

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ МНОГОПРОФИЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА «ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО»

Профиль «Ресурсосберегающие технологии»

Очный этап

Задания для 8-9 класса

1. Решить задачу (Максимум 5 баллов)

Планируется расширение сети 110 кВ – строительство новых подстанций 2, 3 и 4. Питание на них будет подаваться от главной подстанции, то есть центра питания (ЦП). Очень важно при этом правильно спроектировать сеть, любая ошибка ведет к росту потерь при передаче энергии, себестоимости сети, а также к перерывам электроснабжения потребителей.

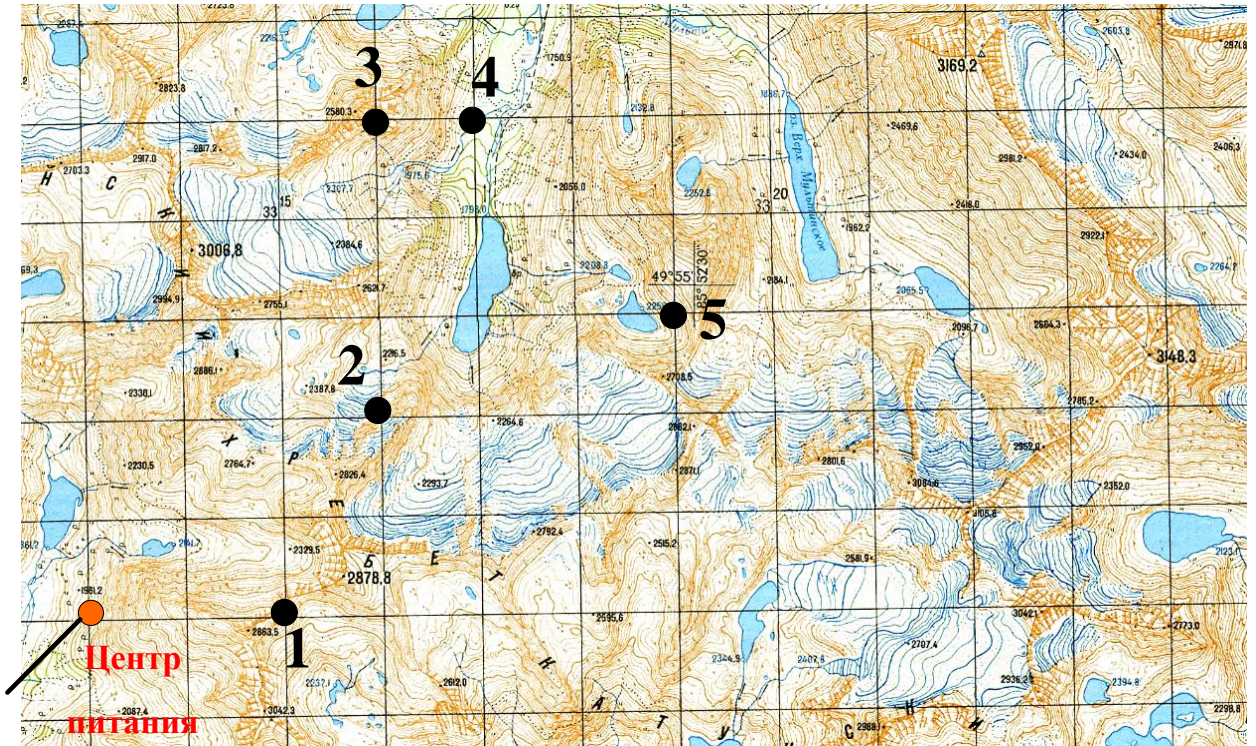
На карте указаны площадки, подходящие для строительства подстанций (ПС). Спроектируйте сеть, которая будет удовлетворять следующим требованиям:

1. Суммарная длина воздушных линий сети должна быть минимальна при условии выполнения п. 3;
2. Каждый потребитель должен получать питание по двум линиям (это обусловлено требованиями надежности электроснабжения потребителя);
3. Электрическое сопротивление между самой удаленной ПС и ЦП не должно превышать 12 о.е. в наихудшем режиме, так как в этом случае напряжение на ПС будет ниже критического.

Необходимо рассмотреть как минимум **три варианта**.

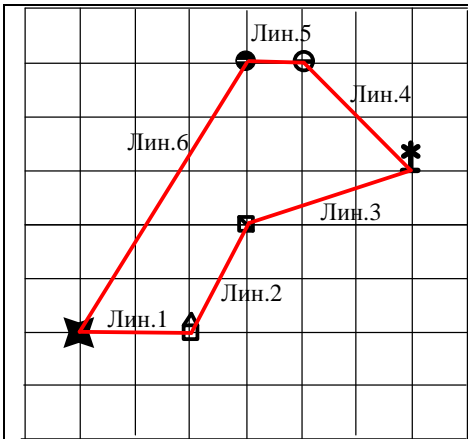
Указания.

- Наихудшим считаем режим, когда одна линия выведена в ремонт и отключена. Эту линию вы должны выбрать сами.
- Для упрощения расчетов считаем длину линий не в км, а в относительных единицах (о.е.). За единицу примите длину стороны квадрата.
- Расчет сопротивлений также делайте в о.е. За единицу сопротивления принимаем сопротивление участка линии, длина которого равна длине стороны квадрата. Например, если соединить ЦП с ПС1, то сопротивление между ними будет равно 2 о.е.
- Для выполнения условия 2 все ПС можно соединить в «кольцо» или прокладывать между ПС по две параллельные линии, также можно применять «смешанную» схему.



Решение

<p>Действие № 1</p> <p>Составим первый возможный вариант топологии сети, удовлетворяющий условиям.</p> <p>Длина линий</p> $2 + \sqrt{1^2 + 2^2} + \sqrt{1^2 + 3^2} + \sqrt{2^2 + 2^2} + 1 + \sqrt{5^2 + 3^2} = 17.06 \text{ ед.},$ <p>При отключении линии 1 ПС1 будет удалена от центра питания на</p> $\sqrt{5^2 + 3^2} + 1 + \sqrt{2^2 + 2^2} + \sqrt{1^2 + 3^2} + \sqrt{1^2 + 2^2} = 15.06 \text{ ед.}$ <p>что больше 12. Напряжение на подстанции 1 будет слишком низким. Вариант не подходит.</p>	<p>2 балла</p>
--	----------------

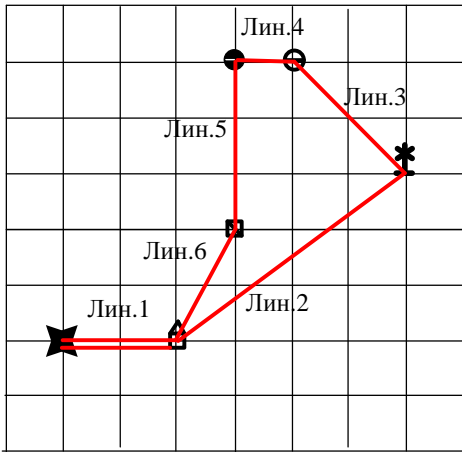


Действие № 2

Составим второй возможный вариант топологии сети, удовлетворяющий условиям.

Длина линий 18,04 ед., при отключении линии 6 ПС2 будет удалена от ЦП на 13,8 ед, что больше 12. Вариант не подходит.

3 балла



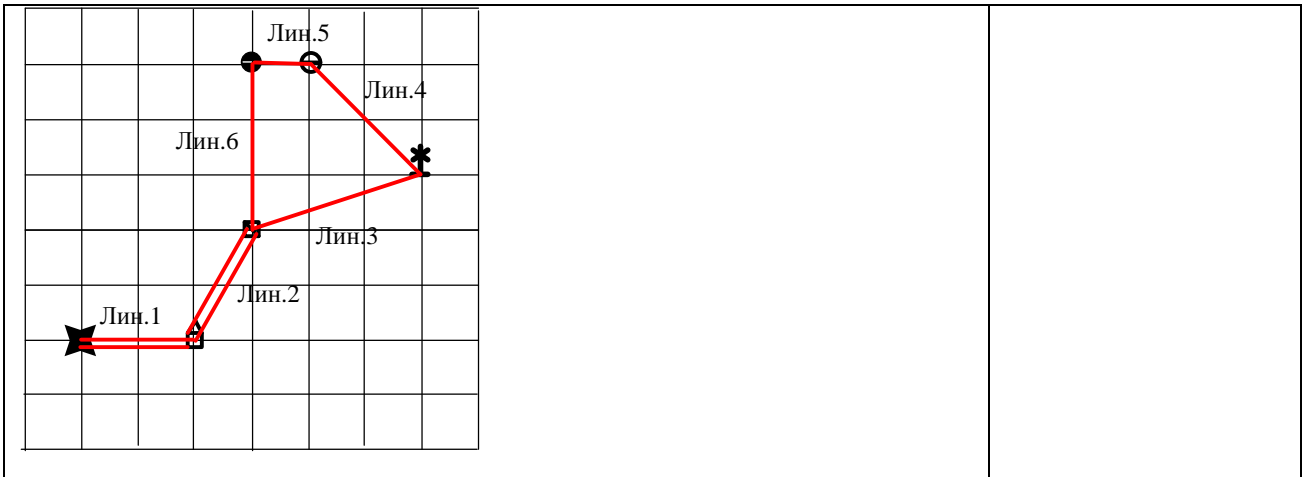
Действие № 3

Составим третий возможный вариант топологии сети, удовлетворяющий условиям.

Длина линий 18,5 ед.

При отключении линии 6 ПС3 будет удалена от ЦП на 10,2 ед, что меньше 12. Вариант удовлетворяет всем трем условиям. Протяженность линий превышает протяженность линий в вариантах 1 и 2 незначительно.

5 баллов



Примечание.
 Задача оценивается на 10 баллов, если есть различные варианты топологии сети, не менее трех, и проведена оценка на их соответствие заданным условиям.
 Варианты топологии сети могут отличаться от приведенных выше.

2. Решить задачу (Максимум 5 баллов)

Для условий, изложенных в предыдущей задаче 1, рассчитайте экономию средств за счет рационального выбора топологии сети.
 Рассчитайте стоимость сети для варианта, где суммарная длина линий максимальна, и для варианта, где она минимальна.
 Стоимость строительства линии длиной 1 о.е. (длина стороны одного квадрата топологической сетки) примите равным 100 единиц.

Решение

<p>Действие № 1 Рассчитаем стоимость сети варианта 1, где суммарная длина линий минимальна $17.06 \cdot 100 = 1706$ ед. Рассчитаем стоимость сети варианта 3, где суммарная длина линий максимальна $18.5 \cdot 100 = 1850$ ед.</p>	<p>2,5 балла</p>
<p>Действие № 2 Экономия средств составит $1850 - 1706 = 144$ ед.</p>	<p>5 баллов</p>
<p>Примечание В данной задаче нет однозначного ответа. Решение зависит от</p>	

<p>найденных решений в предыдущей задаче. Выше приведен возможный пример.</p> <p>Для упрощения, сравнение сетей производится только с точки зрения протяженности, без учета условия 3.</p>	
--	--

3. Решить задачу (Максимум 5 баллов)

Определить среднюю ежемесячную стоимость отопления загородного дома площадью 108 м², расположенного в северных широтах. Для отопления и жилищных нужд используется газгольдер (сосуд со сжиженным газом). Общие тепловые потери загородного дома равны 11793,84 Вт. Для расчета тепловых потерь использовалась температура окружающей среды равная температуре наиболее холодной пятидневки – минус 31 °С. Вместительность газгольдера равна 4 850 литров. Для того, чтобы установка газгольдера была выгодной, необходимо заполнять сжиженным газом резервуар на 85 % от общего объема. Для расчета воспользоваться данными, приведенными в Таблице 1.

Таблица 1

Параметр, единица измерения	Величина
Удельная теплота сгорания сжиженного газа, $\frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$	36
Плотность сжиженного газа, $\frac{\text{кг}}{\text{л}}$	0,549
Длительность отопительного сезона, сутки	267
Цена сжиженного газа, включая доставку	37,93 рубля за 1 кг газа

Примечание: Газгольдер – это стационарный стальной резервуар для приёма, хранения и выдачи газа в газораспределительной сети или установки по его переработке и применению. В качестве топлива используется пропан – бутановая смесь (сжиженный углеводородный газ (СУГ)).

Решение:

Первым делом необходимо найти массовый расход газовой смеси, для этого запишем уравнение теплового баланса в следующем виде:

$$Q_{\text{горения}} = G * q = Q_{\text{теплопотерь}}$$

G – объемный расход газовой смеси, $\frac{\text{литры}}{\text{отопительный сезон}}$; q – удельная теплота сгорания, $\frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$.

Для нахождения объемного расхода сжиженного газа воспользуемся данными из таблицы 1:

$$G = \frac{Q_{\text{теплопотерь}}}{q} = \frac{11793,84}{36} = 0.000328 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$G = 0.000328 * 3600 * 24 * 267 = 7557.493 \frac{\text{кг}}{\text{отопит. сезон}}$$

Зная величину плотности сжиженного газа, можно получить объемный расход газа:

$$G = 13765.93 \frac{\text{л}}{\text{отопит. сезон}}$$

Зная, что резервуар заполняют на 85% сжиженным газом, можно рассчитать какое количество смеси входит в газгольдер. Так как рассматривается газгольдер объемом 4850 литров, получается, что заполняемый объем газа равен 4120 литров (2261,88 кг).

Цена сжиженного газа в Тюменской области, включая доставку, равна 37,93 рублей за один кг газа. Таким образом, одна заправка газового баллона обойдется потребителю в 85793,11 рублей.

Значит, требуемое количество заправок будет равно:

$$n = \frac{G}{4120} = \frac{13765,93}{4120} = 3,34$$

По расчету за один год заказчик будет заправлять резервуар три раза, при условии, что температура окружающего воздуха составит в течение 267 дней отопительного сезона -31°C. Так как температура весной и осенью положительная, то по факту газгольдер придется заполнять около 2-х раз. В связи с этим в месяц потребитель должен будет заплатить за автономную газификацию 14 298,85 рублей в месяц (171 586,22 рубля в год).

Критерии оценки:

Записано выражение для уравнения теплового баланса - 1 балл

Получено выражение для нахождения объемного расхода пропан – бутановой смеси - 2 балла.

Рассчитана одна заправка газового баллона – 3 балла;

Рассчитано количество заправок – 4 балл;

Получен ответ - 5 баллов

Если решения нет, но приведены разумные рассуждения в направлении решения - 0,5 балла

4. Решить задачу (Максимум 5 баллов)

На атомной электроцентрали проводят испытания элемента ядерного реактора: в латунной сосуд массой 100 г, содержащий 5 г льда, при -10°C , вливают 30 г расплавленного свинца при температуре плавления. Необходимо узнать, какие продукты будут находиться в сосуде, какова их масса? Какая установится температура после теплообмена? Потерями теплоты на испарение пренебречь.

Решение

Уравнение теплового баланса для задач такого типа сразу составить нельзя, так как неизвестно, расплавится весь лед или нет. Решение нужно вести последовательно.

Найдем сначала количество теплоты, которое необходимо сосуду со льдом, чтобы нагреть его до температуры плавления льда $T_{\text{пл}_2}$:

$$Q_1 = \sum \Delta U_1 = c_1 m_1 (T_{\text{пл}_2} - T_2) + c_2 m_2 (T_{\text{пл}_2} - T_2) = (c_1 m_1 + c_2 m_2) (T_{\text{пл}_2} - T_2)$$
$$Q_1 = (0,38 \cdot 10^3 \cdot 0,1 + 2,1 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-3}) (273 - 263) \text{ Дж} \approx 4,8 \cdot 10^2 \text{ Дж}$$

Затем найдем количество теплоты, отданное свинцом при плавлении и охлаждении до температуры $T_{\text{пл}_2}$:

$$Q_2 = \sum \Delta U_2 = m_3 \lambda_3 + c_3 m_3 (T_{\text{пл}_3} - T_{\text{пл}_2}) = m_3 [\lambda_3 + c_3 (T_{\text{пл}_3} - T_{\text{пл}_2})]$$
$$Q_2 = 3 \cdot 10^{-2} [0,25 \cdot 10^5 + 0,13 \cdot 10^3 (600 - 273)] \text{ Дж} \approx 2 \text{ кДж}$$

Из вычислений видно, что $Q_2 > Q_1$, т.е. количество теплоты, отданное свинцом, больше, чем количество теплоты, полученное сосудом со льдом для их нагревания до $T_{\text{пл}_2}$. Избыток теплоты, который пойдет на плавление льда,

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1;$$
$$\Delta Q = 2 \cdot 10^3 - 4,8 \cdot 10^2 = 1,52 \text{ кДж.}$$

Найдем количество теплоты, необходимое для плавления всего льда:

$$Q_3 = \Delta U_3 = m_2 \lambda_2; Q_3 = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 3,35 \cdot 10^5 \text{ Дж} \approx 1,67 \text{ кДж.}$$

Сравнивая значения Q_3 и ΔQ , видим, что избыток теплоты ΔQ меньше, чем количество Q_3 , необходимое для плавления всего льда. Следовательно, весь лед расплавится не может. Масса нерасплавленного льда, оставшегося в сосуде,

$$m = \frac{Q_3 - \Delta Q}{\lambda_2};$$
$$m = \frac{1,67 \cdot 10^3 - 1,52 \cdot 10^3}{3,35 \cdot 10^3} \approx 5 \cdot 10^{-4} \text{ кг.}$$

Таким образом, после теплообмена в сосуде находится $5 \cdot 10^{-4}$ кг льда; $4,5 \cdot 10^{-3}$ кг воды и $3 \cdot 10^{-2}$ кг твердого свинца. Температура, установившаяся в калориметре, 273 К.

Критерии оценки:

Получено выражение для нахождения количества теплоты, которое необходимо сосуду со льдом, чтобы нагреть его до температуры плавления льда $T_{пл_2}$, сделан математический расчет значения количества теплоты - 1 балл;

Получено выражение для нахождения количества теплоты, отданное свинцом при плавлении и охлаждении до температуры $T_{пл_2}$, сделан математический расчет значения количества теплоты - 2 балла;

Сделан правильный вывод об избытке теплоты, который пойдет на плавление льда, сделан математический расчет значения количества теплоты – 3 балла;

Получено выражение для нахождения количества теплоты, необходимое для плавление всего льда, сделан математический расчет значения количества теплоты – 4 балла;

Получен ответ - 5 баллов

Если решения нет, но приведены разумные рассуждения в направлении решения - 0,5 балла