40 зубьев, шестерня С имеет 20 зубьев, шестерня D имеет 40 зубьев.

Сколько зубьев имеет шестерня А? (15 баллов)

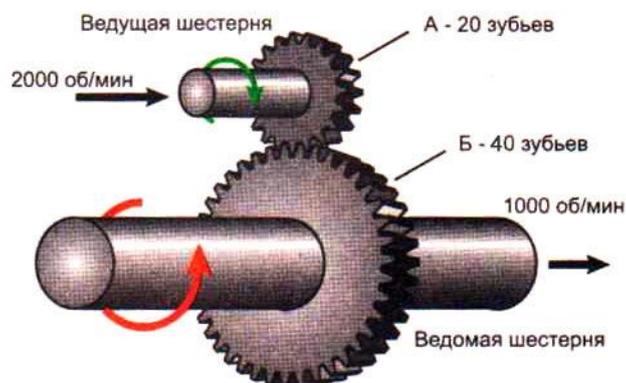


Пояснения

Любое привод, передающий усилие и меняющий направление движения, имеет свои технические характеристики. Основным критерием, определяющим изменение угловой скорости и направления движения, является передаточное число. С ним неразрывно связано изменение силы – передаточное отношение. Оно вычисляется для каждой передачи при проектировании привода машины, в данном случае, автомобиля. Перед тем как узнать передаточное число, надо посчитать количество зубьев на шестернях. Затем разделить их количество на ведомой шестерне (см. рис.) на аналогичный показатель ведущей шестерни.

Таким образом, получаем соотношение: $i = w_1 / w_2 = z_2 / z_1$;

где: i – передаточное число; w_1 – угловая скорость ведущего вала; w_2 – угловая скорость ведомого вала; z_1 – число зубьев на ведомой шестерне, z_2 – число зубьев на ведущей шестерне.



Если привод состоит из нескольких передач, то общее передаточное число определяется, как: $i_{пр} = i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_n$;

где: $i_{пр}$ – общее передаточное число привода; i_1 – передаточное число 1-й передачи; i_2 – передаточное число 2-й передачи; i_n – передаточное число n-й передачи.



Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1

Представьте, что Вы эксперт конструкторского бюро крупной автомобильной компании. Вам стало известно, что ваш конкурент разрабатывает перспективный легковой автомобиль. Из статей в специализированных автомобильных журналах Вам удастся узнать, что этот автомобиль предполагается оснастить двигателем внутреннего сгорания, цилиндры которого имеют диаметр 80 мм, высота шатунной шейки коленчатого вала (параметр R на рисунке) составляет 25 мм, а степень сжатия 12.

Используя эти отрывочные данные, определите:

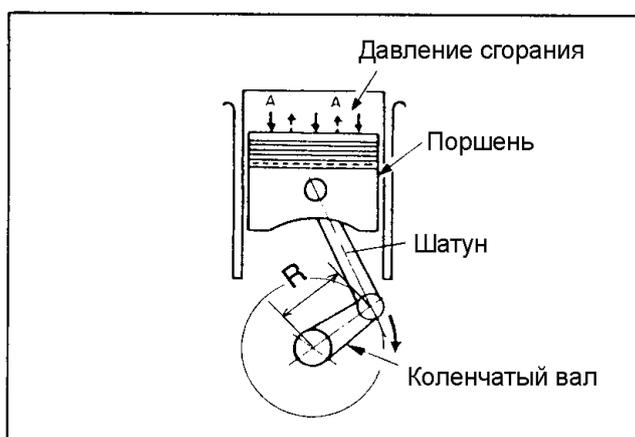
1. объем камеры сгорания. (30 баллов)
2. сделайте заключение о возможных характеристиках данного двигателя (20 баллов).

Пояснения

Во время работы двигателя внутреннего сгорания (см. рисунок) его поршень перемещается от самого нижнего положения, называемого «нижней мертвой точкой» (НМТ) до самого верхнего – «верхняя мертвая точка» (ВМТ). Перемещение поршня от НМТ к ВМТ называется «рабочим ходом поршня» ($S_{рх}$). Когда поршень находится в НМТ его поверхностью, называемой «дном поршня» находится полный объем цилиндра (V_n), включающий рабочий объем (V_p) и объем камеры сгорания ($V_{кс}$). Объем цилиндра двигателя, нижней поверхностью которого является дно поршня в НМТ, а верхней – дно поршня в ВМТ называется «рабочим объемом цилиндра» (V_p). Отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания – это степень сжатия двигателя (E).

Двигатели, в которых диаметр цилиндра больше рабочего хода поршня, называют короткоходовыми. Такие двигатели развивают большие обороты коленчатого вала, что дает возможность получения высокой мощности.

Двигатели, в которых рабочий ход поршня превышает диаметр цилиндра, называют длинноходовыми. Такие двигатели, как правило, отличаются экономичностью и характеризуются большими значениями крутящего момента.



Решение:

I. Определим объем камеры сгорания $V_{\text{КС}}$

1. Величина степени сжатия двигателя определяется по формуле:

$$E = V_{\text{П}} / V_{\text{КС}} = V_{\text{р}} + V_{\text{КС}} / V_{\text{КС}}; \quad (1)$$

где: $V_{\text{П}}$ – полный объем цилиндра двигателя ; $V_{\text{КС}}$ – объем камеры сгорания двигателя; $V_{\text{р}}$ – рабочий объем цилиндра двигателя.

2. Проведем необходимые преобразования:

$$E \cdot V_{\text{КС}} = V_{\text{р}} + V_{\text{КС}};$$

$$E \cdot V_{\text{КС}} - V_{\text{КС}} = V_{\text{р}};$$

$$V_{\text{КС}} (E - 1) = V_{\text{р}};$$

3. В результате получаем выражение для нахождения объема камеры сгорания:

$$V_{\text{КС}} = V_{\text{р}} / (E - 1). \quad (2)$$

Учтем, что рабочий объем цилиндра двигателя можно определить как:

$$V_{\text{р}} = \pi D^2 S_{\text{рх}} / 4; \quad (3)$$

После подстановки $V_{\text{р}}$ из выражения (3) в формулу (2), получаем конечное выражение:

$$V_{\text{КС}} = \frac{\pi D^2 S_{\text{рх}}}{4(E-1)}; \quad (4)$$

Для решения задачи подставим в (4) исходные данные, учитывая, что, как видно из рисунка, $S_{\text{рх}} = 2R$:

$$V_{\text{КС}} = \frac{3,14 \cdot 64 \cdot 5}{4(12-1)} = 22,8 \text{ (см}^3\text{)}.$$

Ответ: 22,8 см³.

II. Общая характеристика двигателя

Из рисунка видно, что $S_{\text{П}} = 2R = 2 \times 25 = 50$ мм. (1)

Таким образом, в данном двигателе, как явствует из условия задачи, диаметр цилиндра ($d_{\text{ц}}$) равен 80 мм, а рабочий ход поршня ($S_{\text{П}}$), как видно из выражения (1) составляет 50 мм.

Таким образом, имеем: $d_{\text{ц}} > S_{\text{П}}$, то есть, наш двигатель – короткоходовый. Как следует из пояснения, такие двигатели отличаются большими оборотами коленчатого вала и большими мощностями.

Задача 2

Двигатель автомобиля развивает мощность 100 кВт. Величина КПД трансмиссии составляет 0,82.

Определите мощность, передаваемую на ведущие колеса автомобиля. (20 баллов)

Решение:

1. Запишем уравнение мощностного баланса для автомобиля:

$$N_{\text{д}} = N_{\text{тр}} + N_{\text{к}}; \quad (1)$$

где: $N_{\text{д}}$ – мощность двигателя;

$N_{\text{тр}}$ – мощность потерь в трансмиссии;

$N_{\text{к}}$ – мощность на ведущих колесах автомобиля.

Для величины $N_{\text{тр}}$ это уравнение можно представить в следующем виде:

$$N_{\text{тр}} = N_{\text{д}} - N_{\text{к}} = N_{\text{д}} - N_{\text{д}} = N_{\text{д}} (1 - \eta_{\text{тр}}); \quad (2)$$

где: $\eta_{\text{тр}}$ – к.п.д. трансмиссии (из условий известно, что его величина равна 0,82).

2. Выражение (1), учитывая (2), можно преобразовать в следующий вид:

$$N_d = N_d (1 - \eta_{тр}) + N_k; \quad (3)$$

3. Преобразуем выражение (2) относительно искомой величины N_k :

$$N_k = N_d - N_d (1 - \eta_{тр}); \quad (4)$$

4. Подставим в выражение (3) числовые значения известных величин:

$$N_k = 100 - 100 (1 - 0,82) = 72 \text{ (кВт)}.$$

Ответ 72 кВт.

Задача 3

Двигатель автомобиля развивает мощность 120 кВт. Известно, что на ведущие колеса передается 100 кВт. Определите КПД трансмиссии автомобиля. (15 баллов)

Решение:

1. Запишем уравнение мощностного баланса для автомобиля:

$$N_d = N_{тр} + N_k; \quad (1)$$

где: N_d – мощность двигателя; $N_{тр}$ – мощность потерь в трансмиссии; N_k – мощность на ведущих колесах автомобиля.

Для величины $N_{тр}$ это уравнение можно представить в следующем виде:

$$N_{тр} = N_d - N_k = N_d - N_d \eta_{тр}; \quad (2)$$

где: $\eta_{тр}$ – к.п.д. трансмиссии (из условий известно, что его величина равна 0,82).

2. Выражение (1), учитывая (2), можно преобразовать в следующий вид:

$$N_d = N_d \eta_{тр} + N_k; \quad (3)$$

3. Преобразуем выражение (2) относительно искомой величины КПД:

$$N_d \eta_{тр} = N_d - N_k; \quad (4)$$

$$\text{Отсюда: } \eta_{тр} = (N_d - N_k) / N_d \quad (5)$$

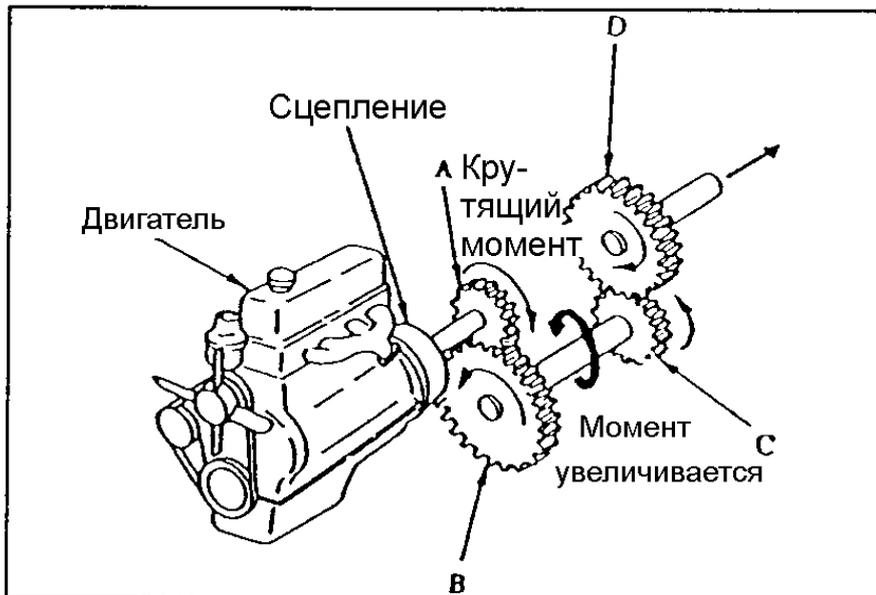
4. Подставим в выражение (5) числовые значения из условий задачи:

$$\eta_{тр} = (120 - 100) / 100 = 0,2.$$

Ответ: $\eta_{тр} = 0,2$ или 20%

Задача 4

На рисунке изображена схема привода автомобиля, состоящего из двигателя, сцепления, коробки передач, представленной двумя парами шестерен, и карданным валом. Известно, что частота вращения коленчатого вала двигателя равна 4000 об/мин, а частота вращения карданного вала – 1000 об/мин. Шестерня В имеет 40 зубьев, шестерня С имеет 20 зубьев, шестерня D имеет 40 зубьев. Сколько зубьев имеет шестерня А? (15 баллов)

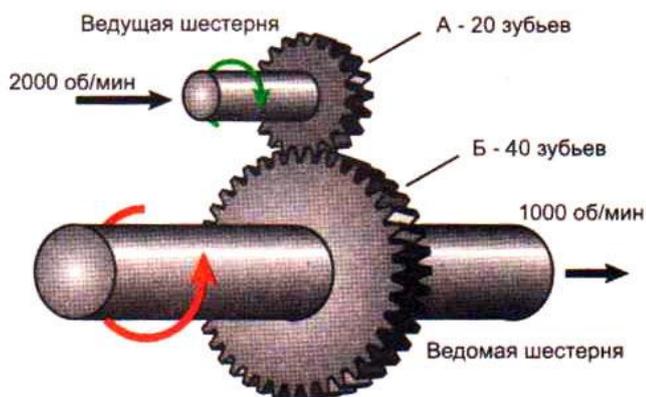


Пояснения

Любое привод, передающий усилие и меняющий направление движения, имеет свои технические характеристики. Основным критерием, определяющим изменение угловой скорости и направления движения, является передаточное число. С ним неразрывно связано изменение силы – передаточное отношение. Оно вычисляется для каждой передачи при проектировании привода машины, в данном случае, автомобиля. Перед тем как узнать передаточное число, надо посчитать количество зубьев на шестернях. Затем разделить их количество на ведомой шестерне (см. рис.) на аналогичный показатель ведущей шестерни.

Таким образом, получаем соотношение: $i = w_1 / w_2 = z_2 / z_1$;

где: i – передаточное число; w_1 – угловая скорость ведущего вала; w_2 – угловая скорость ведомого вала; z_1 – число зубьев на ведомой шестерне, z_2 – число зубьев на ведущей шестерне.



Если привод состоит из нескольких передач, то общее передаточное число определяется, как: $i_{пр} = i_1 \cdot i_2 \dots i_n$;

где: $i_{пр}$ – общее передаточное число привода; i_1 – передаточное число 1-й передачи; i_2 – передаточное число 2-й передачи; i_n – передаточное число n-й передачи.

Решение:

1. Найдем общее передаточное отношение привода:

$$i_{\text{пр}} = \omega_{\text{дв}} / \omega_{\text{кв}} = 4000 \text{ об/мин} / 1000 \text{ об/мин} = 4, \quad (1)$$

где: $\omega_{\text{дв}}$ – частота вращения двигателя; $\omega_{\text{кв}}$ – частота вращения карданного вала.

2. Определим общее передаточное число привода по выражению:

$$i_{\text{пр}} = i_1 \cdot i_2 = \frac{z_B}{z_A} \cdot \frac{z_D}{z_C}; \quad (2)$$

где i_1 – передаточное отношение 1-й передачи (шестерни А и В); i_2 – передаточное отношение 2-й передачи (шестерни D и C); z_A – число зубьев шестерни А; z_B – число зубьев шестерни В; z_C – число зубьев шестерни С; z_D – число зубьев шестерни D.

3. Преобразуем выражение (2) относительно неизвестной величины z_A :

$$z_A = z_B \cdot z_D / i_{\text{пр}} \cdot z_C = 40 \cdot 40 / 4 \cdot 20 = 20 \text{ (зубьев)}$$

Ответ: 20 зубьев.



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Техника и технологии наземного транспорта»

10-11 классы

Заключительный этап

2018-2019

Задача 1

Представьте, что Вы эксперт конструкторского бюро крупной автомобильной компании. Вам стало известно, что ваш конкурент разрабатывает перспективный легковой автомобиль. Из статей в специализированных автомобильных журналах Вам удастся узнать, что этот автомобиль предполагается оснастить четырехцилиндровым двигателем внутреннего сгорания. Диаметр цилиндров - 80 мм. Рабочий объем двигателя составляет 1000 см^3 , а его степень сжатия 12. Используя эти отрывочные данные, определите:

1. объем камеры сгорания цилиндра двигателя (**20 баллов**);
 2. рабочий ход поршня двигателя (**20 баллов**).
- Зная это, сделайте заключение о возможных характеристиках данного двигателя (**10 баллов**).

Пояснения

Во время работы двигателя внутреннего сгорания его поршень перемещается от самого нижнего положения, называемого «нижней мертвой точкой» (НМТ) до самого верхнего – «верхняя мертвая точка» (ВМТ). Перемещение поршня от НМТ к ВМТ называется рабочим ходом поршня (S). Когда поршень находится в НМТ над его поверхностью, называемой «дном поршня» находится полный объем цилиндра ($V_{п.ц.}$), включающий рабочий объем ($V_{р.ц.}$) и объем камеры сгорания ($V_{к.с.}$). Объем цилиндра двигателя, нижней поверхностью которого является дно поршня в НМТ, а верхней – дно поршня в ВМТ называется «рабочим объемом цилиндра» ($V_{р.ц.}$). Отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания – это степень сжатия двигателя (E).

Двигатели, в которых диаметр цилиндра больше рабочего хода поршня, называют короткоходовыми. Такие двигатели развивают большие обороты коленчатого вала, что дает возможность получения высокой мощности.

Двигатели, в которых рабочий ход поршня превышает диаметр цилиндра, называют длинноходовыми. Такие двигатели, как правило, отличаются экономичностью и характеризуются большими значениями крутящего момента.

Задача 2

Грузовой автомобиль массой 10000 кг движется по сухой грунтовой дороге на подъем. Известно, что сила сопротивления качению автомобиля составляет 2250 Н. Определите угол подъема дороги. (**20 баллов**)

Пояснения

Значение коэффициента сопротивления качению (f) для различных дорожных условий:

1. Асфальтобетон в отличном состоянии.....0,015
2. Сухая грунтовая дорога.....0,023
3. Мокрая грунтовая дорога0,1
4. Сыпучий песок..... 0,2
5. Слабо укатанный снег.....0,08.

Задача 3

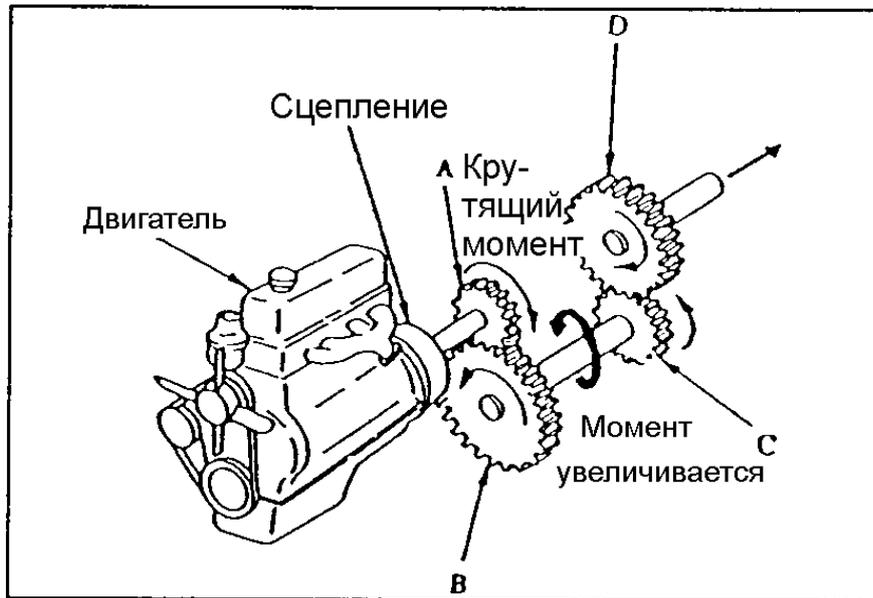
Известно, что с коленчатого вала автомобиля на его ведущие колеса передается 90% мощности двигателя (Nd). Потери мощности в трансмиссии (Nтр.) автомобиля составляют 20 л.с.

Определите:

1. мощность двигателя автомобиля (**10 баллов**);
2. мощность, передаваемую на ведущие колеса автомобиля (**10 баллов**).

Задача 4

На рисунке изображена схема привода автомобиля, состоящего из двигателя, сцепления, коробки передач, представленной двумя парами шестерен, и карданным валом. Известно, что частота вращения коленчатого вала двигателя равна 4000 об/мин, а частота вращения карданного вала – 1000 об/мин. Шестерня В имеет 40 зубьев, шестерня С имеет 20 зубьев, шестерня D имеет 40 зубьев. Сколько зубьев имеет шестерня А? (10 баллов)

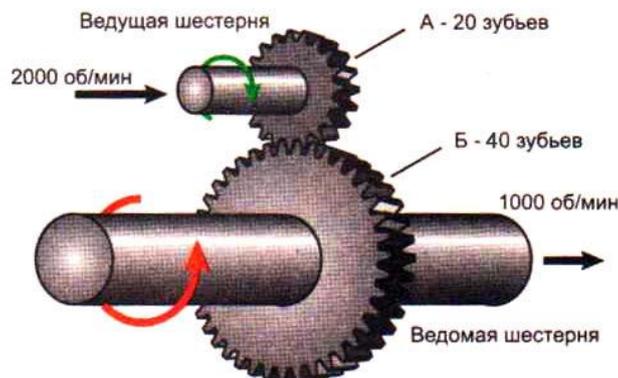


Пояснения

Любой привод, передающий усилие и меняющий направление движения, имеет свои технические характеристики. Основным критерием, определяющим изменение угловой скорости и направления движения, является передаточное число. С ним неразрывно связано изменение силы – передаточное отношение. Оно вычисляется для каждой передачи при проектировании привода машины, в данном случае, автомобиля. Перед тем как узнать передаточное число, надо посчитать количество зубьев на шестернях. Затем разделить их количество на ведомом колесе на аналогичный показатель ведущей шестерни.

Таким образом, получаем соотношение: $i = w_1 / w_2 = z_2 / z_1$;

где: i – передаточное число; w_1 – угловая скорость ведущего вала; w_2 – угловая скорость ведомого вала; z_1 – число зубьев на ведомой шестерне, z_2 – число зубьев на ведущей шестерне.



Если привод состоит из нескольких передач, то общее передаточное число определяется, как:

$$i_{пр.} = i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_n ;$$

где: $i_{пр.}$ – общее передаточное число привода; i_1 – передаточное число 1-й передачи; i_2 – передаточное число 2-й передачи; i_n – передаточное число n-й передачи.



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Техника и технологии наземного транспорта»

10-11 классы

Заключительный этап

2018-2019

Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1

Двигатель внутреннего сгорания имеет четыре цилиндра диаметром 80 мм. Рабочий объем двигателя составляет 1000 см^3 , а его степень сжатия 12.

Определите:

1. объем камеры сгорания цилиндра двигателя (20 баллов);
2. рабочий ход поршня двигателя (20 баллов).

Сделайте заключение о возможных характеристиках данного двигателя (10 баллов).

Пояснения

Во время работы двигателя внутреннего сгорания его поршень перемещается от самого нижнего положения, называемого «нижней мертвой точкой» (НМТ) до самого верхнего – «верхняя мертвая точка» (ВМТ). Перемещение поршня от НМТ к ВМТ называется рабочим ходом поршня (S). Когда поршень находится в НМТ над его поверхностью, называемой «днищем поршня» находится полный объем цилиндра ($V_{\text{пл}}$), включающий рабочий объем ($V_{\text{рц}}$) и объем камеры сгорания ($V_{\text{кс}}$). Объем цилиндра двигателя, нижней поверхностью которого является днище поршня в НМТ, а верхней – днище поршня в ВМТ называется «рабочим объемом цилиндра» ($V_{\text{рц}}$). Отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания – это степень сжатия двигателя (E).

Двигатели, в которых диаметр цилиндра больше рабочего хода поршня, называют короткоходовыми. Такие двигатели развивают большие обороты коленчатого вала, что дает возможность получения высокой мощности.

Двигатели, в которых рабочий ход поршня превышает диаметр цилиндра, называют длинноходовыми. Такие двигатели, как правило, отличаются экономичностью и характеризуются большими значениями крутящего момента.

Решение:

I. Определим объем камеры сгорания $V_{\text{кс}}$

1. Как следует из пояснения, величина степени сжатия определяется по формуле:

$$E = V_{\text{пл}} / V_{\text{кс}} = (V_{\text{рц}} + V_{\text{кс}}) / V_{\text{кс}}; \quad (1)$$

где: $V_{\text{пл}}$ – полный объем цилиндра двигателя; $V_{\text{кс}}$ – объем камеры сгорания цилиндра двигателя; $V_{\text{рц}}$ – рабочий объем цилиндра двигателя.

2. Проведем необходимые преобразования:

$$E \cdot V_{\text{кс}} = V_{\text{рц}} + V_{\text{кс}};$$

$$E \cdot V_{\text{кс}} - V_{\text{кс}} = V_{\text{рц}};$$

$$V_{\text{кс}} \cdot (E - 1) = V_{\text{рц}};$$

3. В результате получаем выражение для нахождения объема камеры сгорания:

$$V_{\text{кс}} = \frac{V_{\text{рц}}}{E-1}; \quad (2)$$

Учтем, что рабочий объем цилиндра четырехцилиндрового двигателя можно определить как:

$$V_{\text{рц}} = V_{\text{р}}/4; \quad (3)$$

где: $V_{\text{р}}$ – рабочий объем двигателя.

После подстановки $V_{\text{рц}}$ из выражения (3) в формулу (2) получаем конечное выражение:

$$V_{\text{кс}} = \frac{V_{\text{р}}}{4(E-1)}; \quad (4)$$

Для решения задачи подставим в (4) исходные данные:

$$V_{\text{кс}} = \frac{1000}{4 \cdot (12-1)} = 22,7 \text{ (см}^3\text{)}.$$

Ответ: 22,7 см³.

II. Определим рабочий ход поршня

1. Из пояснений следует, что рабочий объем поршня можно определить из выражения:

$$V_{\text{р}} = \pi \cdot d_{\text{ц}}^2 \cdot S_{\text{п}} / 4 = 1000 / 4; \quad (1)$$

где: $d_{\text{ц}}$ – диаметр цилиндра; $S_{\text{п}}$ – рабочий ход поршня.

2. Проводим необходимые преобразования и получаем выражения для $S_{\text{п}}$:

$$S_{\text{п}} = \frac{4V_{\text{р}}}{\pi d_{\text{ц}}^2}; \quad (2)$$

3. Подставляем числовые значения и получаем:

$$S_{\text{п}} = \frac{4 \cdot 250}{3,14 \cdot 64} = 5,0 \text{ (см)} = 50 \text{ мм}.$$

III. Общая характеристика двигателя

В данном двигателе, как явствует из условия задачи, диаметр цилиндра ($d_{\text{ц}}$) равен 80 мм, а рабочий ход поршня ($S_{\text{п}}$), как было определено в ходе решения задачи составляет 50 мм.

Таким образом, имеем: $d_{\text{ц}} > S_{\text{п}}$, то есть наш двигатель короткоходовый. Как следует из пояснения, такие двигатели отличаются большими оборотами коленчатого вала и большими мощностями.

Задача 2

Грузовой автомобиль массой 10000 кг движется по сухой грунтовой дороге на подъем. Известно, что сила сопротивления качению автомобиля составляет 2250 Н. Определите угол подъема дороги. (20 баллов)

Пояснения

Значение коэффициента сопротивления качению (f) для различных дорожных условий:

1. Асфальтобетон в отличном состоянии	0,015
2. Сухая грунтовая дорога	0,023
3. Мокрая грунтовая дорога	0,1
4. Сыпучий песок	0,2
5. Слабо укатанный снег	0,08.

Решение

1. Сила сопротивления качению по отношению к автомобилю определяется по формуле:

$$P_k = G_a \cdot f \cdot \cos \alpha; \quad (1)$$

где: G_a – вес автомобиля; f – коэффициент сопротивления качению для заданных дорожных условий; α – угол подъема дороги.

2. Определяем вес автомобиля из выражения:

$$G_a = M_a \cdot g; \quad (2)$$

где: M_a – масса автомобиля; g – ускорение свободного падения.

3. Из выражения (1), подставляя значение G_a из выражения (2), находим величину угла подъема дороги

$$\cos \alpha = P_k / M_a \cdot f \cdot g; \quad (3)$$

4. Подставляем численные значения, учитывая, что коэффициент f для данных условий равен 0,023 (Пояснения)

$$\cos \alpha = 2250 / 10000 \cdot 9,8 \cdot 0,023 = 0,998.$$

$$\cos \alpha = 0,99.$$

$$\text{Отсюда } \alpha = 3^\circ.$$

Ответ: угол подъема дороги равен 3° .

Задача 3

Известно, с коленчатого вала автомобиля на его ведущие колеса передается 90% мощности двигателя (N_d). Потери мощности в трансмиссии ($N_{тр}$) автомобиля составляют 20 л.с.

Определите:

1. мощность двигателя автомобиля (10 баллов);
2. мощность, передаваемую на ведущие колеса автомобиля (10 баллов).

Решение:

I. Определим мощность двигателя

1. Запишем уравнение мощностного баланса для автомобиля:

$$N_d = N_{тр} + N_k; \quad (1)$$

где: N_d – мощность двигателя; $N_{тр}$ – мощность потерь в трансмиссии; N_k – мощность на ведущих колесах автомобиля.

Для величины $N_{тр}$ это уравнение можно представить в следующем виде:

$$N_{тр} = N_d - N_k = N_d - N_d = N_d (1 - \eta); \quad (2)$$

где: η – к.п.д. трансмиссии (из условий известно, что его величина равна 90%).

2. Выражение (2), можно преобразовать в следующий вид:

$$N_d = N_{тр} / (1 - \eta); \quad (3)$$

3. Подставляем числовые значения, учитывая, что $\eta = 0,9$.

$$N_d = 20 \text{ л.с.} / (1 - 0,9) = 200 \text{ л.с.} \quad (4)$$

Для перевода полученного результата в систему СИ учитываем, что 1 л.с. = 0,736 кВт. В результате получаем, $N_d = 147,2$ кВт.

Ответ: $N_d = 147,2$ кВт.

II. Определим мощность на ведущих колесах

1. Преобразуем выражение (1) в следующий вид:

$$N_k = N_d - N_{тр} \quad (1)$$

2. Подставим численные значения:

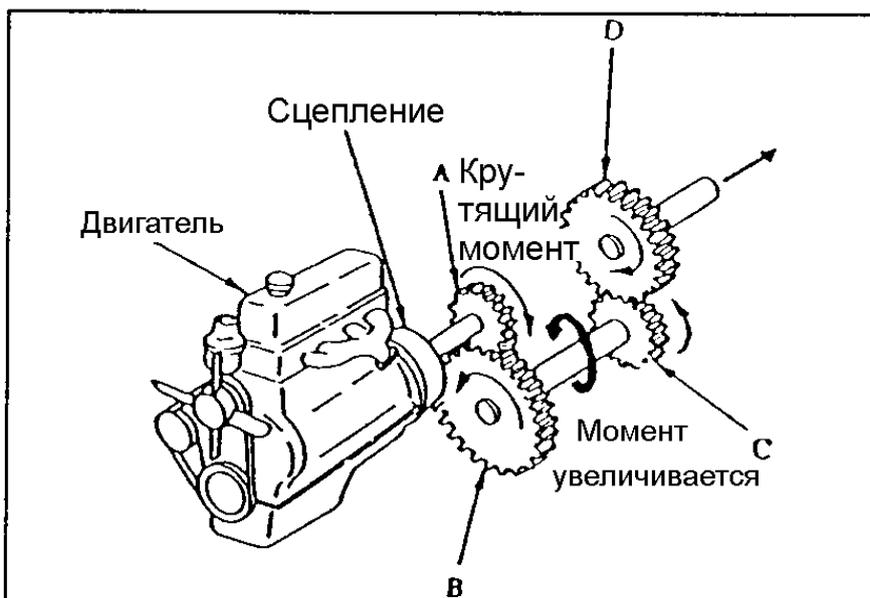
$$N_k = 200 \text{ л.с.} - 20 \text{ л.с.} = 180 \text{ л.с.}$$

Для перевода полученного результата в систему СИ учитываем, что 1 л.с. = 0,736 кВт. В результате получаем, $N_d = 132,4$ кВт.

Ответ: $N_d = 132,4$ кВт.

Задача 4

На рисунке изображена схема привода автомобиля, состоящего из двигателя, сцепления, коробки передач, представленной двумя парами шестерен, и карданным валом. Известно, что частота вращения коленчатого вала двигателя равна 4000 об/мин, а частота вращения карданного вала – 1000 об/мин. Шестерня В имеет 40 зубьев, шестерня С имеет 20 зубьев, шестерня D имеет 40 зубьев. Сколько зубьев имеет шестерня А? (10 баллов)

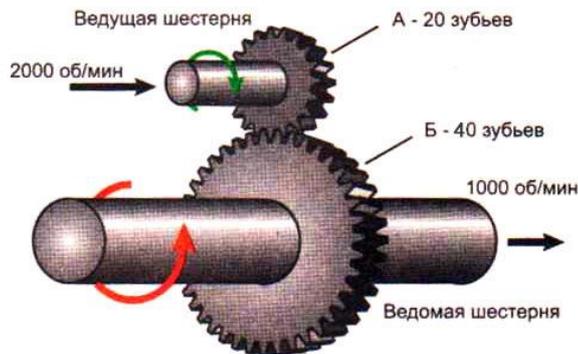


Пояснения

Любое привод, передающий усилие и меняющий направление движения, имеет свои технические характеристики. Основным критерием, определяющим изменение угловой скорости и направления движения, является передаточное число. С ним неразрывно связано изменение силы – передаточное отношение. Оно вычисляется для каждой передачи при проектировании привода машины, в данном случае, автомобиля. Перед тем как узнать передаточное число, надо посчитать количество зубьев на шестернях. Затем разделить их количество на ведомой шестерне (см. рис.) на аналогичный показатель ведущей шестерни.

Таким образом, получаем соотношение: $i = w_1 / w_2 = z_2 / z_1$;

где: i – передаточное число; w_1 – угловая скорость ведущего вала; w_2 – угловая скорость ведомого вала; z_1 – число зубьев на ведомой шестерне, z_2 – число зубьев на ведущей шестерне.



Если привод состоит из нескольких передач, то общее передаточное число определяется, как:
 $i_{пр} = i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_n$;

где: $i_{пр}$ – общее передаточное число привода; i_1 – передаточное число 1-й передачи; i_2 – передаточное число 2-й передачи; i_n – передаточное число n-й передачи.

Решение:

1. Найдем общее передаточное отношение привода:

$$i_{пр} = w_{дв} / w_{кв} = 4000 \text{ об/мин} / 1000 \text{ об/мин} = 4; \quad (1)$$

где: $w_{дв}$ – частота вращения двигателя; $w_{кв}$ – частота вращения карданного вала.

2. Определим общее передаточное число привода по выражению:

$$i_{пр} = i_1 \cdot i_2 = \frac{z_B}{z_A} \cdot \frac{z_D}{z_C}; \quad (2)$$

где i_1 – передаточное отношение 1-й передачи (шестерни А и В); i_2 – передаточное отношение 2-й передачи (шестерни D и C); z_A – число зубьев шестерни А; z_B – число зубьев шестерни В; z_C – число зубьев шестерни С; z_D – число зубьев шестерни D.

3. Преобразуем выражение (2) относительно неизвестной величины z_A :

$$z_A = z_B \cdot z_D / i_{пр} \cdot z_C = 40 \cdot 40 / 4 \cdot 20 = 20 \text{ (зубьев)}$$

Ответ: 20 зубьев.



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Технологии материалов»

7-9 классы

Заключительный этап

2018-2019

Задача: В общеобразовательной школе планируется организовать зону отдыха, в которой будут установлены книжный шкаф для буккроссинга* и скамейки со столами, на которых можно было бы отдохнуть, почитать книгу или сделать домашнее задание. Для создания комфорта планируется огородить эту зону вазонами с живыми цветами.

**хобби и общественное движение, действующее по принципу социальных сетей и близкое к флешмобу. Человек, прочитав книгу, оставляет («освобождает») её в общественном месте (парк, кафе, поезд, библиотека, станция метро), для того, чтобы другой, случайный человек мог эту книгу найти и прочитать; тот, в свою очередь, должен повторить это же действие.*

Задание: Необходимо изготовить книжный шкаф внутренним полезным объемом $0,36 \text{ м}^3$. Предложите материал, конструкцию, технологию изготовления. Определите цену готового изделия.

Выполнение задания:

Проектная часть:

1. Выбрать материал, сделав обоснование: чугун, сталь, алюминий, пластик и др.; конструкцию и технологию изготовления.
2. Привести эскиз (чертеж) с указанием всех необходимых размеров изготавливаемого изделия.

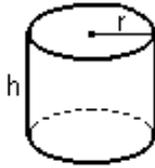
Расчетная часть:

1. Рассчитайте размеры изготавливаемого изделия исходя из необходимости получить заданный размер, используя геометрические формулы.
2. Определите массу полученного изделия, зная его размеры и плотность материала.
3. Рассчитайте рыночную цену изделия исходя из условий, что затраты на работу по изготовлению книжного шкафа составляет 40% от стоимости материала, а торговая наценка 25 % от всей себестоимости изделия.

Для выполнения задания воспользуйтесь приложением 1, 2.

Приложение 1

Цилиндр



Объем: $\pi \cdot r^2 \cdot h$
 Площадь боковой поверхности: $2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$

Прямоугольный параллелепипед



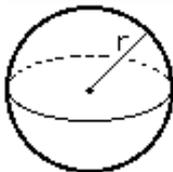
Объем: $a \cdot b \cdot c$
 Площадь поверхности: $2 \cdot (a \cdot b + a \cdot c + b \cdot c)$

Конус



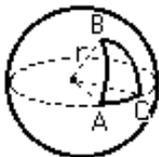
Объем: $\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h$
 Площадь боковой поверхности: $\pi \cdot r \cdot l$

Сфера



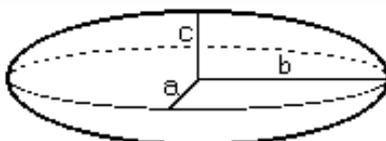
Объем: $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$
 Площадь поверхности: $4 \cdot \pi \cdot r^2$

Сферический треугольник



Площадь: $(A + B + C - \pi) \cdot r^2$

Эллипсоид



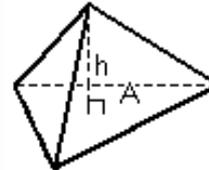
Объем: $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot a \cdot b \cdot c$

Параллелепипед



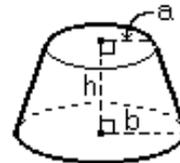
Объем: $A \cdot h$ или: $a \cdot b \cdot c \cdot \sin(\theta)$

Пирамида



Объем: $\frac{1}{3} \cdot A \cdot h$

Усеченный конус



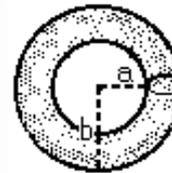
Объем: $\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (a^2 + a \cdot b + b^2)$
 Площадь боковой поверхности: $\pi \cdot (a + b) \cdot l$
 или: $\pi \cdot (a + b) \cdot \sqrt{h^2 + (b - a)^2}$

Сферический сегмент



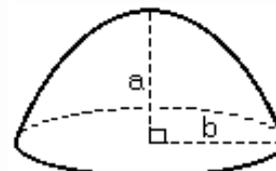
Объем: $\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h^2 \cdot (3r - h)$
 Площадь шаровой поверхности: $2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$

Тор



Объем: $\frac{1}{4} \cdot \pi^2 \cdot (a + b) \cdot (b - a)^2$
 Площадь поверхности: $\pi^2 \cdot (b^2 - a^2)$

Параболоид



Объем: $\frac{1}{2} \cdot \pi \cdot b^2 \cdot a$

Плотность и цена материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Цена, руб./кг
Чугун	7000	35
Сталь	7600	25
Сталь нержавеющая	7900	140
Алюминий	2700	140
Латунь	8800	250
Бронза	8200	300
Пластик	1000	100
Дерево	500	15
Композиционный материал	1500	250



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Технологии материалов»

10-11 классы

Заключительный этап

2018-2019

Задача: В общеобразовательной школе планируется организовать зону отдыха, в которой будут установлены книжный шкаф для буккроссинга* и скамейки со столами, на которых можно было бы отдохнуть, почитать книгу или сделать домашнее задание. Для создания комфорта планируется огородить эту зону вазонами с живыми цветами.

**хобби и общественное движение, действующее по принципу социальных сетей и близкое к флешмобу. Человек, прочитав книгу, оставляет («освобождает») её в общественном месте (парк, кафе, поезд, библиотека, станция метро), для того, чтобы другой, случайный человек мог эту книгу найти и прочитать; тот, в свою очередь, должен повторить это же действие.*

Задание: Необходимо предложить проект напольного вазона для цветов внутренним объемом 30 л. Предложите материал, конструкцию, технологию изготовления. Определите цену готового изделия.

Выполнение задания:

Расчетная часть:

- 1) Рассчитайте размеры изготавливаемого изделия исходя из необходимости получить заданный внутренний объем, используя геометрические формулы.
- 2) Определите массу полученного изделия, зная его размеры и плотность выбранного вами материала.
- 3) Рассчитайте рыночную цену изделия исходя из условий, что затраты на работу по изготовлению вазона составляет 50% от стоимости материала, а торговая наценка 20 % от всей себестоимости изделия.

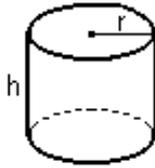
Проектная часть:

1. Выбрать материал, сделав обоснование: чугун, сталь, алюминий, пластик и др.
2. Привести эскиз (чертеж) с указанием всех необходимых размеров изготавливаемого изделия.
3. Описать технологию получения самого материала;
4. Разработать технологию изготовления изделия из выбранного материала.

Для выполнения задания воспользуйтесь приложением 1, 2.

Приложение 1

Цилиндр



Объем: $\pi \cdot r^2 \cdot h$
 Площадь боковой поверхности: $2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$

Параллелепипед



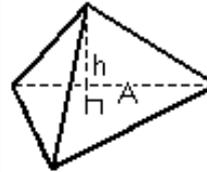
Объем: $A \cdot h$ или: $a \cdot b \cdot c \cdot \sin(\theta)$

Прямоугольный параллелепипед



Объем: $a \cdot b \cdot c$
 Площадь поверхности: $2 \cdot (a \cdot b + a \cdot c + b \cdot c)$

Пирамида



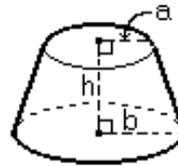
Объем: $\frac{1}{3} \cdot A \cdot h$

Конус



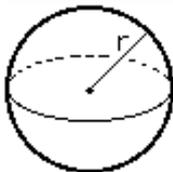
Объем: $\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h$
 Площадь боковой поверхности: $\pi \cdot r \cdot l$

Усеченный конус



Объем: $\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (a^2 + a \cdot b + b^2)$
 Площадь боковой поверхности: $\pi \cdot (a + b) \cdot l$
 или: $\pi \cdot (a + b) \cdot \sqrt{h^2 + (b - a)^2}$

Сфера



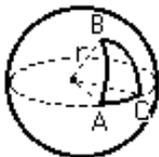
Объем: $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$
 Площадь поверхности: $4 \cdot \pi \cdot r^2$

Сферический сегмент



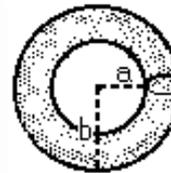
Объем: $\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h^2 \cdot (3r - h)$
 Площадь шаровой поверхности: $2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$

Сферический треугольник



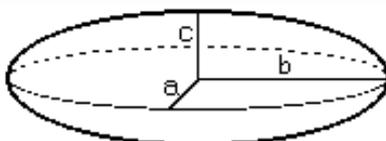
Площадь: $(A + B + C - \pi) \cdot r^2$

Тор



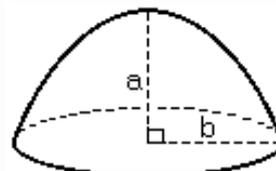
Объем: $\frac{1}{4} \cdot \pi^2 \cdot (a + b) \cdot (b - a)^2$
 Площадь поверхности: $\pi^2 \cdot (b^2 - a^2)$

Эллипсоид



Объем: $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot a \cdot b \cdot c$

Параболоид



Объем: $\frac{1}{2} \cdot \pi \cdot b^2 \cdot a$

Плотность и цена материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Цена, руб./кг
Чугун	7000	35
Сталь	7600	25
Сталь нержавеющая	7900	140
Алюминий	2700	140
Латунь	8800	250
Бронза	8200	300
Пластик	1000	100
Дерево	500	15
Композиционный материал	1500	250



**Многопрофильная
инженерная олимпиада «Звезда»
«Технологии материалов»**

7-9 классы

Заключительный этап

2018-2019

Критерии оценивания

Номер задания	Количество баллов	Пояснения
№ 1 проектная часть	0-20	Максимальное количество баллов ставиться если грамотно выбран материал, предложена технически верная конструкция, описана технология изготовления книжного шкафа.
№2 проектная часть	0-20	Максимальное количество баллов ставиться при наличие правильно выполненного эскиза с указанием всех размеров, необходимых для изготовления книжного шкафа.
№1 расчетная часть	0-20	Максимальное количество баллов ставиться если задача по нахождению размеров книжного шкафа решена правильно. Внутренний полезный объем книжного шкафа равен $0,36 \text{ м}^3$. Решение задачи подробное и содержит необходимые пояснения.
№2 расчетная часть	0-20	Максимальное количество баллов ставиться если задача по нахождению массы книжного шкафа решена правильно. Решение задачи подробное и содержит необходимые пояснения.
№ 3 расчетная часть	0-20	Максимальное количество баллов ставиться если задача по нахождению цены книжного шкафа решена правильно. Решение задачи подробное и содержит необходимые пояснения.



**Многопрофильная
инженерная олимпиада «Звезда»
«Технологии материалов»**

10-11 классы

Заключительный этап

2018-2019

Критерии оценивания

Номер задания	Количество баллов	Пояснения
№1 расчетная часть	0-20	Максимальное количество баллов ставиться если задача по нахождению размеров напольного вазона решена правильно. Внутренний полезный объем вазона равен 30 л. Решение задачи подробное и содержит необходимые пояснения.
№2 расчетная часть	0-20	Максимальное количество баллов ставиться если задача по нахождению массы вазона решена правильно. Решение задачи подробное и содержит необходимые пояснения.
№ 3 расчетная часть	0-20	Максимальное количество баллов ставиться если задача по нахождению цены вазона решена правильно. Решение задачи подробное и содержит необходимые пояснения.
№ 1 проектная часть	0-10	Максимальное количество баллов ставиться если грамотно выбран материал, сделано подробное обоснование
№2 проектная часть	0-10	Максимальное количество баллов ставиться при наличие правильно выполненного эскиза с указанием всех размеров, необходимых для изготовления вазона
№3 проектная часть	0-10	Максимальное количество баллов ставиться при наличие правильно описанной технологии получения материала
№ 4 проектная часть	0-10	Максимальное количество баллов ставиться при наличие правильно разработанной и грамотно описанной технологии изготовления вазона



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» Ядерная энергетика и технологии»

7-8 классы

Заключительный этап

2018-2019

1. (25 баллов) Атомные ядра некоторых элементов могут испытывать превращения (или распады), которые называются радиоактивными. Закон радиоактивного распада гласит, что за один и тот же интервал времени превращения испытывает одна и та же доля первоначального количества ядер, причем независимо от этого количества. Пусть имеется образец радиоактивного вещества, период полураспада которого (время, за которое распадается половина первоначального количества ядер данного вещества) равен 4 часа. Какая часть ядер распадется за 12 часов?

2. (25 баллов) Трущиеся части машин, например, ременной передачи, наэлектризовавшись, могут явиться причиной аварий и неполадок. Достаточно установить вблизи таких непрерывно заряжающихся электрическими зарядами материалов радиоактивный источник, чтобы этого не было. Объясните работу такой установки.

3. (50 баллов) В работе атомной электрической станции (АЭС) существует серьезная проблема, связанная с неравномерной нагрузкой на электрические сети: дневное и ночное потребление электроэнергии может отличаться в 2-3 раза. При этом снижение выработки электроэнергии атомной станцией вредно сказывается на ее ключевом элементе – ядерном реакторе. Поэтому в ночное время реактор не «выводят из мощности», а используют методы, позволяющие запасать энергию, выработанную в ночное время для ее дальнейшего использования. Применяются также и другие способы утилизации «ночной» электроэнергии. Считая, что мощность АЭС равна 1000 МВт (1000 миллионов ватт), а ночью (условно с 21.00 вечером до 9.00 утром) потребляется 50 % энергии, посчитайте, какую энергию необходимо «запасать». Предложите несколько методов аккумуляции «ночной» энергии. Оцените и сравните эффективность этих методов. Предложите способы постоянного использования ночной энергии.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРОЕКТОВ ШКОЛЬНИКОВ

Задание включает две части: расчетно-качественную и проектную.
Общая максимальная сумма – 100 баллов.

1. Расчетно-качественная часть.

- 1.1. Расчетно-качественная часть включает две задачи, которые далее могут быть связаны со второй частью – проектной и, таким образом, войти в эту вторую часть.
- 1.2. Максимальная оценка расчетно-качественной части – 50 баллов.
- 1.3. Если задача полностью решена с получением правильных ответов, то оценивается 25 баллами.
- 1.3. Если задача в основном решена, то есть: все основные зависимости, связанные с сутью задачи получены, но часть несущественных для данной задачи зависимостей не получена и правильного результата нет, то задача оценивается 20 баллами.
- 1.4. Если имеются расчетная схема, начальные (канонические) уравнения для решения задачи, рассуждения направленные на решение задачи, но они не преобразованы для получения итоговых зависимостей и задача не имеет окончательного результата, то задача оценивается 10 баллами.

2. Проектная часть.

- 2.1. Проектная часть должна включать одно наилучшее конструкторско-технологическое предложение по решению поставленной задачи, если решения расчетной части применимы в данной второй части, то их нужно применить, если нет, то дать свои решения.
- 2.2 Максимальная оценка проектной части 50 баллов.
- 2.3. Оценивание проектной части строится на экспертной оценке члена жюри с учетом следующих положений.
 - 2.3.1. Оценка проектной части производится по следующим пяти критериям:
 - Полнота исследования проблемы: обзор и анализ ближайших прототипов. Максимальная оценка 10 баллов, т.е. максимум можно получить 10 баллов.
 - Оригинальность идеи, положенной в основу предлагаемого решения. Максимум 15 баллов.
 - Логика изложения: описание того, как получена идея; описание решений по ее воплощению; конструкторско-технологическая и, возможно, экономическая проработка. Максимум 15 баллов.
 - Возможность практического осуществления предложенных решений. Максимум 10 баллов.

Требования к оформлению проектов при решении задач олимпиады.

Решение оформляется в виде пояснительной записки на листах формата А4, в которой должны быть следующие обязательные элементы и разделы (выделено жирным шрифтом; если участник не может написать содержание раздела, то заголовок раздела нужно привести, но под заголовком указать: «Реализация раздела не представляется возможной»):

Титульный лист с идентификацией участника.

Решение двух задач. Каждая задача должна начинаться с заголовка «Задача № ____».

Решение проектной задачи должно включать следующие разделы.

Введение (указывается область задачи, ее актуальность и общие схемы известных решений).

1. Анализ текущего состояния дел в области поставленной задачи. Должны быть перечислены наиболее близкие известные решения, дан перечень их достоинств и недостатков.
2. Цели и задачи исследования. На основе проведенного анализа уточняется: с какой целью проводится выполнение проекта; далее перечисляются частные задачи, которые необходимо решить для достижения указанной цели.
3. Поиск и формулирование идеи, которая будет положена в основу решения поставленной в условии задачи. Показать путь, который необходимо было пройти, чтобы прийти к оригинальной идее. Рекомендуется использовать методику ТРИЗ.
4. Развитие идеи в конкретных конструкторско-технологических решениях. Дать проработку воплощения идеи в конкретных устройствах или процессах, дать необходимые расчетные схемы, эскизы, другие иллюстрации с их названиями.
5. Технические, экономические, экологические расчеты. Привести необходимые расчетные схемы и расчеты показывающие работоспособность конструкции или ее частей, реализуемость процессов. По возможности, показать, почему предлагаемое решение окажется экономически выгодным, при необходимости, дать экологическую оценку решения. Допускается использование расчетов, аналогичных приведенным выше в расчетной части задания.

Выводы.

Дать общую оценку полученного решения, достижения поставленной цели, новизну, практическую полезность решения. Учащиеся должны оформить записку проекта черной авторучкой (ярко для возможности последующего сканирования). Почерк должен быть разборчивым или текст следует написать чертежным шрифтом. Нумерация страниц внизу посередине обязательна.



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Ядерная энергетика и технологии»

9-10 классы

Заключительный этап

2018-2019

1. (25 баллов) Радиоактивные отходы АЭС для предотвращения их попадания в окружающую среду заливают жидким стеклом («остекловывают»), которое химически инертно, не подвержено коррозии, растворению в агрессивных средах и т.п. Обычно отходы остекловывают в виде цилиндров радиусом $R=0,15$ м. Тепловыделение в цилиндрах за счет остаточного распада продуктов деления на погонный метр длины составляет $q_l=1$ кВт/м и происходит равномерно по объему, теплопроводность стекла $\lambda=3$ Вт/(м·К). Определить перепад температуры между центром и поверхностью цилиндра. **Указание.** Количество тепла q , переносимого в единицу времени через единицу площади тонкого слоя толщиной Δx , одна поверхность которого поддерживается при температуре T_1 , вторая – при температуре T_2 ($T_2 > T_1$), определяется соотношением: $q=\lambda(T_2-T_1)/\Delta x$ (λ - коэффициент теплопроводности) и происходит в направлении понижения температуры (закон Фурье).

2. (25 баллов) Энергоемкостью топлива называется количество энергии, которое выделяется при сжигании 1 кг этого топлива. Сравните энергоемкость каменного угля и ядерного топлива ^{235}U . При сгорании угля выделяется энергия $q_c=3,0 \cdot 10^7$ Дж/кг, при делении одного ядра ^{235}U выделяется энергия $E_U=2 \cdot 10^8$ эВ. $1 \text{ эВ}=1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж, число Авогадро $N_A=6 \cdot 10^{23}$ 1/моль. («эВ – электрон-вольт» - единица измерения энергии, используемая в ядерной физике и определяемая как энергия электрона, прошедшего разность потенциалов 1 вольт; заряд электрона $e=-1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).

3. (50 баллов) Счётчик Гейгера — газоразрядный прибор для автоматического подсчёта числа попавших в него ионизирующих частиц.

Цилиндрический счётчик Гейгера — Мюллера состоит из баллона внутри которого имеются электроды – катод и анод. Баллон заполняется газом, в большинстве случаев используют благородные газы — аргон и неон. Для облегчения возникновения электрического разряда в газовом баллоне создается пониженное давление. Между катодом и анодом создается напряжение от сотен до тысяч вольт в зависимости от геометрических размеров материала электродов и газовой среды внутри счётчика. Напряжение подается через нагрузочный резистор, на котором формируются электрические импульсы при регистрации радиоактивных частиц.

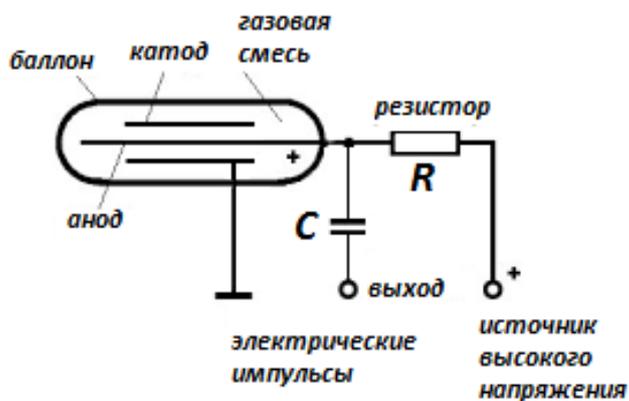


Рис. Устройство счетчика Гейгера

Работа счётчика основана на ударной ионизации. Гамма-кванты, испускаемые радиоактивным изотопом, попадая на стенки счётчика, выбивают из него электроны. Электроны, двигаясь в газе и сталкиваясь с атомами газа, выбивают из атомов электроны и создают положительные ионы и свободные электроны. Электрическое поле между катодом и анодом ускоряет электроны до энергий, при которых начинается ударная ионизация. Возникает лавина ионов, приводящая к размножению первичных носителей. При достаточно большой напряжённости поля энергии этих ионов становится достаточной, чтобы порождать вторичные лавины, способные поддерживать самостоятельный разряд, в результате чего ток через счётчик резко возрастает.

В счётчике Гейгера последовательно с газовым промежутком и источником тока включают резистор с которого на регистрирующее устройство снимается в момент попадания частицы импульс напряжения. Какое значение номинала (высокое, низкое или принципиально какое) должно быть у этого резистора?

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРОЕКТОВ ШКОЛЬНИКОВ

Задание включает две части: расчетно-качественную и проектную.

Общая максимальная сумма – 100 баллов.

1. Расчетно-качественная часть.

1.1. Расчетно-качественная часть включает две задачи, которые далее могут быть связаны со второй частью – проектной и, таким образом, войти в эту вторую часть.

1.2. Максимальная оценка расчетно-качественной части – 50 баллов.

1.3. Если задача полностью решена с получением правильных ответов, то оценивается 25 баллами.

1.3. Если задача в основном решена, то есть: все основные зависимости, связанные с сутью задачи получены, но часть несущественных для данной задачи зависимостей не получена и правильного результата нет, то задача оценивается 20 баллами.

1.4. Если имеются расчетная схема, начальные (канонические) уравнения для решения задачи, рассуждения направленные на решение задачи, но они не преобразованы для получения итоговых зависимостей и задача не имеет окончательного результата, то задача оценивается 10 баллами.

2. Проектная часть.

2.1. Проектная часть должна включать одно наилучшее конструкторско-технологическое предложение по решению поставленной задачи, если решения расчетной части применимы в данной второй части, то их нужно применить, если нет, то дать свои решения.

2.2 Максимальная оценка проектной части 50 баллов.

2.3. Оценивание проектной части строится на экспертной оценке члена жюри с учетом следующих положений.

2.3.1. Оценка проектной части производится по следующим пяти критериям:

– Полнота исследования проблемы: обзор и анализ ближайших прототипов. Максимальная оценка 10 баллов, т.е. максимум можно получить 10 баллов.

– Оригинальность идеи, положенной в основу предлагаемого решения. Максимум 15 баллов.

– Логика изложения: описание того, как получена идея; описание решений по ее воплощению; конструкторско-технологическая и, возможно, экономическая проработка. Максимум 15 баллов.

– Возможность практического осуществления предложенных решений. Максимум 10 баллов.

Требования к оформлению проектов при решении задач олимпиады.

Решение оформляется в виде пояснительной записки на листах формата А4, в которой должны быть следующие обязательные элементы и разделы (выделено жирным шрифтом; если участник не может написать содержание раздела, то заголовок раздела нужно привести, но под заголовком указать: «Реализация раздела не представляется возможной»):

Титульный лист с идентификацией участника.

Решение двух задач. Каждая задача должна начинаться с заголовка «Задача № ____».

Решение проектной задачи должно включать следующие разделы.

Введение (указывается область задачи, ее актуальность и общие схемы известных решений).

1. Анализ текущего состояния дел в области поставленной задачи. Должны быть перечислены наиболее близкие известные решения, дан перечень их достоинств и недостатков.

2. Цели и задачи исследования. На основе проведенного анализа уточняется: с какой целью проводится выполнение проекта; далее перечисляются частные задачи, которые необходимо решить для достижения указанной цели.

3. Поиск и формулирование идеи, которая будет положена в основу решения поставленной в условии задачи. Показать путь, который необходимо было пройти, чтобы прийти к оригинальной идее. Рекомендуется использовать методику ТРИЗ.

4. Развитие идеи в конкретных конструкторско-технологических решениях. Дать проработку воплощения идеи в конкретных устройствах или процессах, дать необходимые расчетные схемы, эскизы, другие иллюстрации с их названиями.

5. Технические, экономические, экологические расчеты. Привести необходимые расчетные схемы и расчеты показывающие работоспособность конструкции или ее частей, реализуемость процессов. По возможности, показать, почему предлагаемое решение окажется экономически выгодным, при необходимости, дать экологическую оценку решения. Допускается использование расчетов, аналогичных приведенным выше в расчетной части задания.

Выводы.

Дать общую оценку полученного решения, достижения поставленной цели, новизну, практическую полезность решения. Учащиеся должны оформить записку проекта черной авторучкой (ярко для возможности последующего сканирования). Почерк должен быть разборчивым или текст следует написать чертежным шрифтом. Нумерация страниц внизу посередине обязательна.



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Ядерная энергетика и технологии»

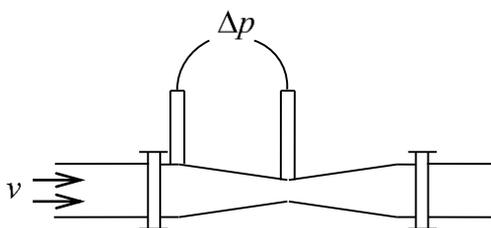
11 классы

Заключительный этап

2018-2019

1. (25 баллов) В природе существуют два изотопа урана – ^{235}U и ^{238}U (два вида атомов урана, отличающихся массой). В атомной энергетике используется топливо, в котором содержится значительно большее количество ^{235}U , чем в природной урановой руде. Поэтому природный уран необходимо обогащать по ^{235}U . Идея диффузионного обогащения урана заключается в том, что газообразное соединение – UF_6 (шестифтористый уран) – пропускают через трубку, стенки которой содержат микроскопические поры. Оказывается, что газ, прошедший через поры, содержит больше молекул с ^{235}U , чем исходный. Почему? Оцените, во сколько раз изменится отношение числа изотопов ^{235}U к числу изотопов ^{238}U в смеси после однократного прохождения через пористую стенку.

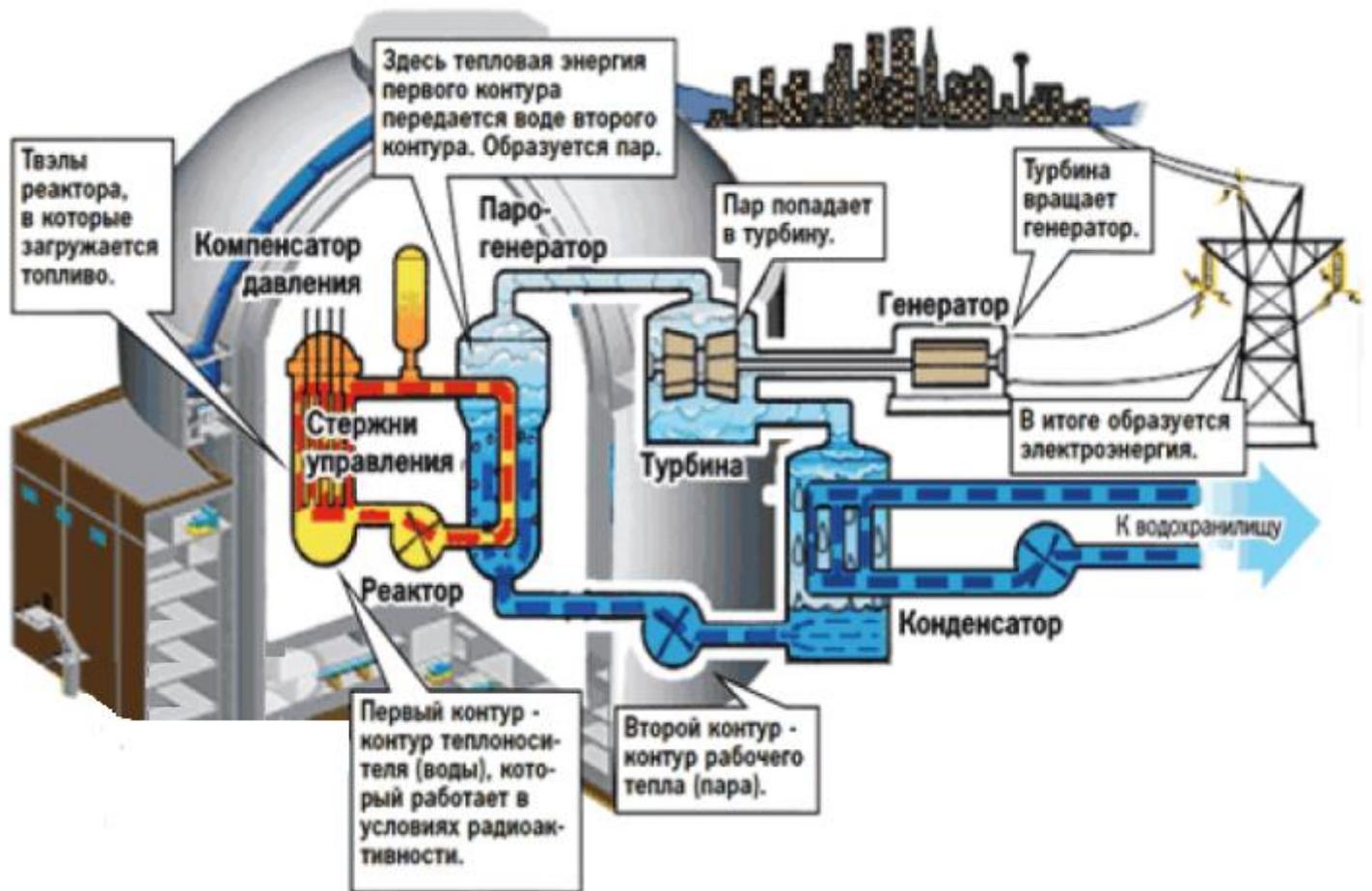
2. (25 баллов) Для определения скорости теплоносителя (воды) в системе теплоотвода атомного реактора часто используется трубка переменного сечения (трубка Вентури; см. рисунок), в которой измеряется разность давлений воды в малом и большом сечении. В каком из сечений трубки – большом или малом – давление воды больше и почему? Найти скорость воды, если разность показаний манометров в большом и малом сечениях трубки равна Δp , а радиус большого сечения вдвое больше радиуса малого.



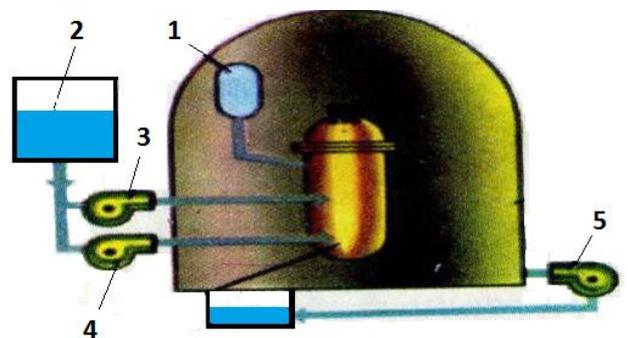
Трубка Вентури

3. (50 баллов) Авария на АЭС «Три-Майл-Айленд» – крупнейшая авария в истории коммерческой атомной энергетике США, произошедшая 28 марта 1979 года на втором энергоблоке станции. Рассмотрите хронологию аварии, реакцию на нее персонала станции и укажите ошибки в их действиях, а также недостатки в конструкции реактора.

В рабочем режиме тепло, выделяющееся в топливных элементах реактора, нагревает поступающую в реактор под действием насосов воду первого контура охлаждения. Эта вода нагревает в парогенераторе воду второго контура охлаждения, превращая ее в пар. Пар вращает турбины генератора, который вырабатывает электроэнергию.



При аварии насосов первого и второго контуров охлаждения предусмотрена система аварийного охлаждения реактора, которая должна предотвратить его перегрев с расплавлением активной зоны реактора. Принципиальная схема системы аварийного охлаждения реактора содержит пассивную и активную части. Пассивная часть – аварийные емкости (2 на рисунке), вода из которых может подаваться в реактор под действием силы тяжести. Активная часть – система насосов высокого давления (3,4,5), работающих от резервных источников питания и подающих воду в реактор.



Хронология аварии и реакция на нее персонала АЭС была следующей.

1. Отказ насосов второго контура охлаждения. Вода второго контура перестала поступать в парогенератор. Автоматически включилась аварийная система подачи воды в парогенератор, но вода в парогенератор не поступала, поскольку задвижки насосов были закрыты после планового ремонта.
2. Стало расти давление воды в первом контуре, поскольку прекратился отток тепла от него. Автоматически сработала система компенсации давления, сбрасывающая пар из первого контура в специальную емкость (барботер). Автоматически сработала (через 9 секунд после исходного события) система аварийной остановки реактора.
3. Рост температуры прекратился, давление в первом контуре начало падать, но утечка (воды из первого контура) продолжилась, поскольку клапан системы компенсации давления не закрылся (неисправен). При этом индикаторы на пульте управления показывали, что клапан закрыт.
4. При падении давления в первом контуре ниже 12 МПа (при нормальном давлении 16 МПа) сработала активная система охлаждения активной зоны насосами высокого давления. Из трех имеющихся насосов операторы оставили работающим один, поскольку уровень в компенсаторе объема показывал, что вода

поступает в реактор в большем, чем нужно количестве. В действительности продолжалась утечка воды из реактора (уровнемер неисправен).

5. Падение давления привело в вскипанию теплоносителя в активной зоне, образованию в верхней части активной зоны парового пузыря. Пузырь начал расти, создал давление и понизил уровень теплоносителя в активной зоне, оголив верхушки тепловыделяющих элементов.

6. Через 8 минут после начала аварии операторы обнаружили, что вода не поступает в парогенератор, задвижки аварийной системы насосов были открыты.

7. Через 14 минут после начала аварии пар из-за образования пара давление в компенсаторе давления превысило допустимый предел и пар начал поступать под гермооболочку реактора,

8. Через 38 минут после начала аварии обходчики доложили, что включились насосы откачивающие воду из-под гермооболочки реактора. Операторы отключили их.

9. Температура внутри гермооболочки стала расти. Стал расти также нейтронный поток в реакторе. Операторы приступили к экстренному вводу в реактор бора (поглотителя нейтронов), чтобы не допустить вывода реактора на рабочий режим.

10. Через 1 час 13 минут после начала аварии из-за большого количества пара в первом контуре стали вибрировать насосы первого контура. Операторы отключили 2 (из 4) главных насоса. Из-за наличия пара в реакторе прекратилась также естественная циркуляция теплоносителя.

11. Только через 2,5 часа после начала аварии операторы поняли причину – уход теплоносителя из первого контура из-за неисправности клапана системы сброса давления. Клапан был закрыт в первый контур стала поступать охлаждающая вода. За это время температура активной зоны реактора за счет остаточного тепловыделения достигла С, оболочки тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) были частично разрушены, с выделением большого количества водорода. Уровень радиоактивности в реакторе значительно вырос.

12. Только в этот момент операторы поняли масштаб аварии и попытались включить циркуляционные насосы для охлаждения реактора. Но в реакторе скопилось большое количество водорода, мешающего свободному протеканию теплоносителя. Насосы включить не удалось.

13. Было принято решение об увеличении давления в первом контуре и постепенном удалении водорода из реактора. Только через 15 часов после начала аварии удалось запустить один циркуляционный насос первого контура. А в состоянии «холодный останов» реактор был приведен только через месяц после аварии.

14. За время аварии ТВЭЛы частично расплавились, активная зона реактора была сильно повреждена, однако расплавленное топливо не прожгло корпус реактора, поэтому влияние аварии на окружающую территорию оказалось незначительным. Эвакуация населения не проводилась.

Нарушение работы каких узлов реактора оказало наиболее существенное влияние на развитие аварии? Какие из перечисленных действий операторов АЭС (по пунктам) были верными, а какие нет? Что нужно было изменить в действиях персонала? Конструкцию каких узлов реактора нужно доработать для устранения возможности подобных аварий?

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРОЕКТОВ ШКОЛЬНИКОВ

Задание включает две части: расчетную и проектную.

Общая максимальная сумма – 100 баллов.

1. Расчетная часть.

1.1. Расчетная часть включает состоит из двух задач.

1.2. Максимальная оценка расчетной задачи – 25 баллов.

1.3. Если задача полностью решена с получением правильных числовых ответов, то оценивается 25 баллами.

1.3. Если задача в основном решена, то есть: все основные расчетные зависимости, связанные с сутью задачи получены, но часть несущественных для данной задачи зависимостей не получена и правильного числового результата нет, то задача оценивается 20 баллами.

1.4. Если имеются расчетная схема, начальные (канонические) уравнения для решения задачи, но они не преобразованы для получения итоговых расчетных зависимостей и задача не имеет числового результата, то задача оценивается 10 баллами.

2. Проектная часть.

2.1. Проектная часть должна включать одно наилучшее конструкторско-технологическое предложение по решению поставленной задачи.

2.2 Максимальная оценка проектной части 50 баллов.

2.3. Оценивание проектной части строится на экспертной оценке члена жюри с учетом следующих положений.

2.3.1. Оценка проектной части производится по следующим пяти критериям:

– Полнота исследования проблемы: обзор и анализ ближайших прототипов. Максимальная оценка 10 баллов, т.е. максимум можно получить 10 баллов.

– Оригинальность идеи, положенной в основу предлагаемого решения. Максимум 20 баллов.

– Логика изложения: описание того, как получена идея; описание решений по ее воплощению; конструкторско-технологическая и, возможно, экономическая проработка. Максимум 20 баллов.

– Возможность практического осуществления предложенных решений. Максимум 10 баллов.

– Наличие, качество и достаточность схем и рисунков. Максимум 10 баллов.

Требования к оформлению проектов при решении задач олимпиады.

Решение оформляется в виде пояснительной записки на листах формата А4, в которой должны быть следующие обязательные элементы и разделы (выделено жирным шрифтом; если участник не может написать содержание раздела, то заголовок раздела нужно привести, но под заголовком указать: «Реализация раздела не представляется возможной»):

Титульный лист с идентификацией участника.

Решение расчетной задачи. Каждая задача должна начинаться с заголовка «Задача № ____».

Решение проектной задачи должно включать следующие разделы.

Введение (указывается область задачи, ее актуальность и общие схемы известных решений).

1. Анализ текущего состояния дел в области поставленной задачи. Должны быть перечислены наиболее близкие известные решения, дан перечень их достоинств и недостатков.

2. Цели и задачи исследования. На основе проведенного анализа уточняется: с какой целью проводится выполнение проекта; далее перечисляются частные задачи, которые необходимо решить для достижения указанной цели.

3. Поиск и формулирование идеи, которая будет положена в основу решения поставленной в условии задачи. Показать путь, который необходимо было пройти, чтобы прийти к оригинальной идее. Рекомендуется использовать методику ТРИЗ.

4. Развитие идеи в конкретных конструкторско-технологических решениях. Дать проработку воплощения идеи в конкретных устройствах или процессах, дать необходимые расчетные схемы, эскизы, другие иллюстрации с их названиями.

5. Технические, экономические, экологические расчеты. Привести необходимые расчетные схемы и расчеты показывающие работоспособность конструкции или ее частей, реализуемость процессов. По возможности, показать, почему предлагаемое решение окажется экономически выгодным, при необходимости, дать экологическую оценку решения. Допускается использование расчетов, аналогичных приведенным выше в расчетной части задания.

Выводы.

Дать общую оценку полученного решения, достижения поставленной цели, новизну, практическую полезность решения. Учащиеся должны оформить записку проекта черной авторучкой (ярко для возможности последующего сканирования). Почерк должен быть разборчивым или текст следует написать чертежным шрифтом. Нумерация страниц внизу посередине обязательна.



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» Ядерная энергетика и технологии»

7-8 классы

Заключительный этап

2018-2019

Задания, ответы и критерии оценивания

1. (25 баллов) Атомные ядра некоторых элементов могут испытывать превращения (или распады), которые называются радиоактивными. Закон радиоактивного распада гласит, что за один и тот же интервал времени превращения испытывает одна и та же доля первоначального количества ядер, причем независимо от этого количества. Пусть имеется образец радиоактивного вещества, период полураспада которого (время, за которое распадается половина первоначального количества ядер данного вещества) равен 4 часа. Какая часть ядер распадется за 12 часов?

Решение:

За один период полураспада распадается половина первоначального количества ядер, остается половина ядер. За второй период полураспада распадается половина от этого количества, остается половина этого количества, т.е. четверть первоначального количества ядер. За третий период полураспада распадается половина от одной четверти, т.е. $1/8$ первоначального количества, и т.д. Поэтому за три периода полураспада распадутся

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} = \frac{7}{8}$$

первоначального количества вещества.

Критерии оценки:

- 1. Если школьник понимает, что такое период полураспада, но никаких вычислений не сделал - 25 % от полной оценки.*
- 2. Если школьник понимает, что такое период полураспада, делал вычисления, но неправильные - 50 % от полной оценки.*
- 3. Если в принципе все делается правильно, но есть недочеты – 75 % от полной оценки.*
- 4. Если все верно – максимальная оценка.*

2. (25 баллов) Трущиеся части машин, например, ременной передачи, наэлектризовавшись, могут явиться причиной аварий и неполадок. Достаточно установить вблизи таких непрерывно заряжающихся электрическими зарядами материалов радиоактивный источник, чтобы этого не было. Объясните работу такой установки.

Решение:

В результате электризации, трущиеся части могут приобретать заряды разных знаков. Радиоактивное излучение также дает вылетающие частицы разных знаков. Соответственно, подобрав источник радиоактивного излучения противоположного знака, можно нейтрализовать эффект электризации трущихся частей.

3. (50 баллов) В работе атомной электрической станции (АЭС) существует серьезная проблема, связанная с неравномерной нагрузкой на электрические сети: дневное и ночное потребление электроэнергии может отличаться в 2-3 раза. При этом снижение выработки электроэнергии атомной станцией вредно сказывается на ее ключевом элементе – ядерном реакторе. Поэтому в ночное время реактор не «выводят из мощности», а используют методы, позволяющие запасть энергию, выработанную в ночное время для ее дальнейшего использования. Применяются также и другие способы утилизации «ночной» электроэнергии. Считая, что мощность АЭС равна 1000 МВт (1000 миллионов ватт), а ночью (условно с 21.00 вечером до 9.00 утром) потребляется 50 % энергии, посчитайте, какую энергию необходимо «запасть». Предложите несколько методов аккумуляирования «ночной» энергии. Оцените и сравните эффективность этих методов. Предложите способы постоянного использования ночной энергии.

Решение:

Реактор вырабатывает за 12 часов следующую энергию

$$E = P \cdot t = 10^9 \cdot 12 \cdot 60 \cdot 60 = 4,3 \cdot 10^{13} \text{ Дж}$$

По условию половину этой энергии необходимо запасть. Т.е. необходимо запасть $2,3 \cdot 10^{13}$ Дж. Эффективным способом запасть эту энергию являются гидроаккумуляторы. За счет «ночной энергии» некоторая масса воды поднимается на определенную высоту, а потом спускается вниз, вращая турбины генератора и вырабатывая электрический ток. Оценим, какой объем воды и на какую высоту нужно поднять, чтобы запасть эту энергию.

Пусть мы поднимаем воду на высоту 10 метров. Тогда ее энергия есть $E = mgh = \rho Vgh$.

Т.е.

$$V = \frac{E}{\rho gh} = \frac{2,1 \cdot 10^{13}}{10^5} = 2,1 \cdot 10^8 \text{ м}^3.$$

Это объем небольшого озера – несколько километров в диаметре. В настоящее время такие гидроаккумулирующие станции существуют и, как правило, используют, естественный рельеф местности и естественные водоемы. За счет «ночной энергии» вода насосами закачивается наверх, днем спускается вниз и, с помощью тех же насосов, уже и с помощью тех же насосов (уже использующихся как генераторы) вырабатывает электрический ток.

Другой вариант – использование литиевых аккумуляторов большой емкости. Но такие аккумуляторы дороги и требуют замены каждые 5-6 лет. Можно сжимать воздух, а потом сжатый воздух будет вращать турбины генератора. Удобно делать там, где есть возможность опустить пневмоаккумуляторы под воду на глубину не менее 100 м.

Еще один способ использующихся использования «ночной» энергии – создание постоянного потребителя «ночной» энергии. Это может быть, например, комплекс теплиц для выращивания овощей. За счет ночной энергии теплицы обогреваются и освещаются, днем они не используют энергию АЭС.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРОЕКТОВ ШКОЛЬНИКОВ

Задание включает две части: расчетно-качественную и проектную.
Общая максимальная сумма – 100 баллов.

1. Расчетно-качественная часть.

- 1.1. Расчетно-качественная часть включает две задачи, которые далее могут быть связаны со второй частью – проектной и, таким образом, войти в эту вторую часть.
- 1.2. Максимальная оценка расчетно-качественной части – 50 баллов.
- 1.3. Если задача полностью решена с получением правильных ответов, то оценивается 25 баллами.
- 1.3. Если задача в основном решена, то есть: все основные зависимости, связанные с сутью задачи получены, но часть несущественных для данной задачи зависимостей не получена и правильного результата нет, то задача оценивается 20 баллами.
- 1.4. Если имеются расчетная схема, начальные (канонические) уравнения для решения задачи, рассуждения направленные на решение задачи, но они не преобразованы для получения итоговых зависимостей и задача не имеет окончательного результата, то задача оценивается 10 баллами.

2. Проектная часть.

- 2.1. Проектная часть должна включать одно наилучшее конструкторско-технологическое предложение по решению поставленной задачи, если решения расчетной части применимы в данной второй части, то их нужно применить, если нет, то дать свои решения.
- 2.2 Максимальная оценка проектной части 50 баллов.
- 2.3. Оценивание проектной части строится на экспертной оценке члена жюри с учетом следующих положений.
 - 2.3.1. Оценка проектной части производится по следующим пяти критериям:
 - Полнота исследования проблемы: обзор и анализ ближайших прототипов. Максимальная оценка 10 баллов, т.е. максимум можно получить 10 баллов.
 - Оригинальность идеи, положенной в основу предлагаемого решения. Максимум 15 баллов.
 - Логика изложения: описание того, как получена идея; описание решений по ее воплощению; конструкторско-технологическая и, возможно, экономическая проработка. Максимум 15 баллов.
 - Возможность практического осуществления предложенных решений. Максимум 10 баллов.

Требования к оформлению проектов при решении задач олимпиады.

Решение оформляется в виде пояснительной записки на листах формата А4, в которой должны быть следующие обязательные элементы и разделы (выделено жирным шрифтом; если участник не может написать содержание раздела, то заголовок раздела нужно привести, но под заголовком указать: «Реализация раздела не представляется возможной»):

Титульный лист с идентификацией участника.

Решение двух задач. Каждая задача должна начинаться с заголовка «Задача № ____».

Решение проектной задачи должно включать следующие разделы.

Введение (указывается область задачи, ее актуальность и общие схемы известных решений).

1. Анализ текущего состояния дел в области поставленной задачи. Должны быть перечислены наиболее близкие известные решения, дан перечень их достоинств и недостатков.
2. Цели и задачи исследования. На основе проведенного анализа уточняется: с какой целью проводится выполнение проекта; далее перечисляются частные задачи, которые необходимо решить для достижения указанной цели.
3. Поиск и формулирование идеи, которая будет положена в основу решения поставленной в условии задачи. Показать путь, который необходимо было пройти, чтобы прийти к оригинальной идее. Рекомендуется использовать методику ТРИЗ.
4. Развитие идеи в конкретных конструкторско-технологических решениях. Дать проработку воплощения идеи в конкретных устройствах или процессах, дать необходимые расчетные схемы, эскизы, другие иллюстрации с их названиями.
5. Технические, экономические, экологические расчеты. Привести необходимые расчетные схемы и расчеты показывающие работоспособность конструкции или ее частей, реализуемость процессов. По возможности, показать, почему предлагаемое решение окажется экономически выгодным, при необходимости, дать экологическую оценку решения. Допускается использование расчетов, аналогичных приведенным выше в расчетной части задания.

Выводы.

Дать общую оценку полученного решения, достижения поставленной цели, новизну, практическую полезность решения. Учащиеся должны оформить записку проекта черной авторучкой (ярко для возможности последующего сканирования). Почерк должен быть разборчивым или текст следует написать чертежным шрифтом. Нумерация страниц внизу посередине обязательна.



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Ядерная энергетика и технологии»

9-10 классы

Заключительный этап

2018-2019

Задания, ответы и критерии оценивания

1. (25 баллов) Радиоактивные отходы АЭС для предотвращения их попадания в окружающую среду заливают жидким стеклом («остекловывают»), которое химически инертно, не подвержено коррозии, растворению в агрессивных средах и т.п. Обычно отходы остекловывают в виде цилиндров радиусом $R=0,15$ м. Тепловыделение в цилиндрах за счет остаточного распада продуктов деления на погонный метр длины составляет $q_l = 1$ кВт/м и происходит равномерно по объему, теплопроводность стекла $\lambda = 3$ Вт/(м·К). Определить перепад температуры между центром и поверхностью цилиндра. **Указание.** Количество тепла q , переносимого в единицу времени через единицу площади тонкого слоя толщиной Δx , одна поверхность которого поддерживается при температуре T_1 , вторая – при температуре T_2 ($T_2 > T_1$), определяется соотношением: $q = \lambda(T_2 - T_1)/\Delta x$ (λ - коэффициент теплопроводности) и происходит в направлении понижения температуры (закон Фурье).

Решение:

Рассмотрим цилиндрический слой радиуса r толщиной Δr . Пусть внутренняя поверхность слоя имеет температуру T_1 , внешняя - T_2 . Тогда с одной стороны, поток тепла через эту поверхность должен равняться количеству теплоты, которое выделяется внутри цилиндра, ограниченного этой поверхностью

$$q2\pi r l = q_v \pi r^2 l \quad q = \frac{q_v r}{2}$$

(q - плотность потока тепла, $q_v = q_l / \pi R^2$ - тепловыделение единицы объема цилиндра), с другой – определяться законом Фурье

$$\lambda(T_1 - T_2) = \frac{q_v r \Delta r}{2}$$

Такое равенство справедливо для каждого тонкого слоя, на которые можно мысленно разбить цилиндр. Складывая эти соотношения для всех слоев, получим

$$\lambda(T_u - T_n) = \frac{q_v}{2} \sum r \Delta r$$

где T_u и T_n - температуры в центре и на поверхности цилиндра. Аналогичная сумма возникает при вычислении работы силы трения и вычисляется графически (как площадь под линейным графиком). Она равна

$$\sum r \Delta r = \frac{R^2}{2}$$

Отсюда

$$T_u - T_n = \frac{q_l}{4\pi\lambda} = 26,5^\circ$$

Критерии оценки:

1. Если школьник правильно сформулировал идею и больше ничего не сделал - 25 % от полной оценки.
2. Если школьник смог правильно написать закон Фурье для цилиндра, понял, что нужно вычислять сумму, но дальше ничего не сделал - 50 % от полной оценки.
3. Если в принципе все делается правильно, но есть недочеты – 75 % от полной оценки.
4. Если все верно – максимальная оценка.

2. (25 баллов) Энергоемкостью топлива называется количество энергии, которое выделяется при сжигании 1 кг этого топлива. Сравните энергоемкость каменного угля и ядерного топлива ^{235}U . При сгорании угля выделяется энергия $q_C = 3,0 \cdot 10^7$ Дж/кг, при делении одного ядра ^{235}U выделяется энергия $E_U = 2 \cdot 10^8$ эВ. 1 эВ = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж, число Авогадро $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ 1/моль. («эВ – электрон-вольт» - единица измерения энергии, используемая в ядерной физике и определяемая как энергия электрона, прошедшего разность потенциалов 1 вольт; заряд электрона $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).

Решение:

Масса $m = 1$ кг урана содержит

$$N = \frac{m}{\mu_{235}} N_A = 2,6 \cdot 10^{24}$$

атомов (и ядер) урана ^{235}U , где $\mu_{235} = 235$ г/моль – молярная масса урана, $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ - число Авогадро. Отсюда находим энергию, выделившуюся при распаде всех ядер одного килограмма урана

$$q_U = E_U N = 8,3 \cdot 10^{13} \text{ Дж.}$$

Поскольку при сгорании 1 кг угля выделяется энергия

$$q_C = 3,0 \cdot 10^7 \text{ Дж}$$

то отношение энергоемкости урана к энергоемкости угля составляет

$$\frac{q_U}{q_C} = 2,8 \cdot 10^6$$

Это означает, что для получения той же энергии, что и на АЭС, нужно сжигать почти в три миллиона раз большую массу угля, чем расходуется урана.

Критерии оценки:

1. Если участник понимает, что нужно делать (найти количество ядер урана и умножить на энергосодержание реакции), но не знает, как это сделать, - 25 % от полной оценки.
2. Если понимает, что и как нужно делать, но допущены ошибки - 50 % от полной оценки.
3. Если в принципе все делается правильно, но есть недочеты – 75 % от полной оценки.
4. Если все верно – максимальная оценка.

3. (50 баллов) Счётчик Гейгера — газоразрядный прибор для автоматического подсчёта числа попавших в него ионизирующих частиц.

Цилиндрический счётчик Гейгера — Мюллера состоит из баллона внутри которого имеются электроды — катод и анод. Баллон заполняется газом, в большинстве случаев используют благородные газы — аргон и неон. Для облегчения возникновения электрического разряда в газовом баллоне создается пониженное давление. Между катодом и анодом создается напряжение от сотен до тысяч вольт в зависимости от геометрических размеров материала электродов и газовой среды внутри счётчика. Напряжение подается через нагрузочный резистор, на котором формируются электрические импульсы при регистрации радиоактивных частиц.

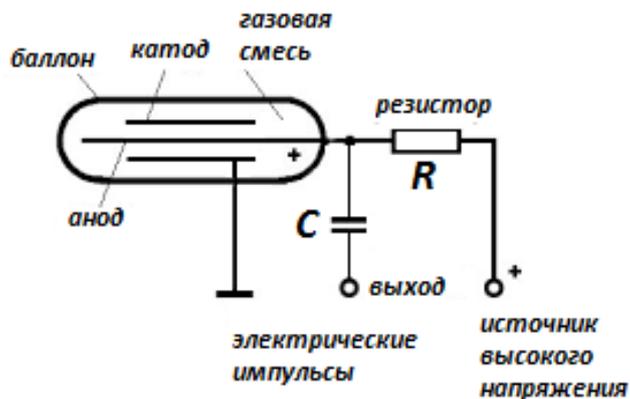


Рис. Устройство счётчика Гейгера

Работа счётчика основана на ударной ионизации. Гамма-кванты, испускаемые радиоактивным изотопом, попадая на стенки счётчика, выбивают из него электроны. Электроны, двигаясь в газе и сталкиваясь с атомами газа, выбивают из атомов электроны и создают положительные ионы и свободные электроны. Электрическое поле между катодом и анодом ускоряет электроны до энергий, при которых начинается ударная ионизация. Возникает лавина ионов, приводящая к размножению первичных носителей. При достаточно большой напряжённости поля энергии этих ионов становится достаточной, чтобы породить вторичные лавины, способные поддерживать самостоятельный разряд, в результате чего ток через счётчик резко возрастает.

В счётчике Гейгера последовательно с газовым промежутком и источником тока включают резистор с которого на регистрирующее устройство снимается в момент попадания частицы импульс напряжения. Какое значение номинала (высокое, низкое или не принципиально какое) должно быть у этого резистора?

Решение:

Пока ток через газовый промежуток не идёт, разность потенциалов между анодом и катодом счётчика не зависит от номинала резистора и равна э.д.с. батареи. При попадании в счётчик регистрируемой частицы за счёт ударной ионизации возникает лавина ионов, через резистор проходит импульс тока. При **большом** номинале резистора имеет место большое падение напряжения на нём. Разность потенциалов между анодом и катодом, равная разности э.д.с. и падения напряжения на резисторе, уменьшается, разряд гаснет. После этого прибор готов к регистрации новой частицы.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРОЕКТОВ ШКОЛЬНИКОВ

Задание включает две части: расчетно-качественную и проектную.

Общая максимальная сумма – 100 баллов.

1. Расчетно-качественная часть.

1.1. Расчетно-качественная часть включает две задачи, которые далее могут быть связаны со второй частью – проектной и, таким образом, войти в эту вторую часть.

1.2. Максимальная оценка расчетно-качественной части – 50 баллов.

1.3. Если задача полностью решена с получением правильных ответов, то оценивается 25 баллами.

1.3. Если задача в основном решена, то есть: все основные зависимости, связанные с сутью задачи получены, но часть несущественных для данной задачи зависимостей не получена и правильного результата нет, то задача оценивается 20 баллами.

1.4. Если имеются расчетная схема, начальные (канонические) уравнения для решения задачи, рассуждения направленные на решение задачи, но они не преобразованы для получения итоговых зависимостей и задача не имеет окончательного результата, то задача оценивается 10 баллами.

2. Проектная часть.

2.1. Проектная часть должна включать одно наилучшее конструкторско-технологическое предложение по решению поставленной задачи, если решения расчетной части применимы в данной второй части, то их нужно применить, если нет, то дать свои решения.

2.2 Максимальная оценка проектной части 50 баллов.

2.3. Оценивание проектной части строится на экспертной оценке члена жюри с учетом следующих положений.

2.3.1. Оценка проектной части производится по следующим пяти критериям:

– Полнота исследования проблемы: обзор и анализ ближайших прототипов. Максимальная оценка 10 баллов, т.е. максимум можно получить 10 баллов.

– Оригинальность идеи, положенной в основу предлагаемого решения. Максимум 15 баллов.

– Логика изложения: описание того, как получена идея; описание решений по ее воплощению; конструкторско-технологическая и, возможно, экономическая проработка. Максимум 15 баллов.

– Возможность практического осуществления предложенных решений. Максимум 10 баллов.

Требования к оформлению проектов при решении задач олимпиады.

Решение оформляется в виде пояснительной записки на листах формата А4, в которой должны быть следующие обязательные элементы и разделы (выделено жирным шрифтом; если участник не может написать содержание раздела, то заголовок раздела нужно привести, но под заголовком указать: «Реализация раздела не представляется возможной»):

Титульный лист с идентификацией участника.

Решение двух задач. Каждая задача должна начинаться с заголовка «Задача № ____».

Решение проектной задачи должно включать следующие разделы.

Введение (указывается область задачи, ее актуальность и общие схемы известных решений).

1. Анализ текущего состояния дел в области поставленной задачи. Должны быть перечислены наиболее близкие известные решения, дан перечень их достоинств и недостатков.

2. Цели и задачи исследования. На основе проведенного анализа уточняется: с какой целью проводится выполнение проекта; далее перечисляются частные задачи, которые необходимо решить для достижения указанной цели.

3. Поиск и формулирование идеи, которая будет положена в основу решения поставленной в условии задачи. Показать путь, который необходимо было пройти, чтобы прийти к оригинальной идее. Рекомендуется использовать методику ТРИЗ.

4. Развитие идеи в конкретных конструкторско-технологических решениях. Дать проработку воплощения идеи в конкретных устройствах или процессах, дать необходимые расчетные схемы, эскизы, другие иллюстрации с их названиями.

5. Технические, экономические, экологические расчеты. Привести необходимые расчетные схемы и расчеты показывающие работоспособность конструкции или ее частей, реализуемость процессов. По возможности, показать, почему предлагаемое решение окажется экономически выгодным, при необходимости, дать экологическую оценку решения. Допускается использование расчетов, аналогичных приведенным выше в расчетной части задания.

Выводы.

Дать общую оценку полученного решения, достижения поставленной цели, новизну, практическую полезность решения. Учащиеся должны оформить записку проекта черной авторучкой (ярко для возможности последующего сканирования). Почерк должен быть разборчивым или текст следует написать чертежным шрифтом. Нумерация страниц внизу посередине обязательна.



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Ядерная энергетика и технологии»

11 класс

Заключительный этап

2018-2019

Задания, ответы и критерии оценивания

1. (25 баллов) В природе существуют два изотопа урана – ^{235}U и ^{238}U (два вида атомов урана, отличающихся массой). В атомной энергетике используется топливо, в котором содержится значительно большее количество ^{235}U , чем в природной урановой руде. Поэтому природный уран необходимо обогащать по ^{235}U . Идея диффузионного обогащения урана заключается в том, что газообразное соединение – UF_6 (шестифтористый уран) – пропускают через трубку, стенки которой содержат микроскопические поры. Оказывается, что газ, прошедший через поры, содержит больше молекул с ^{235}U , чем исходный. Почему? Оцените, во сколько раз изменится отношение числа изотопов ^{235}U к числу изотопов ^{238}U в смеси после однократного прохождения через пористую стенку.

Решение:

Поры в мембране не обладают селективностью, а пропускают все молекулы, которые в них попали. В смеси молекул любых газов каждая компонента обладает одинаковой средней кинетической энергией (одинаковой температурой). Но поскольку масса молекул UF_6 , содержащих ^{235}U меньше, они в среднем имеют большие скорости, чем молекулы содержащие ^{238}U , причем в

$$\frac{v_5}{v_8} = \sqrt{\frac{m_8}{m_5}} = 1,0064 \text{ раза.}$$

где v_5 и v_8 - средние скорости молекул ^{235}U и ^{238}U соответственно. А поскольку число ударов ΔN молекул с площадкой ΔS за время Δt можно оценить как

$$\Delta N \approx nv\Delta t\Delta S$$

где v - средняя скорость молекул, n - концентрация, то количество пролетевших сквозь пору молекул, содержащих ^{235}U больше количества молекул, содержащих ^{238}U . Поэтому концентрации ^{235}U и ^{238}U урана после прохождения пор n'_5 и n'_8 будут относиться как

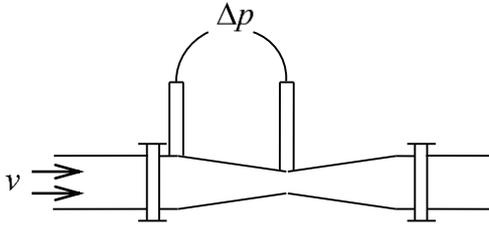
$$\frac{n'_5}{n'_8} = \frac{n_5 v_5}{n_8 v_8} = \frac{n_5}{n_8} \sqrt{\frac{m_8}{m_5}} = 1,0064 \frac{n_5}{n_8}$$

Следовательно, после однократного прохождения пористой перегородки отношение числа молекул шестифтористого урана, содержащих ^{235}U , к числу молекул, содержащих ^{238}U , увеличивается в 1,0064 раза.

Критерии оценки:

1. Если школьник правильно сформулировал идею и больше ничего не сделал - 25 % от полной оценки.
2. Если школьник понимает, что и как нужно делать (считать отношение числа ударов молекул, содержащих ^{235}U и ^{238}U уран), но допущены серьезные ошибки - 50 % от полной оценки.
3. Если в принципе все делается правильно, но есть недочеты – 75 % от полной оценки.
4. Если все верно – максимальная оценка.

2. (25 баллов) Для определения скорости теплоносителя (воды) в системе теплоотвода атомного реактора часто используется трубка переменного сечения (трубка Вентури; см. рисунок), в которой измеряется разность давлений воды в малом и большом сечении. В каком из сечений трубки – большом или малом – давление воды больше и почему? Найти скорость воды, если разность показаний манометров в большом и малом сечениях трубки равна Δp , а радиус большого сечения вдвое больше радиуса малого.



Трубка Вентури

Решение:

По закону Бернулли имеем для большого и малого сечений

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} \quad (*)$$

где p_1 и p_2 - давления, v_1 и v_2 - скорости воды в большом и малом сечениях. Из условия несжимаемости воды (условие непрерывности потока) для рассматриваемых сечений получаем

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 \quad (**)$$

где S_1 и S_2 - площади указанных сечений. Поскольку $S_1 > S_2$, из (**) следует, что $v_1 < v_2$, а из (*), что $p_1 < p_2$. Выражая из (**) скорость v_2 и подставляя в (*), получим

$$v_1 = \sqrt{\frac{2\Delta p S_2^2}{\rho(S_1^2 - S_2^2)}} \quad (***)$$

Для $S_1 = 2S_2$ получаем из (***)

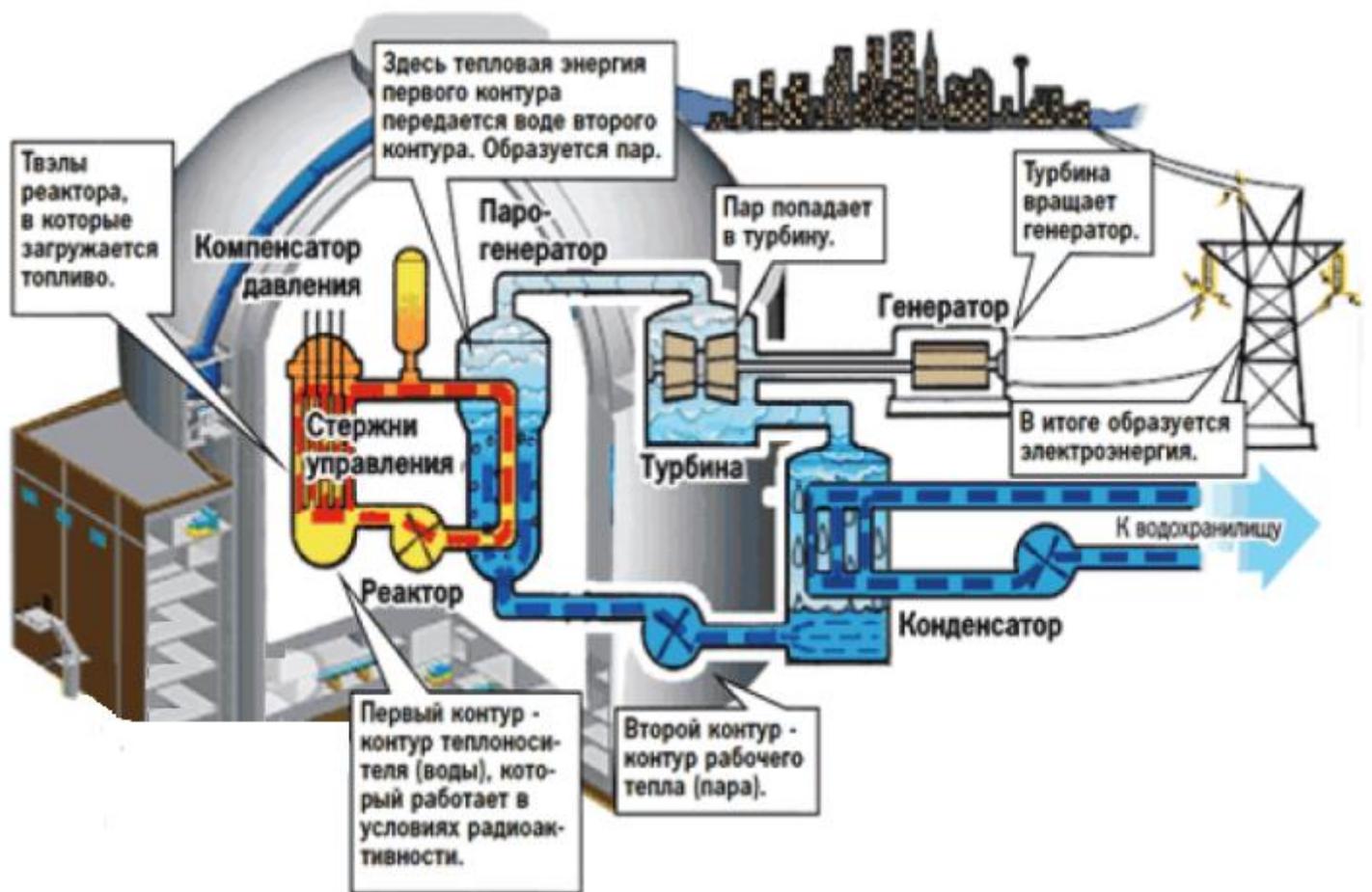
$$v_1 = \sqrt{\frac{2\Delta p}{3\rho}}$$

Критерии оценки:

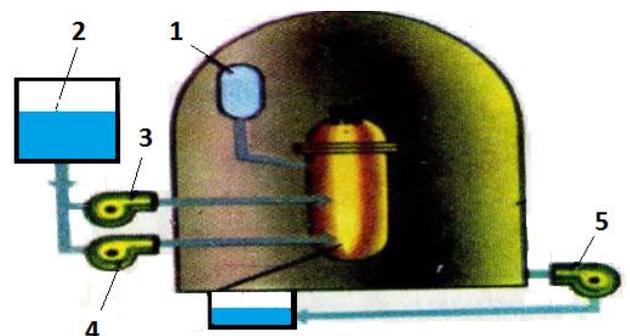
1. Если использована одна из следующих формул – закон Бернулли или условие непрерывности, но больше ничего не сделано - 25 % от полной оценки.
2. Если понимает, что и как нужно делать, но допущены серьезные ошибки - 50 % от полной оценки.
3. Если в принципе все делается правильно, но есть недочеты – 75 % от полной оценки.
4. Если все верно – максимальная оценка.

3. (50 баллов) Авария на АЭС «Три-Майл-Айленд» – крупнейшая авария в истории коммерческой атомной энергетики США, произошедшая 28 марта 1979 года на втором энергоблоке станции. Рассмотрите хронологию аварии, реакцию на нее персонала станции и укажите ошибки в их действиях, а также недостатки в конструкции реактора.

В рабочем режиме тепло, выделяющееся в топливных элементах реактора, нагревает поступающую в реактор под действием насосов воду первого контура охлаждения. Эта вода нагревает в парогенераторе воду второго контура охлаждения, превращая ее в пар. Пар вращает турбины генератора, который вырабатывает электроэнергию.



При аварии насосов первого и второго контуров охлаждения предусмотрена система аварийного охлаждения реактора, которая должна предотвратить его перегрев с расплавлением активной зоны реактора. Принципиальная схема системы аварийного охлаждения реактора содержит пассивную и активную части. Пассивная часть – аварийные емкости (2 на рисунке), вода из которых может подаваться в реактор под действием силы тяжести. Активная часть – система насосов высокого давления (3,4,5), работающих от резервных источников питания и подающих воду в реактор.



Хронология аварии и реакция на нее персонала АЭС была следующей.

1. Отказ насосов второго контура охлаждения. Вода второго контура перестала поступать в парогенератор. Автоматически включилась аварийная система подачи воды в парогенератор, но вода в парогенератор не поступала, поскольку задвижки насосов были закрыты после планового ремонта.

2. Стало расти давление воды в первом контуре, поскольку прекратился отток тепла от него. Автоматически сработала система компенсации давления, сбрасывающая пар из первого контура в специальную емкость (барботер). Автоматически сработала (через 9 секунд после исходного события) система аварийной остановки реактора.
3. Рост температуры прекратился, давление в первом контуре начало падать, но утечка (воды из первого контура) продолжилась, поскольку клапан системы компенсации давления не закрылся (неисправен). При этом индикаторы на пульте управления показывали, что клапан закрыт.
4. При падении давления в первом контуре ниже 12 МПа (при нормальном давлении 16 МПа) сработала активная система охлаждения активной зоны насосами высокого давления. Из трех имеющихся насосов операторы оставили работающим один, поскольку уровнемер в компенсаторе объема показывал, что вода поступает в реактор в большем, чем нужно количестве. В действительности продолжалась утечка воды из реактора (уровнемер неисправен).
5. Падение давления привело к вскипанию теплоносителя в активной зоне, образованию в верхней части активной зоны парового пузыря. Пузырь начал расти, создал давление и понизил уровень теплоносителя в активной зоне, оголив верхушки тепловыделяющих элементов.
6. Через 8 минут после начала аварии операторы обнаружили, что вода не поступает в парогенератор, задвижки аварийной системы насосов были открыты.
7. Через 14 минут после начала аварии пар из-за образования пара давление в компенсаторе давления превысило допустимый предел и пар начал поступать под гермооболочку реактора,
8. Через 38 минут после начала аварии обходчики доложили, что включились насосы откачивающие воду из-под гермооболочки реактора. Операторы отключили их.
9. Температура внутри гермооболочки стала расти. Стал расти также нейтронный поток в реакторе. Операторы приступили к экстренному вводу в реактор бора (поглотителя нейтронов), чтобы не допустить вывода реактора на рабочий режим.
10. Через 1 час 13 минут после начала аварии из-за большого количества пара в первом контуре стали вибрировать насосы первого контура. Операторы отключили 2 (из 4) главных насоса. Из-за наличия пара в реакторе прекратилась также естественная циркуляция теплоносителя.
11. Только через 2,5 часа после начала аварии операторы поняли причину – уход теплоносителя из первого контура из-за неисправности клапана системы сброса давления. Клапан был закрыт в первый контур стала поступать охлаждающая вода. За это время температура активной зоны реактора за счет остаточного тепловыделения достигла С, оболочки тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) были частично разрушены, с выделением большого количества водорода. Уровень радиоактивности в реакторе значительно вырос.
12. Только в этот момент операторы поняли масштаб аварии и попытались включить циркуляционные насосы для охлаждения реактора. Но в реакторе скопилось большое количество водорода, мешающего свободному протеканию теплоносителя. Насосы включить не удалось.
13. Было принято решение об увеличении давления в первом контуре и постепенном удалении водорода из реактора. Только через 15 часов после начала аварии удалось запустить один циркуляционный насос первого контура. А в состоянии «холодный останов» реактор был приведен только через месяц после аварии.
14. За время аварии ТВЭЛы частично расплавились, активная зона реактора была сильно повреждена, однако расплавленное топливо не прожгло корпус реактора, поэтому влияние аварии на окружающую территорию оказалось незначительным. Эвакуация населения не проводилась.

Нарушение работы каких узлов реактора оказало наиболее существенное влияние на развитие аварии? Какие из перечисленных действий операторов АЭС (по пунктам) были верными, а какие нет? Что нужно было изменить в действиях персонала? Конструкцию каких узлов реактора нужно доработать для устранения возможности подобных аварий?

Решение:

Причины аварии:

Ошибки эксплуатации:

Эксплуатация станции при закрытых клапанах автоматической подачи питательной воды

Отключение автоматической системы охлаждения автоматической защиты реактора

Напрасное отключение главных циркуляционных насосов (1-ый контур остался без циркуляции на протяжении 12 часов)

Отказ в работе оборудования:

Неправильные показания уровнемера

Отказ клапана компенсатора объема

Выход из строя одного из парогенераторов

Конструктивные недоработки:

Недостаточно надежная работа конденсаторно-питательного тракта АЭС

Нарушение теплоотвода в парогенераторе приводит к быстрому его осушению

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРОЕКТОВ ШКОЛЬНИКОВ

Задание включает две части: расчетную и проектную.

Общая максимальная сумма – 100 баллов.

1. Расчетная часть.

1.1. Расчетная часть включает состоит из двух задач.

1.2. Максимальная оценка расчетной задачи – 25 баллов.

1.3. Если задача полностью решена с получением правильных числовых ответов, то оценивается 25 баллами.

1.3. Если задача в основном решена, то есть: все основные расчетные зависимости, связанные с сутью задачи получены, но часть несущественных для данной задачи зависимостей не получена и правильного числового результата нет, то задача оценивается 20 баллами.

1.4. Если имеются расчетная схема, начальные (канонические) уравнения для решения задачи, но они не преобразованы для получения итоговых расчетных зависимостей и задача не имеет числового результата, то задача оценивается 10 баллами.

2. Проектная часть.

2.1. Проектная часть должна включать одно наилучшее конструкторско-технологическое предложение по решению поставленной задачи.

2.2 Максимальная оценка проектной части 50 баллов.

2.3. Оценивание проектной части строится на экспертной оценке члена жюри с учетом следующих положений.

2.3.1. Оценка проектной части производится по следующим пяти критериям:

– Полнота исследования проблемы: обзор и анализ ближайших прототипов. Максимальная оценка 10 баллов, т.е. максимум можно получить 10 баллов.

– Оригинальность идеи, положенной в основу предлагаемого решения. Максимум 20 баллов.

– Логика изложения: описание того, как получена идея; описание решений по ее воплощению; конструкторско-технологическая и, возможно, экономическая проработка. Максимум 20 баллов.

– Возможность практического осуществления предложенных решений. Максимум 10 баллов.

– Наличие, качество и достаточность схем и рисунков. Максимум 10 баллов.

Требования к оформлению проектов при решении задач олимпиады.

Решение оформляется в виде пояснительной записки на листах формата А4, в которой должны быть следующие обязательные элементы и разделы (выделено жирным шрифтом; если участник не может написать содержание раздела, то заголовок раздела нужно привести, но под заголовком указать: «Реализация раздела не представляется возможной»):

Титульный лист с идентификацией участника.

Решение расчетной задачи. Каждая задача должна начинаться с заголовка «Задача № ____».

Решение проектной задачи должно включать следующие разделы.

Введение (указывается область задачи, ее актуальность и общие схемы известных решений).

1. Анализ текущего состояния дел в области поставленной задачи. Должны быть перечислены наиболее близкие известные решения, дан перечень их достоинств и недостатков.
2. Цели и задачи исследования. На основе проведенного анализа уточняется: с какой целью проводится выполнение проекта; далее перечисляются частные задачи, которые необходимо решить для достижения указанной цели.
3. Поиск и формулирование идеи, которая будет положена в основу решения поставленной в условии задачи. Показать путь, который необходимо было пройти, чтобы прийти к оригинальной идее. Рекомендуется использовать методику ТРИЗ.
4. Развитие идеи в конкретных конструкторско-технологических решениях. Дать проработку воплощения идеи в конкретных устройствах или процессах, дать необходимые расчетные схемы, эскизы, другие иллюстрации с их названиями.
5. Технические, экономические, экологические расчеты. Привести необходимые расчетные схемы и расчеты показывающие работоспособность конструкции или ее частей, реализуемость процессов. По возможности, показать, почему предлагаемое решение окажется экономически выгодным, при необходимости, дать экологическую оценку решения. Допускается использование расчетов, аналогичных приведенным выше в расчетной части задания.

Выводы.

Дать общую оценку полученного решения, достижения поставленной цели, новизну, практическую полезность решения. Учащиеся должны оформить записку проекта черной авторучкой (ярко для возможности последующего сканирования). Почерк должен быть разборчивым или текст следует написать чертежным шрифтом. Нумерация страниц внизу посередине обязательна.

Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда»
Техника и технологии
2019

15.04.2019г.

ПРОТОКОЛ № 6
заседания жюри

11 класс

- считать победителями олимпиады и наградить дипломами 1 степени участников, набравших 100 – 95 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 2 степени участников, набравших 94 – 80 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 3 степени участников, набравших 79 – 70 баллов.

10 класс

- считать победителями олимпиады и наградить дипломами 1 степени участников, набравших 100 – 95 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 2 степени участников, набравших 94 – 80 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 3 степени участников, набравших 79 – 70 баллов.

9 класс

- считать победителями олимпиады и наградить дипломами 1 степени участников, набравших 100 – 95 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 2 степени участников, набравших 94 – 80 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 3 степени участников, набравших 79 – 65 баллов.

8 класс

- считать победителями олимпиады и наградить дипломами 1 степени участников, набравших 100 – 95 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 2 степени участников, набравших 94 – 80 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 3 степени участников, набравших 79 – 60 баллов.

7 класс

- считать победителями олимпиады и наградить дипломами 1 степени участников, набравших 100 – 90 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 2 степени участников, набравших 89 – 70 баллов;
- считать призерами олимпиады и наградить дипломами 3 степени участников, набравших 69 – 50 баллов.