

**ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЭКЗАМЕН.
ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ЧАСТЬ**
для инженерных классов (11 класс)
СИТУАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

I. Конструкторское направление

Задача:

Акустический буй, сбрасываемый с самолета, состоит из двух частей – блока приборов объемом 1 л, массой 2 кг и гермокапсулы с воздухом объемом 2 л и массой 0,1 кг. Форма буя обеспечивает отсутствие сопротивления при движении в воде. По достижении давления 2 атм капсула разрушается и выпускает воздух. Буй сбрасывают с высоты 20 м без начальной скорости.

Вопросы:

- 1) Найти скорость в момент входа в воду и начальное ускорение в воде.
- 2) Какова высота сброса, выше которой буй в итоге утонет, а ниже которой – всплывет?

Решение:

1) Скорость снаряда при входе в воду определяется начальной высотой свободного падения. Проще всего посчитать через перевод потенциальной энергии в кинетическую

$$mgH = \frac{mv^2}{2},$$

откуда

$$v = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 20} = 19,8 \text{ м/с.}$$

Ускорение в воде определяется массой снаряда и действующими на него силами — тяжести и Архимеда.

$$a = \frac{-F_T + F_A}{m} = \frac{-mg + \rho_{H_2O}Vg}{m} = \frac{-2,1 \cdot 9,8 + 1000 \cdot 0,003 \cdot 9,8}{2,1} = 4,2 \text{ м/с}^2.$$

Поскольку параметры плавучести не меняются, движение в воде будет равнозамедленным. При этом буй достигнет глубины

$$h = \frac{v^2}{2a} = \frac{gH}{a} = 46,67 \text{ м.}$$

Гермокапсула выдерживает давление 2 атм (то есть избыточное давление 1 атм), что соответствует глубине погружения около 10 м. Значит капсула разрушится, плавучесть снаряда станет отрицательной и он опустится на дно.

2) Высота сброса определяется начальной скоростью снаряда. Если снаряд не достигнет глубины 10 м, капсула останется цела и снаряд всплывет. Подставив, $h = h_{max}$ в последнюю формулу, найдем из нее предельно допустимую высоту сброса:

$$H_{max} = \frac{ah_{max}}{2g} = 4,3 \text{ м.}$$

II. Исследовательское направление

Задача:

Исследователь оказался на неизвестной планете с линейкой и 10-метровым шестом с приспособлением, позволяющим установить его вертикально.

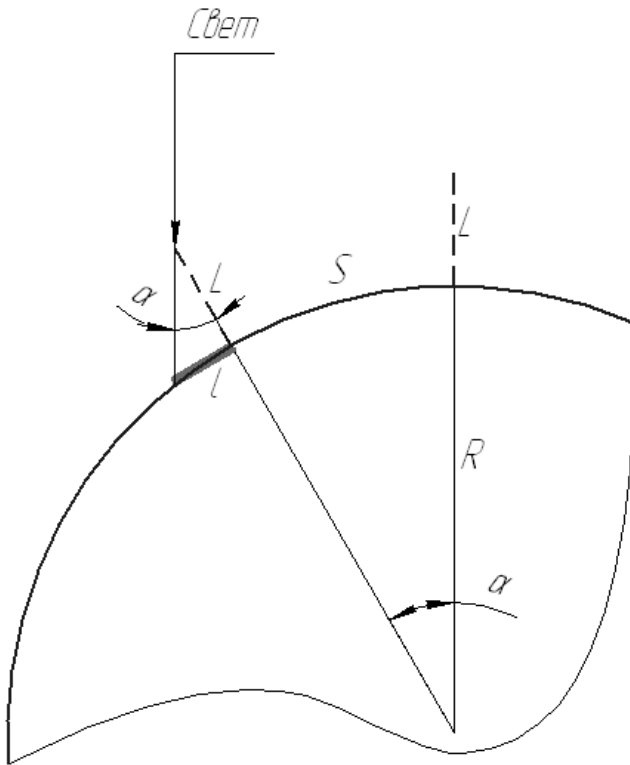
Исследователь нашел точку, в которой тень шеста отсутствует, а также определил направление движения местной звезды. Отойдя от базовой точки на 10, 20 и 50 км перпендикулярно направлению движения звезды по небу, он провел три измерения. Минимальная длина тени составила 41, 90 и 219 мм соответственно.

Вопросы:

- 1) Определить диаметр планеты.
- 2) Оцените точность определения диаметра планеты в первом измерении, если точность определения дистанции составляет $\pm 5\%$, а точность измерения длины тени $\pm 2\text{мм}$.

Решение:

- 1) Примем допущение о том, что звезда бесконечно далеко от планеты – тогда лучи света падают на планету с одной стороны параллельным пучком.



$$\alpha = \text{arctg}(l/L),$$

где L – 10-метровый шест, l – длина тени от него.

Длина пройденного по планете расстояния от экватора равна

$$S = \alpha R = \alpha D/2.$$

Отсюда

$$D = \frac{2S}{\text{arctg}(l/L)}.$$

Получим значения диаметра 4878, 4445 и 4567 км соответственно. Средняя величина – 4630км.

2) Реальная дистанция составляет 9500 — 10500 м. Реальная длина тени 39-43 мм.

Для получения максимального значения диаметра подставим в уравнение максимальную дистанцию и минимальную длину тени. Для минимального значения диаметра – наоборот.

Таким образом, диаметр составляет от 4418 — 5384 км.

Погрешность определения диаметра в первом измерении составляет

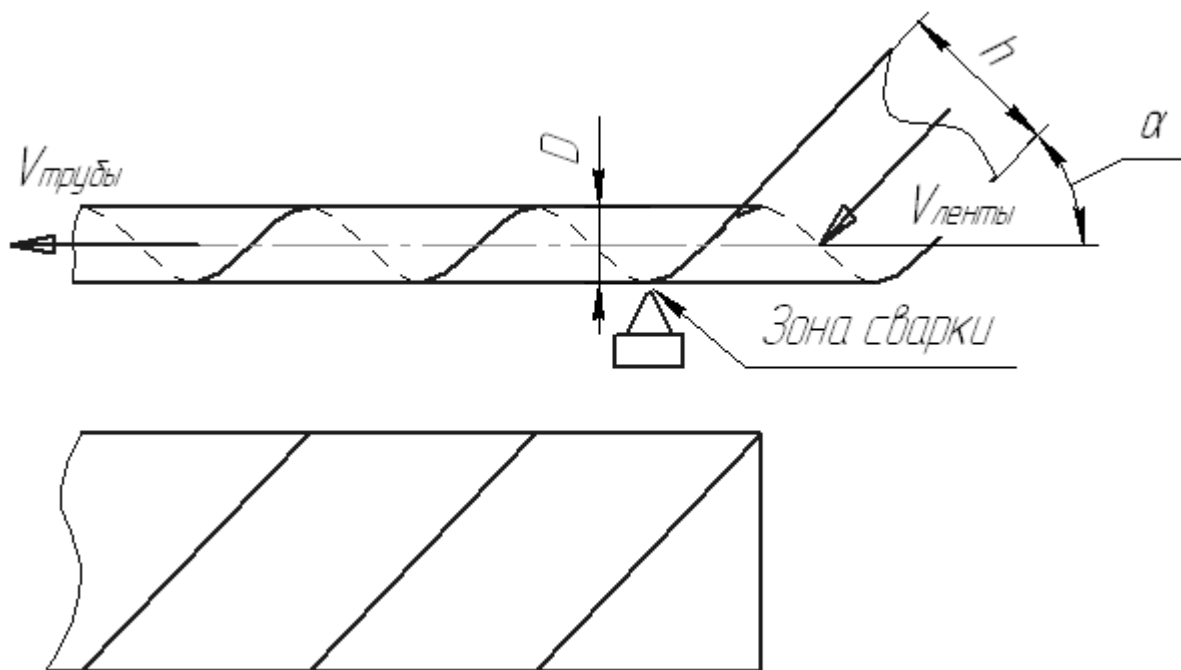
$$E_{min} = \frac{L_{min} - L}{L} = -9,43\%,$$

$$E_{max} = (L_{max} - L)/L = 10,37\%.$$

III. Технологическое направление

Задача:

Сварная труба изготавливается методом спиральной намотки стальной ленты на оправку. Оправка обеспечивает продольную подачу трубы и её вращение. Сварка обеспечивается стационарным аппаратом. Для сварки необходимо нагреть и расплавить на стыке ленты полосу металла шириной 2 мм.



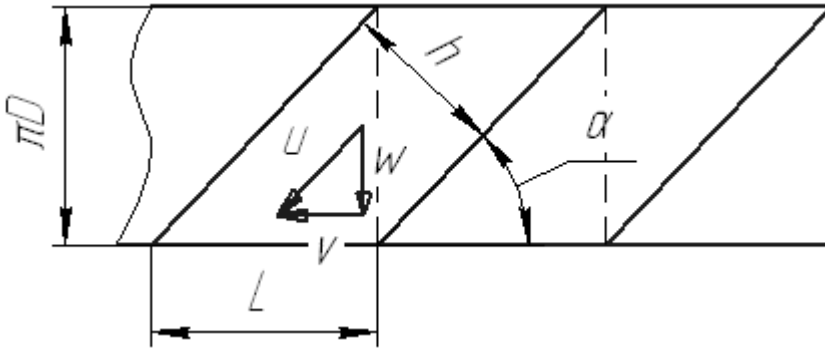
Диаметр трубы 1 м, ширина полосы 0,2 м, толщина металла 0,001 м, скорость выхода готовой трубы 0,1 м/с, теплоемкость стали 460 Дж/(кг · К), плотность стали 7900 кг/м³, теплота плавления стали 84 кДж/кг.

Вопросы:

- 1) Найти угол и скорость подачи ленты, а так же частоту вращения оправки.
- 2) Определить необходимую мощность сварочного аппарата.

Решение:

1) Лента подается на оправку таким образом, чтобы задняя кромка ленты после оборота вокруг оправки прикасалась к переднему краю нового участка ленты, подающегося на оправку. На схеме ниже представлена раскройка трубы.



Ширина продольной раскройки равна длине окружности с диаметром трубы. В этом случае угол намотки связан с шириной ленты и диаметром наматываемой трубы.

Вектор скорости подачи направлен под тем же углом, под которым подается лента. Эта скорость связана с линейной скоростью подачи трубы. Частота вращения определяется скоростью поперечного движения ленты w и диаметром трубы.

2) Мощность можно оценить исходя из скорости подачи стыка к аппарату и необходимой энергии для нагрева и расплавления узкой зоны металла вдоль стыка. Можно оценить энергию, необходимую для расплавления зоны сварки длиной, равной подаче шва за одну секунду. Поскольку мощность равна расходу энергии в единицу времени – полученное значение энергии численно равно мощности.

Формализация:

1) Из элементарной тригонометрии получаем искомый угол подачи ленты:

$$\alpha = \arccos \frac{h}{\pi D} = 71,44^\circ.$$

Треугольник скоростей так же связан через угол подачи (а именно – скорость продольной подачи трубы и скорость подачи ленты)

$$\cos \alpha = \frac{v}{u},$$

откуда

$$u = \frac{v}{\cos \alpha} = v \frac{\pi D}{h} = 0,1 \cdot \frac{\pi \cdot 0,2}{0,2} = 0,314 \text{ м/с}$$

А окружная скорость (скорость движения по окружности оправки):

$$w = v \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

так же эта скорость равна произведению радиуса трубы на угловую скорость оправки

$$w = \omega \frac{D}{2}$$

Отсюда найдем угловую скорость

$$\omega = \frac{2v \cdot \operatorname{tg} \alpha}{D},$$

а частота вращения равна

$$n = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{2v \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2\pi D} = \frac{0,1 \cdot \operatorname{tg}(71,44)}{\pi \cdot 0,2} = 0,474 \text{ об/с}$$

2) За 1с через сварку проходит участок шва длиной 0,314 м. Масса участка равна

$$m_{св} = l_1 \delta s \rho = 0,314 \cdot 0,001 \cdot 0,002 \cdot 7900 = 0,00496 \text{ кг.}$$

Затраты энергии составят:

$$E = m(C_p (T_{нл} - T_0) + r_{нл}) = 0,00496 \cdot (460 \cdot (1200 - 300) + 84000) = 2470 \text{ Дж.}$$

Эффективная мощность сварочного процесса:

$$N = \frac{E}{t} = 2470 \text{ Вт.}$$

IV. Направление Программирование

Задача:

Пушка Гаусса

Для работы пушки Гаусса требуется подключить конденсаторы. Из-за ограничений, заданных при разработке оружия, объем набора конденсаторов не должен превышать заданное значение. Зная параметры типовых конденсаторов, которые подключаются параллельно в одну схему, требуется определить несколько вариантов подключения конденсаторов к пушке Гаусса.

Заранее известно следующее.

- 1) ограничение по объему V составляет 1000 см³.
- 2) Всего существует не более пяти видов типовых конденсаторов. Объем каждого из них кратен 0.5 см³, а емкость равна целому числу условных единиц (примечание автора: поскольку мы не знаем, какими будут конденсаторы во времена, когда будут создавать пушку Гаусса, мы остереглись давать конкретные единицы измерения). Запас конденсаторов считать бесконечным.

Формат ввода

В первой строке на ввод подается целое число N – количество видов конденсаторов.

Далее в N строках задаются одно вещественное и два целых числа: vol, cap и cost – объем, емкость и цена конденсатора. Объем вводится с точностью до одного знака после запятой. (примечание автора: даже во времена, когда будут создавать пушку Гаусса, объем, цена и емкость конденсатора положительны.).

Далее на ввод подается целое число X – желаемый предел цены.

Вопросы:

- Задание 1. Найти цену набора конденсаторов, который, помещаясь в заданном объёме, обеспечит наибольшую ёмкость.
- Задание 2. Найти емкость наиболее дешевого набора конденсаторов, который целиком займёт заданный объем.

Решение:

```

program capacitors;
const
  V=2000; //так как объем кратен 0.5 кубика, то мы пишем, что у нас до
2000 раз по 0,5 кубика
  M=5; //максимум изделий
type tmatr= array [0..V,1..2] of integer; //емкость и цена
  tcapa= array [1..M,1..3] of integer;
    
```

```

procedure init(var matr:tmatr);
var i:integer;
begin
  matr[1,1]:=0;
  matr[1,2]:=0;
  for i:=1 to V do
    begin
      matr[i,1]:=-1;
      matr[i,2]:=0;
    end;
end;

function task_cost(capa:tcapa; n:integer):integer;
var i,j,max:integer;
    matr:tmatr;
begin
  init(matr);
  for i:=1 to V do
    begin
      for j:=1 to n do
        begin
          if (i-capa[j,1]>=0) and (matr[i-capa[j,1],1]<>-1) then
            begin
              if (matr[i,1]=0) or (matr[i,1]<matr[i-
capa[j,1],1]+capa[j,2]) then
                begin
                  matr[i,1]:=matr[i-capa[j,1],1]+capa[j,2];
                  matr[i,2]:=matr[i-capa[j,1],2]+capa[j,3];
                end;
            end;
          end;
        end;
      end;
    end;
  max:=0;
  for i:=1 to V do
    if matr[i,1]>matr[max,1] then
      max:=i;
  task_cost:=matr[max,2];
end;

function task_capacity(capa:tcapa; n:integer):integer;
var i,j:integer;
    matr:tmatr;
begin
  init(matr);
  for i:=1 to V do
    begin
      for j:=1 to n do
        begin
          if (i-capa[j,1]>=0) and (matr[i-capa[j,1],1]<>-1) then
            begin
              if (matr[i,1]=0) or (matr[i,2]>matr[i-
capa[j,1],2]+capa[j,3]) then

```

```
        begin
            matr[i,1]:=matr[i-capa[j,1],1]+capa[j,2];
            matr[i,2]:=matr[i-capa[j,1],2]+capa[j,3];
        end;
    end;
end;
end;
task_capacity:=matr[V,1];
end;

var capa:tcapa;
    n,i:integer;
    vol:real;
begin
    readln(n);
    for i:=1 to n do
        begin
            read(vol);
            capa[i,1]:=round(2*vol);
            read(capa[i,2]);
            readln(capa[i,3]);
        end;
    readln(x);
    writeln(task_cost(capa,n));
    writeln(task_capacity(capa,n));
end.
```