

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

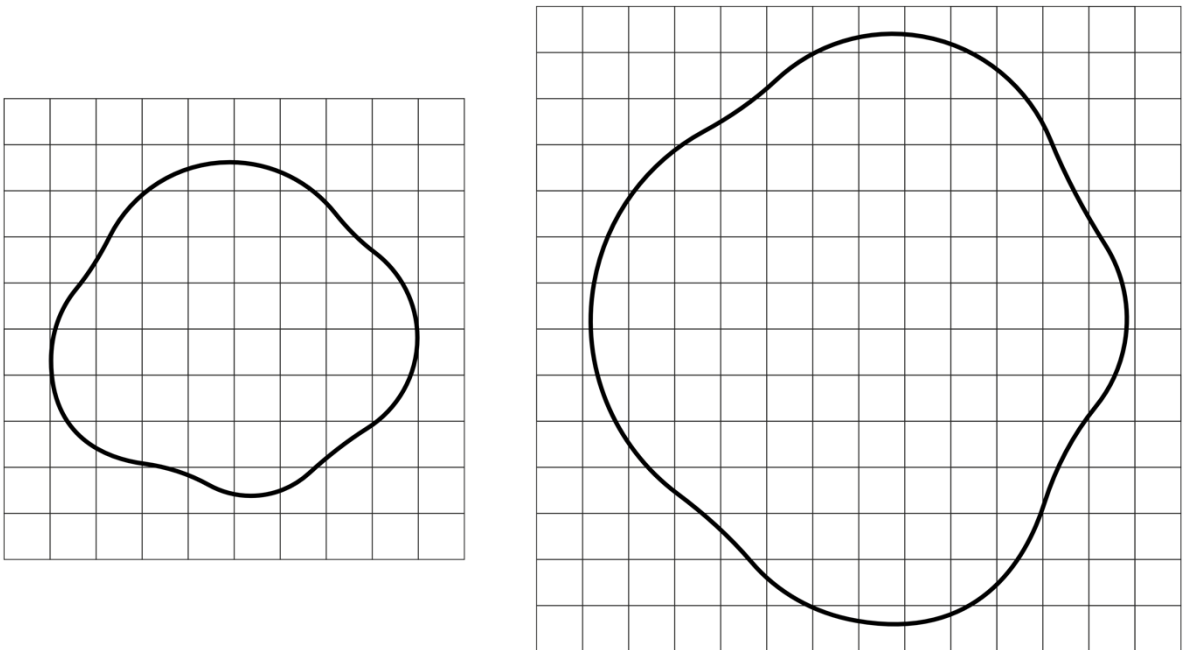
---

**8 класс**

**Вариант 1**

**Задача 1**

В результате разрыва трубопровода в море произошел разлив нефти, который привел к образованию тонкого пятна на поверхности воды. Измерения показали, что толщина слоя нефти в пятне равна 2 см. Кроме того, с помощью спутника была получена серия фотографий для оценки размеров нефтяного пятна (рисунок 1). Слева на рисунке показано изображение пятна, полученное в 12:00, а справа – в 16:00. Размер одной клетки на рисунке составляет 10 x 10 м. Плотность морской воды  $\rho_v = 1025 \text{ кг/м}^3$ , плотность нефти  $\rho_n = 900 \text{ кг/м}^3$ .



**Рисунок 1 – Серия фотографий нефтяного пятна**

Принимая во внимание результаты моделирования катастрофы, которые показали, что скорость вытекания нефти постоянна, определите:

- 1) площадь нефтяного пятна в моменты времени 12:00 и 16:00, ответ выразите в  $\text{м}^2$ ;
- 2) объем вытекшей нефти в моменты времени 12:00 и 16:00, ответ выразите в  $\text{м}^3$ ;
- 3) сколько литров нефти вытекает из пробоины за 1 секунду, ответ округлите до целых;
- 4) время, когда произошла авария (часы и минуты), ответ округлите с точностью до минуты;

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

---

5) нарисуйте блок-схему программы для нахождения площади нефтяного пятна в произвольный момент времени.

Входные данные:

$S_1$  – площадь пятна во время первого наблюдения;

$S_2$  – площадь пятна во время второго наблюдения;

$t_{12}$  – время прошедшее между первым и вторым наблюдениями;

$t$  – произвольное время (отсчитывается от момента второго наблюдения).

Выходные данные:

$S_t$  – площадь нефтяного пятна в момент времени  $t$ .

Решение:

1) Зная размеры одной клетки, можно оценить площадь нефтяного пятна по формуле  $S = \left(n_{\text{ц}} + \frac{n_{\text{н}}}{2}\right) \cdot S_1$ , где  $n_{\text{ц}}$  – количество целых клеток в пятне, а  $n_{\text{н}}$  – количество клеток, которые входят в пятно частично:

$$S_{12:00} = \left(26 + \frac{27}{2}\right) \cdot 100 = 3\,950 \text{ м}^2$$

$$S_{16:00} = \left(83 + \frac{47}{2}\right) \cdot 100 = 10\,650 \text{ м}^2$$

2) Объем вытекшей нефти  $V = Sh$ :

$$V_{12:00} = 3\,950 \cdot 0,02 = 79 \text{ м}^3$$

$$V_{16:00} = 10\,650 \cdot 0,02 = 213 \text{ м}^3$$

3) За 4 ч из трубопровода выливается  $(V_{16:00} - V_{12:00})$  нефти:

$$\mu = \frac{213 - 79}{4} = 33,5 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} = 9 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

4) Время начала аварии:

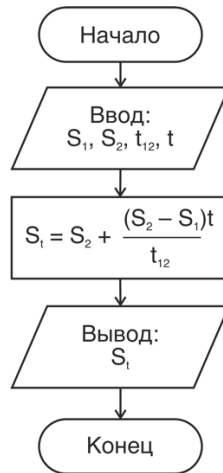
$$V_{12:00} - \mu t_0 = 0 \Rightarrow t_0 = \frac{V_{12:00}}{\mu} = \frac{79}{33,5} \cdot 60 = 141 \text{ мин} = 2 \text{ ч } 21 \text{ мин}$$

Следовательно, время начала аварии – 09:39.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

---

5) Примерный вариант блок-схемы программы:



**Критерии оценивания**

1. Определена площадь нефтяного пятна в моменты времени 12:00 и 16:00 – 20 баллов.
2. Определен объем вытекшей нефти в моменты времени 12:00 и 16:00 – 20 баллов.
3. Определена скорость вытекания нефти  $\mu$  – 20 баллов.
4. Определено время, когда произошла авария – 20 баллов.
5. Представлена полная блок-схема программы для нахождения площади нефтяного пятна в произвольный момент времени – 20 баллов.

*Примечание: с учетом погрешности при определении площади нефтяного пятна, будут приниматься ответы в диапазоне  $\pm 10\%$ .*

**Задача 2**

Россия – страна с переменчивым климатом. В разных регионах существуют как зоны, где температурные перепады практически отсутствуют, так и места, где зимой температура может опускаться до  $-40$  °С, а летом подниматься до  $+30$  °С. Однако в любой климатической зоне в строительстве существует практика утепления зданий: в теплом климате для защиты от жары и поддержания оптимальной влажности в помещении, в холодных – для сохранения тепла. Одной из основных характеристик современных утеплителей является коэффициент теплопроводности  $\lambda$  — это коэффициент, отражающий свойство вещества проводить тепловую энергию. Коэффициент

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

---

теплопроводности измеряется в Вт/(м\*К). Данная величина показывает, какое количество тепла проходит за 1 ч через материал толщиной 1 м с поперечным сечением 1 м<sup>2</sup> при разности температур в 1 градус на его границах. Чем больше его значение, тем лучше материал проводит тепло.

1) Исходя из размерности коэффициента теплопроводности, предложите формулу, описывающую процесс теплопередачи через перегородку. В данном задании предполагается, что происходит процесс передачи тепловой энергии через прямую бесконечную стенку из одного материала (не многослойная система).

Известно, что воздух обладает низкой теплопроводностью, поэтому современные уплотнители стараются делать пористыми, хотя обратной стороной пористости является конденсация влаги в полостях. Теплоперенос по водяному конденсату происходит лучше, чем по материалу уплотнителя, поэтому его важно учесть в ходе расчетов. В результате для утеплителей вводятся характерные коэффициенты теплопроводности для работы в различных условиях: условия эксплуатации А (сухой режим) и условия эксплуатации Б (нормальный режим). В таблице 1 приведены значения относительной влажности воздуха и соответствующие им влажностные режимы помещений.

**Таблица 1.**

Влажностный режим помещения	Относительная влажность внутреннего воздуха, %, при температуре, °С		
	до 12 °С	св. 12 до 24 °С	св. 24 °С
Сухой	до 60	до 50	до 40
Нормальный	св. 60 до 75	св. 50 до 60	св. 40 до 50
Влажный	св. 75	св. 60 до 75	св. 50 до 60
Мокрый	---	св. 75	св. 60

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР  
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

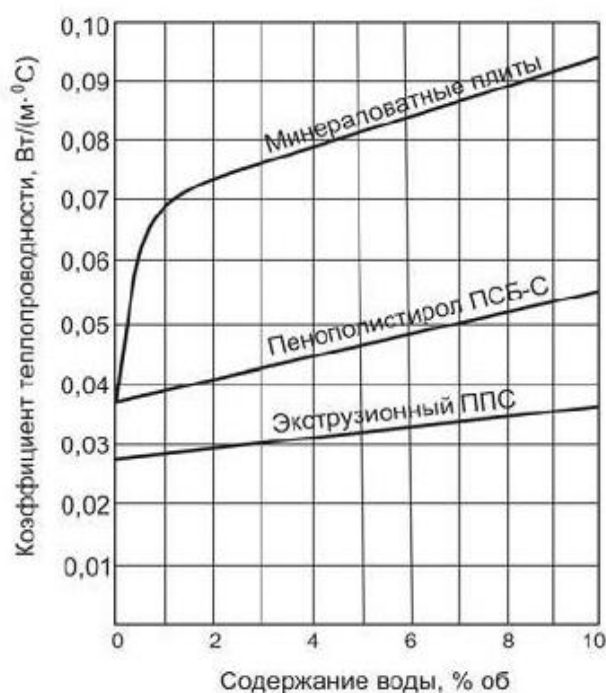
На рисунке 2 приведена карта, на которой отмечены характерные зоны влажности в зависимости от региона РФ. В таблице 2 приведён принцип определения коэффициента теплопроводности в зависимости от условий эксплуатации материалов.

**Таблица 2.**

Влажностный режим помещений зданий	Условия эксплуатации А и Б в зонах влажности (по приложению 2)		
	Сухой	Нормальной	Влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

2) Исходя из данных карты, а также значений в таблиц 1 и 2 определите какой коэффициент теплопроводности стоит выбрать для последующих расчётов строителю из Омска, а также характерную влажность в зимний период.

Из-за своих особенностей все утеплители требуют специальных условий упаковки и хранения в складских условиях. К сожалению, в магазинах и на складах подобные режимы не всегда соблюдаются, особенно при транспортировке и длительном хранении материалов. В связи с этим реальные характеристики материала могут отличаться от заявленных производителем и перед использованием потребуется специальная обработка (например, сушка). Если предположить, что при несоблюдении условий хранения минеральная вата накапливает в себе до 1%



**Рисунок 3 – Зависимость коэффициента теплопроводности от содержания воды**

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

---

воды в неделю, оцените величину коэффициента теплопроводности минеральной ваты в случае, если условия хранения были нарушены в течение 61 дня, исходя из графика, представленного на рисунке 3. Оцените, возможна ли эксплуатация подобного материала в условиях, рассчитанных вами в п. 1 и п. 2 задания.

**Решение:**

1) Определим формулу коэффициента теплопроводности исходя из его размерности. В размерности указана Вт/ (м\*К), однако в тексте упоминается «количество тепла», т.о. переводим Вт в Дж/с и получаем Дж/с\*м\*К.

В тексте определения указано, что «через материал толщиной 1 м и поперечным сечением 1 м<sup>2</sup>», однако в размерности коэффициента указан только метр. Это могло произойти, если бы величина площади и толщины материала сократились. Отсюда получаем формулу для коэффициента (подобранную относительно знаний уровня 8 класса)

$$\lambda = \frac{Q \cdot h}{\tau \cdot S \cdot \Delta T} \text{ или } Q = \lambda \cdot \Delta T \cdot S \cdot \tau,$$

Что является грубым приближением закона теплопроводности Фурье

2) Омск – 3 зона влажности (по карте), т.е. «сухая», таким образом в большинстве случаев (сухом/нормальном режиме) подходящие условия эксплуатации – А. Омск относится к зоне низких температур и характерная влажность в зимний период составляет ~60%.

3) 61 день это примерно 9 недель, т.о. накоплено около 9% воды. По графику определяем значение коэффициента равное 0,09 Вт/ (м\*К). Значение сильно больше нормального режима Б, т.о. эксплуатация материала не рекомендуется.

**Критерии оценивания**

1. Корректно найдена формула коэффициента теплопередачи исходя из размерности – 50 баллов.
2. Определены: - зона – 5 баллов; - режим эксплуатации – 10 баллов; - влажность – 10 баллов.
3. Определена величина коэффициента теплопроводности и сделан правильный вывод – 25 баллов.



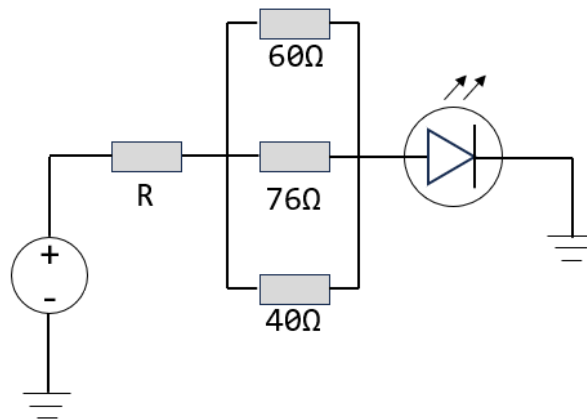


**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

---

**Задача 3**

На рисунке 4 показана схема включения светодиода.



**Рисунок 4 - Схема включения светодиода**

Известно, что напряжение на источнике составляет 5 В, известные номиналы резисторов приведены на рисунке, а оптимальный ток, на который рассчитан светодиод, составляет 25 мА. Определите значение сопротивления резистора  $R$ , которое обеспечит оптимальные условия работы светодиода. Известно, что значение резистора  $R$  должно быть кратно 10 (может быть равно, например, 20 или 150, но не может быть равно 24 или 151). Выберите ближайшее к целому.

**Решение:**

Посчитаем по формуле параллельного соединения резисторов общее сопротивление известных нам номиналов. Получим значение эквивалентного сопротивления  $R_0 = 18,24$  Ом. Далее, используя закон Ома, составим уравнение для определения величины неизвестного сопротивления.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{5}{R + R_0} \Rightarrow R = \frac{5}{0,025} - R_0 = 181,76 \text{ Ом} \approx 180 \text{ Ом}.$$



**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

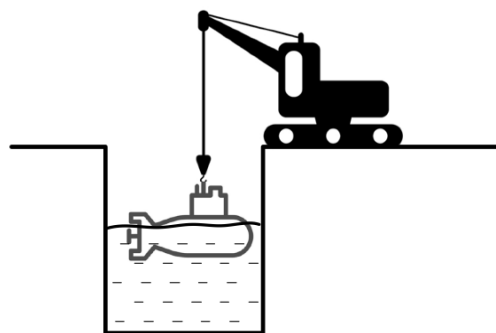
---

**Критерии оценивания**

Критерий оценивания	Балл
Найдена формула общего сопротивления цепи	20 баллов
Найдена величина общего сопротивления цепи	10 баллов
Имеется идея, что ток в цепи равен оптимальному значению	10 баллов
Правильно записан закон Ома для цепи	20 баллов
Найдено значение сопротивления	30 баллов
Значение сопротивления правильно округлено	10 баллов
<b>ИТОГО</b>	<b>100 баллов</b>

**Задача 4**

Батискаф во время испытаний при помощи крана стали постепенно погружать в прямоугольный бассейн, длина которого  $a = 7$  м, а ширина  $b = 5$  м (см. рисунок 5). В тот момент, когда натяжение троса составило  $F = 35$  кН, уровень воды в бассейне был на  $h = 75$  см ниже бортика. При дальнейшем погружении батискаф остался на плаву, а трос отцепили. Найти на каком расстоянии  $H$  находится поверхность воды от бортика, когда батискаф плавает в бассейне. Плотность воды  $\rho_v = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, ускорение свободного падения принять



**Рисунок 5 – Испытания батискафа**

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

---

равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

**Решение:**

Второй закон Ньютона в проекции на вертикальную ось дает:

$$\rho_{\text{в}} g V_1 = mg - F \Rightarrow V_1 = \frac{mg - F}{\rho_{\text{в}} g}$$

Поскольку батискаф плавает, то его сила тяжести равна по модулю силе Архимеда:

$$\rho_{\text{в}} g V_2 = mg \Rightarrow V_2 = \frac{mg}{\rho_{\text{в}} g}$$

Рассмотрим разницу получившихся объемов:

$$V_2 - V_1 = \frac{F}{\rho_{\text{в}} g} = ab(h - H)$$

$$H = h - \frac{F}{\rho_{\text{в}} g ab} = 0,75 - \frac{35000}{1000 \cdot 10 \cdot 7 \cdot 5} = 0,65 \text{ м}$$

**Критерии оценивания**

1. Верно составлены уравнения на второй закон Ньютона и условие плавания – 40 баллов.
2. Получена итоговая формула для  $H$  – 40 баллов.
3. Получен верный численный ответ – 20 баллов.

**Задача 5**

При выполнении проектной задачи по электронике используется измерительный комплекс «Уран», состоящий из последовательно соединённых элементов: источника постоянной ЭДС 2 В, датчика с сопротивлением  $R = 50$  Ом и нелинейного элемента, вольт-амперная характеристика которого может быть аппроксимирована (приближена) функцией  $I(U_{\text{нэ}}) = 0,01 \cdot U_{\text{нэ}}^2$ . Для корректного проведения измерений вам необходимо решить следующие задачи:

- 1) Рассчитайте ток в цепи и напряжение на элементах.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

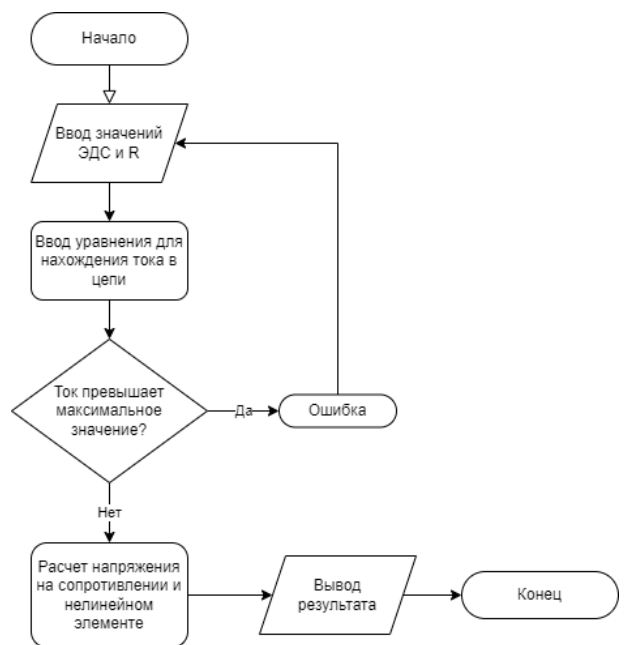
---

2) Напишите алгоритм, позволяющий реализовать программу расчёта тока и напряжения на элементах для произвольных входных параметров ЭДС и сопротивления датчика. Алгоритм представьте в виде блок-схемы, описывающей необходимые действия программы.

3) Напишите алгоритм, позволяющий реализовать программу для построения графика вольт-амперной характеристики нелинейного элемента для произвольных входных параметров ЭДС и сопротивления датчика. Алгоритм представьте в виде блок-схемы, описывающей необходимые действия программы.

**Решение:**

Так как  $E = U_{нэ} + IR$ , то напряжение на нелинейном элементе равно  $U_{нэ} = E - IR$ . Для нахождения тока  $I$  в цепи следует решить нелинейное алгебраическое уравнение:  $I = 0,01(E - IR)^2$ . Искомое значение тока лежит в интервале от 0 до  $E / R = 0,04$  А. В результате решения уравнения получаются следующие значения тока и напряжения:  $I = 15,3$  мА,  $U_R = 0,8$  В,  $U_{нэ} = 1,2$  В. Блок-схема программы расчёта значений может выглядеть следующим образом.

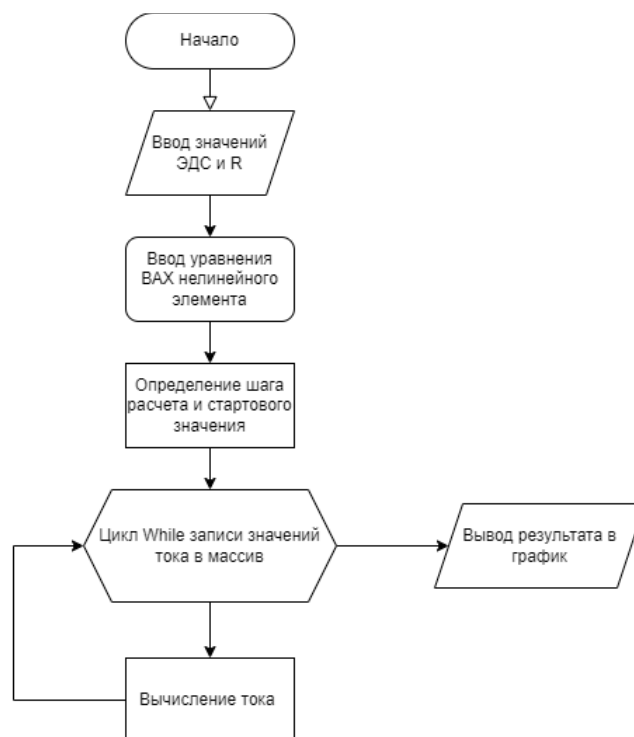


Для построения графика вольт-амперной

характеристики требуется создать массив данных тока для произвольных значений ЭДС и  $R$ , которые вводятся пользователем. Примерный алгоритм такой программы представлен на рисунке:

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

---



### Критерии оценивания

Критерий оценивания	Балл
Верно рассчитано значение тока в цепи	15 баллов
Верно рассчитаны значения напряжения на элементах	15 баллов (7,5 за каждое значение)
Приведён алгоритм расчёта тока и напряжения для произвольных входных параметров ЭДС и сопротивления датчика в виде текста или блок-схемы	10 баллов
Приведён алгоритм построения графика вольт-амперной характеристики нелинейного элемента в виде текста или блок-схемы	10 баллов
<b>ИТОГО</b>	<b>50 баллов</b>

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

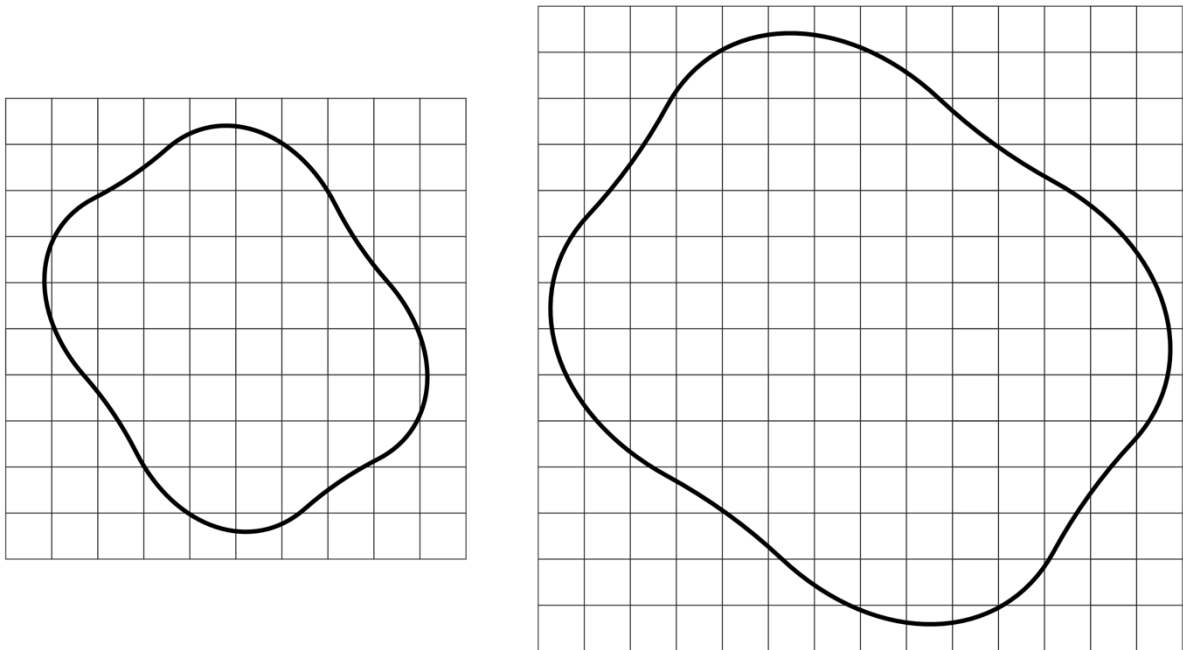
---

**8 класс**

**Вариант 2**

**Задача 1**

В результате разрыва трубопровода в море произошёл разлив нефти, который привёл к образованию тонкого пятна на поверхности воды. Измерения показали, что толщина слоя нефти в пятне равна 2 см. Кроме того, с помощью спутника была получена серия фотографий для оценки размеров нефтяного пятна (рисунок 1). Слева на рисунке показано изображение пятна, полученное в 15:00, а справа – в 18:00. Размер одной клетки на рисунке составляет 10 x 10 м. Плотность морской воды  $\rho_v = 1025 \text{ кг/м}^3$ , плотность нефти  $\rho_n = 900 \text{ кг/м}^3$ .



**Рисунок 1 – Серия фотографий нефтяного пятна**

Принимая во внимание результаты моделирования катастрофы, которые показали, что скорость вытекания нефти постоянна, определите:

- 1) площадь нефтяного пятна в моменты времени 15:00 и 18:00, ответ выразите в  $\text{м}^2$ ;
- 2) объем вытекшей нефти в моменты времени 15:00 и 18:00, ответ выразите в  $\text{м}^3$ ;
- 3) сколько литров нефти вытекает из пробоины за 1 секунду, ответ округлите до целых;
- 4) время, когда произошла авария (часы и минуты), ответ округлите с точностью до минуты;

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

---

5) нарисуйте блок-схему программы для нахождения площади нефтяного пятна в произвольный момент времени.

Входные данные:

$S_1$  – площадь пятна во время первого наблюдения;

$S_2$  – площадь пятна во время второго наблюдения;

$t_{12}$  – время прошедшее между первым и вторым наблюдениями;

$t$  – произвольное время (отсчитывается от момента второго наблюдения).

Выходные данные:

$S_t$  – площадь нефтяного пятна в момент времени  $t$ .

Решение:

1) Зная размеры одной клетки, можно оценить площадь нефтяного пятна по формуле  $S = \left(n_{\text{ц}} + \frac{n_{\text{н}}}{2}\right) \cdot S_1$ , где  $n_{\text{ц}}$  – количество целых клеток в пятне, а  $n_{\text{н}}$  – количество клеток, которые входят в пятно частично:

$$S_{15:00} = \left(32 + \frac{34}{2}\right) \cdot 100 = 4\,900 \text{ м}^2$$

$$S_{18:00} = \left(92 + \frac{46}{2}\right) \cdot 100 = 11\,500 \text{ м}^2$$

2) Объем вытекшей нефти  $V = Sh$ :

$$V_{15:00} = 4\,900 \cdot 0,02 = 98 \text{ м}^3$$

$$V_{18:00} = 11\,500 \cdot 0,02 = 230 \text{ м}^3$$

3) За 3 ч из трубопровода выливается  $(V_{18:00} - V_{15:00})$  нефти:

$$\mu = \frac{230 - 98}{3} = 44 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} = 12 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

4) Время начала аварии:

$$V_{15:00} - \mu t_0 = 0 \Rightarrow t_0 = \frac{V_{15:00}}{\mu} = \frac{98}{44} \cdot 60 = 134 \text{ мин} = 2 \text{ ч } 14 \text{ мин}$$

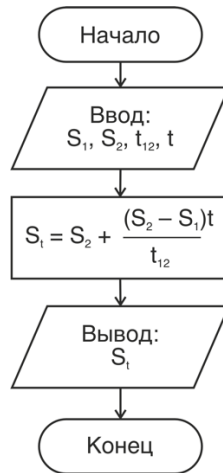
Следовательно, время начала аварии – 12:46.



**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

---

5) Примерный вариант блок-схемы программы:



**Критерии оценивания**

1. Определена площадь нефтяного пятна в моменты времени 15:00 и 18:00 – 20 баллов.
2. Определен объем вытекшей нефти в моменты времени 15:00 и 18:00 – 20 баллов.
3. Определена скорость вытекания нефти  $\mu$  – 20 баллов.
4. Определено время, когда произошла авария – 20 баллов.
5. Представлена полная блок-схема программы для нахождения площади нефтяного пятна в произвольный момент времени – 20 баллов.

*Примечание: с учетом погрешности при определении площади нефтяного пятна, будут приниматься ответы в диапазоне  $\pm 10\%$ .*

**Задача 2**

Россия – страна с переменчивым климатом. В разных регионах существуют как зоны, где температурные перепады практически отсутствуют, так и места, где зимой температура может опускаться до  $-40$  °С, а летом подниматься до  $+30$  °С. Однако в любой климатической зоне в строительстве существует практика утепления зданий: в теплом климате для защиты от жары и поддержания оптимальной влажности в помещении, в холодных – для сохранения тепла. Одной из основных характеристик современных утеплителей является коэффициент теплопроводности – это коэффициент, отражающий

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

---

свойство вещества проводить тепловую энергию. Чем больше значение коэффициента, тем лучше материал проводит тепло. Коэффициент теплопроводности обозначается  $\lambda$  и измеряется в Вт/(м\*К). Данная величина показывает, какое количество тепла проходит за 1 ч через материал толщиной 1 м и поперечным сечением 1 м<sup>2</sup> при разности температур в на его границах в 1 градус.

1) Исходя из размерности коэффициента теплопроводности, предложите формулу, описывающую процесс теплопередачи через перегородку. В данном задании предполагается, что происходит процесс передачи тепловой энергии через прямую бесконечную стенку из одного материала (не многослойная система).

Известно, что воздух обладает низкой теплопроводностью, поэтому современные уплотнители стараются делать пористыми, хотя обратной стороной пористости является конденсация влаги в полостях. Теплоперенос по водяному конденсату происходит лучше, чем по материалу уплотнителя, поэтому его важно учесть в ходе расчетов. В результате для утеплителей вводятся характерные коэффициенты теплопроводности для работы в различных условиях: условия эксплуатации А (сухой режим) и условия эксплуатации Б (нормальный режим). В таблице 1 приведены значения относительной влажности воздуха и соответствующие им влажностные режимы помещений.

**Таблица 1.**

Влажностный режим помещения	Относительная влажность внутреннего воздуха, %, при температуре, °С		
	до 12 °С	св. 12 до 24 °С	св. 24 °С
Сухой	до 60	до 50	до 40
Нормальный	св. 60 до 75	св. 50 до 60	св. 40 до 50
Влажный	св. 75	св. 60 до 75	св. 50 до 60
Мокрый	---	св. 75	св. 60

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

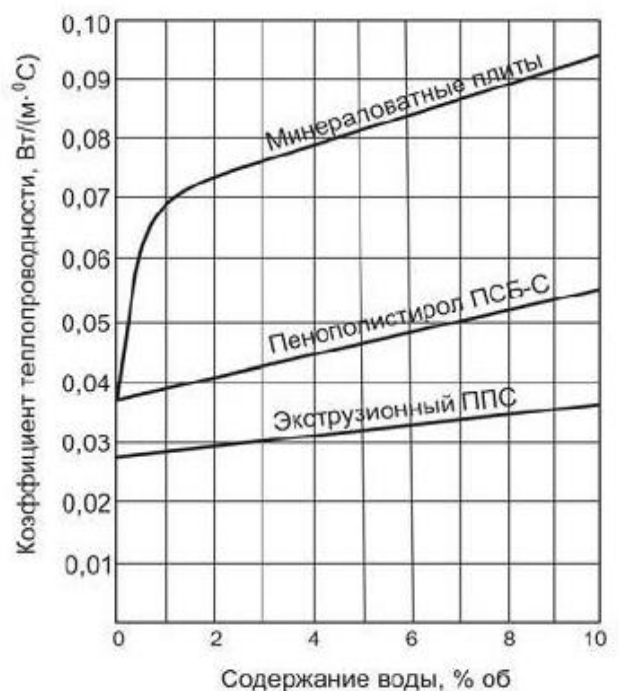
На рисунке 3 приведена карта, на которой отмечены характерные зоны влажности в зависимости от региона РФ. В таблице 2 приведён принцип определения коэффициента теплопроводности в зависимости от условий эксплуатации материалов.

**Таблица 2.**

Влажностный режим помещений зданий	Условия эксплуатации А и Б в зонах влажности (по приложению 2)		
	Сухой	Нормальной	Влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

2) Исходя из данных карты, а также значений в таблиц 1 и 2 определите какой коэффициент теплопроводности стоит выбрать для последующих расчётов строителю из Салехарда, а также характерную влажность в зимний период.

Из-за особенностей материалов, все утеплители требуют специальных условий упаковки и хранения в складских условиях. К сожалению, в магазинах и на складах не всегда подобные режимы соблюдаются, особенно при транспортировке и длительном хранении материалов. В связи с этим реальные характеристики материала могут отличаться от заявленных производителем и перед использованием потребуется специальная обработка (например, сушка). Если предположить, что при несоблюдении условий хранения пенополистирол накапливает в себе до 0,5%



**Рисунок 2 – Зависимость коэффициента теплопроводности от содержания воды**

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

---

воды в неделю, оцените величину коэффициента теплопроводности минеральной ваты в случае, если условия хранения были нарушены в течение 80 дней исходя из графика, представленного на рисунке 2. Оцените, возможна ли эксплуатация подобного материала в условиях, рассчитанных вами в п. 1 и п. 2 задания.

**Решение:**

1) Определим формулу коэффициента теплопроводности исходя из его размерности. В размерности указана Вт/ (м\*К), однако в тексте упоминается «количество тепла», т.о. переводим Вт в Дж/с и получаем Дж/с\*м\*К

В тексте определения указано, что «через материал толщиной 1 м и поперечным сечением 1 м<sup>2</sup>», однако в размерности коэффициента указан только метр. Это могло произойти, если бы величина площади и толщины материала сократились. Отсюда получаем формулу для коэффициента (подобранную относительно знаний уровня 8 класса)

$$\lambda = \frac{Q \cdot h}{\tau \cdot S \cdot \Delta T} \text{ или } Q = \lambda \cdot \Delta T \cdot S \cdot \tau$$

Что является грубым приближением закона теплопроводности Фурье

2) Салехард - 2 зона влажности (по карте), т.е. «нормальная», таким образом в большинстве случаев (сухом/нормальном режиме) подходящие условия эксплуатации - Б. Салехард относится к зоне низких температур и характерная влажность в зимний период составляет ~75%

3) 80 день это примерно 11 недель, т.о. накоплено около 5-6% воды. По графику определяем значение коэффициента равное 0,048 Вт/ (м\*К). В нормальном режиме для плотного ППС значение коэффициента остается подобным, т.о. эксплуатация рекомендуется.

**Критерии оценивания**

3. Корректно найдена формула коэффициента теплопередачи исходя из размерности – 50 баллов.
4. Определены: - зона – 5 баллов; - режим эксплуатации – 10 баллов; - влажность – 10 баллов.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

---

3. Определена величина коэффициента теплопроводности и сделан правильный вывод  
– 25 баллов.



МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР  
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ

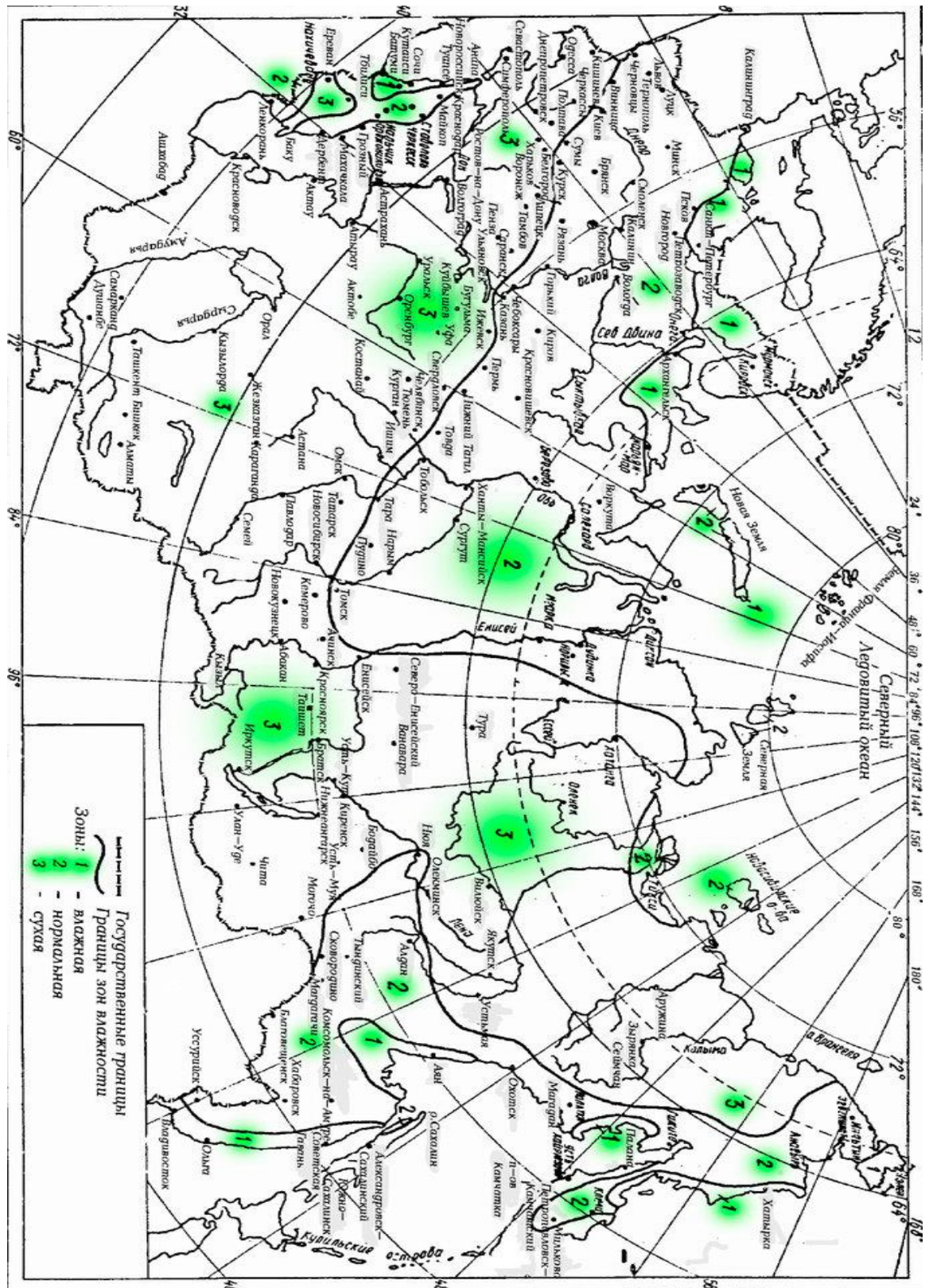


Рисунок 3 – Карта с отмеченными зонами влажности в зависимости от региона РФ

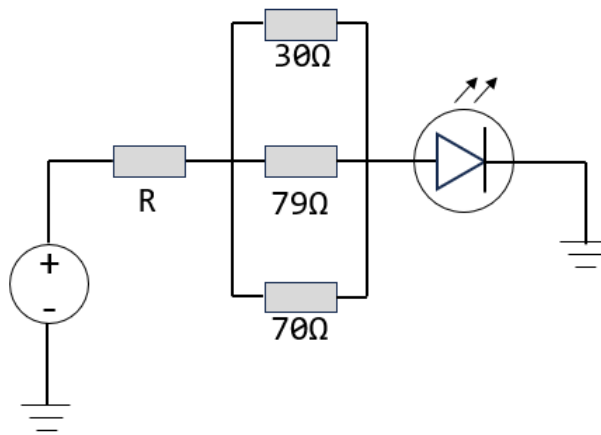


**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

---

**Задача 3**

На рисунке 4 показана схема включения светодиода.



**Рисунок 4 - Схема включения светодиода**

Известно, что напряжение на источнике составляет 5 В, известные номиналы резисторов приведены на рисунке, а оптимальный ток, на который рассчитан светодиод, составляет 20 мА. Определите значение сопротивления резистора  $R$ , которое обеспечит оптимальные условия работы светодиода. Известно, что значение резистора  $R$  должно быть кратно 5 (может быть равно, например, 30 или 115, но не может быть равно 32 или 113). Выберите ближайшее к целому.

**Решение:**

Посчитаем по формуле параллельного соединения резисторов общее сопротивление известных нам номиналов. Получим значение эквивалентного сопротивления  $R_0 = 16,59$  Ом. Далее, используя закон Ома, составим уравнение для определения величины неизвестного сопротивления.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{5}{R + R_0} \Rightarrow R = \frac{5}{0,02} - R_0 = 233,41 \text{ Ом} \approx 235 \text{ Ом}.$$

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

---

**Критерии оценивания**

Критерий оценивания	Балл
Найдена формула общего сопротивления цепи	20 баллов
Найдена величина общего сопротивления цепи	10 баллов
Имеется идея, что ток в цепи равен оптимальному значению	10 баллов
Правильно записан закон Ома для цепи	20 баллов
Найдено значение сопротивления	30 баллов
Значение сопротивления правильно округлено	10 баллов
<b>ИТОГО</b>	<b>100 баллов</b>

**Задача 4**

Во время испытаний батискафа, его при помощи крана стали постепенно погружать в прямоугольный бассейн, длина которого  $a = 8$  м, а ширина  $b = 6$  м (см. рисунок). В тот момент, когда натяжение троса составило  $F = 48$  кН, уровень воды в бассейне был на  $h = 70$  см ниже бортика. При дальнейшем погружении батискаф остался на плаву, а трос отцепили. Найти, на каком расстоянии  $H$  находится поверхность воды от бортика, когда батискаф плавает в бассейне. Плотность воды  $\rho_{\text{в}} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, ускорение свободного падения принять равным  $10$  м/с<sup>2</sup>.

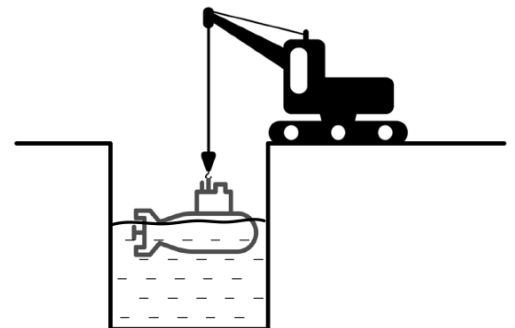


Рисунок 3 – испытание батискафа

**Решение:**

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

---

Второй закон Ньютона в проекции на вертикальную ось дает:

$$\rho_B g V_1 = mg - F \Rightarrow V_1 = \frac{mg - F}{\rho_B g}$$

Поскольку батискаф плавает, то его сила тяжести равна по модулю силе Архимеда:

$$\rho_B g V_2 = mg \Rightarrow V_2 = \frac{mg}{\rho_B g}$$

Рассмотрим разницу получившихся объемов:

$$V_2 - V_1 = \frac{F}{\rho_B g} = ab(h - H)$$

$$H = h - \frac{F}{\rho_B g ab} = 0,75 - \frac{35000}{1000 \cdot 10 \cdot 7 \cdot 5} = 0,65 \text{ м}$$

**Критерии оценивания:**

1. Верно составлены уравнения на второй закон Ньютона и условие плавания – 40 баллов.
2. Получена итоговая формула для  $H$  – 40 баллов.
3. Получен верный численный ответ – 20 баллов.

### **Задача 5**

При выполнении проектной задачи по электронике используется измерительный комплекс «Уран», состоящий из последовательно соединённых элементов: источника постоянной ЭДС 5 В, датчика с сопротивлением  $R = 70$  Ом и нелинейного элемента, вольт-амперная характеристика которого может быть аппроксимирована (приближена) функцией  $I(U_{\text{нэ}}) = 0,03 \cdot U_{\text{нэ}}^2$ . Для корректного проведения измерений вам необходимо решить следующие задачи:

- 1) Рассчитайте ток в цепи и напряжение на элементах.
- 2) Напишите алгоритм, позволяющий реализовать программу расчёта тока и напряжения на элементах для произвольных входных параметров ЭДС и сопротивления датчика.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

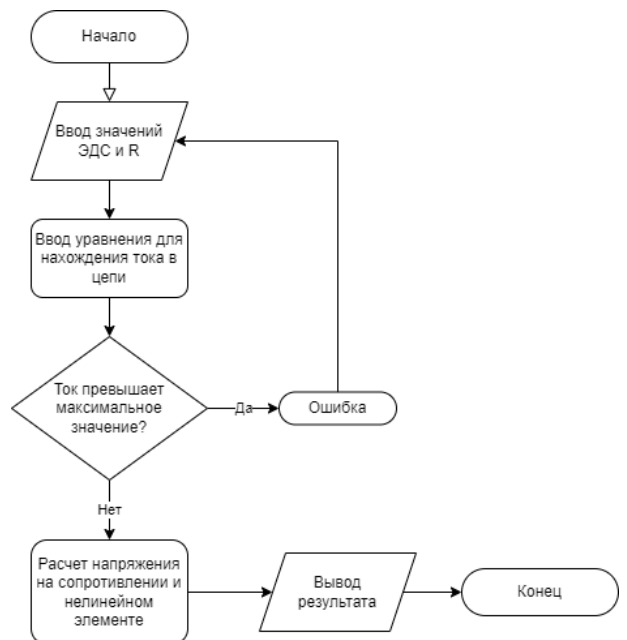
---

Алгоритм представьте в виде блок-схемы, описывающей необходимые действия программы.

3) Напишите алгоритм, позволяющий реализовать программу для построения графика вольт-амперной характеристики нелинейного элемента для произвольных входных параметров ЭДС и сопротивления датчика. Алгоритм представьте в виде блок-схемы, описывающей необходимые действия программы.

**Решение:**

Так как  $E = U_{нэ} + IR$ , то напряжение на нелинейном элементе равно  $U_{нэ} = E - IR$ . Для нахождения тока  $I$  в цепи следует решить нелинейное алгебраическое уравнение:  $I = 0,03(E - IR)^2$ . Искомое значение тока лежит в интервале от 0 до  $E / R = 5/70$  А. В результате решения уравнения получаются следующие значения тока и напряжения:  $I = 15,3$  мА,  $U_R = 0,8$  В,  $U_{нэ} = 1,2$  В. Блок-схема программы расчёта значений может выглядеть следующим образом.

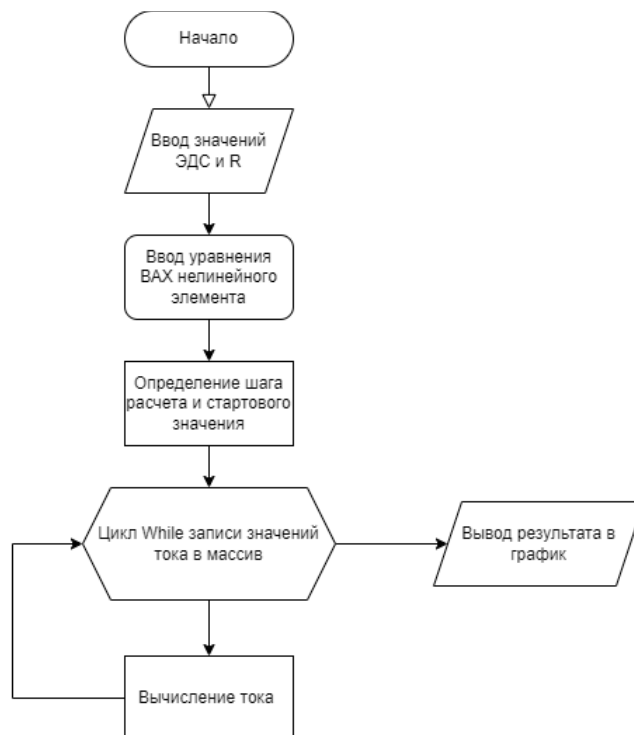


Для построения графика вольт-амперной

характеристики требуется создать массив данных тока для произвольных значений ЭДС и  $R$ , которые вводятся пользователем. Примерный алгоритм такой программы представлен на рисунке:

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР**  
**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ЗАДАЧИ**

---



**Критерии оценивания**

<b>Критерий оценивания</b>	<b>Балл</b>
Верно рассчитано значение тока в цепи	15 баллов
Верно рассчитаны значения напряжения на элементах	15 баллов (7,5 за каждое значение)
Приведён алгоритм расчёта тока и напряжения для произвольных входных параметров ЭДС и сопротивления датчика в виде текста или блок-схемы	10 баллов
Приведён алгоритм построения графика вольт-амперной характеристики нелинейного элемента в виде текста или блок-схемы	10 баллов
<b>ИТОГО</b>	<b>50 баллов</b>