



ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Задача на определение тепловой мощности и срока эксплуатации ГеоТЭС

Условия задачи:

Исходя из заданного значения температурного градиента q , определить тип геотермального района. Определить теплоемкость водоносного слоя $C_{сл}$ и его температуру $\tau_{сл}$ при глубине залегания H при заданных характеристиках породы слоя. Определить возможное время использования слоя и тепловую мощность, извлекаемую из него в начале и через n лет эксплуатации.

Исходные данные:

Температурный градиент $q = 50$ °С/км

Глубина залегания слоя $H = 3,5$ км

Толщина водоносного слоя $b = 800$ м

Период эксплуатации, $n = 10$ лет

Данные для расчета приведены в Приложении.

Методика расчета

1. По заданному значению температурного градиента q определяется тип геотермального района (гипертермальный, полутермальный или нормальный)
2. Определяется теплоемкость водоносного слоя для заданного термального района:

$$C_{сл} = F \cdot b [\alpha \cdot \rho_v \cdot C_v + (1 - \alpha) \cdot \rho_n \cdot C_n] \text{ Дж/К}$$

где F — площадь рассматриваемой поверхности, м²; b — толщина водоносного слоя, м; α — коэффициент пористости породы; ρ_v — плотность воды, кг/м³; C_v — теплоемкость воды, Дж/(кг·К); ρ_n — плотность породы, кг/м³; C_n — теплоемкость породы пласта, Дж/(кг·К).

3. Исходная температура водоносного слоя определяется:

$$\tau_{сл} = \tau_{cp} + q \cdot H \text{ °С}$$

где τ_{cp} — средняя температура на поверхности земли, °С; q — температурный градиент для заданного термального района, °С/км; H — глубина залегания водоносного слоя, км.

Полученное значение перевести в Кельвины (К).

4. Определяется тепловой потенциал водоносного слоя:

$$P_T = C_{cl} \cdot (\tau_{cl} - \tau_{\partial}) \text{ Дж}$$

где τ_{∂} — минимально допустимая температура слоя, К.

5. Определяется возможное время использования слоя при отводе от него тепловой энергии:

$$t_0 = \frac{C_{cl}}{V \cdot \rho_{\partial} \cdot C_{\partial}} \text{ с}$$

где V — объемный расход воды на квадратный километр при ее закачке для отвода тепла, м³/с.

Полученное значение для ввода ответа перевести в года, округлить до целого значения.

6. Определяется тепловая мощность, извлекаемая из слоя в начале эксплуатации:

$$\left(\frac{dP_T}{dt} \right)_{t=0} = \frac{P_T}{t_0} \cdot e^{\frac{t}{t_0}} \text{ Вт}$$

t_0 при расчете подставляется в секундах.

Полученное значение перевести в МВт, округлить до целого числа

1. Определяется тепловая мощность, извлекаемая из пласта через n лет эксплуатации:

$$\left(\frac{dP_T}{dt} \right)_{t=n} = \frac{P_T}{t_0} \cdot e^{-\frac{t}{t_0}} \text{ Вт}$$

Полученное значение перевести в МВт, округлить до целого числа.

Приложение

Классификация термальных районов по температурному градиенту q (°С/км)

Гипертермальный - $q > 80$ °С/км – наиболее предпочтителен для строительства геотермальных ЭС.

Полутермальный - $q = 40-80$ °С/км – качество геотермальной энергии невысокое, лучше использовать непосредственно для теплоснабжения зданий.

Нормальный - $q < 40^\circ\text{C}/\text{км}$ – малоперспективные области для использования энергии. Это самые обширные районы планеты с тепловыми потоками $0,06 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Таблица П.6.1.

Исходные данные для расчета

1	Площадь поверхности, F	1,0 км ²
2	Пористость породы пласта, α	0,05
3	Теплоемкость породы пласта, C_n	840 Дж/(кг·К).
4	Плотность воды, ρ_e	1000 кг/м ³
5	Теплоемкость воды, C_e	4180 Дж/(кг·К)
6	Плотность породы, ρ_n	2700 кг/м ³
7	Средняя температура на поверхности земли τ_{cp}	10 °С
8	Минимально допустимая температура слоя, τ_d	40°С
9	Объемный расход воды при ее закачке для отвода тепла, V	0,1 м ³ /с