



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

Методика расчета

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

$$C_{сл} = F \cdot b [\alpha \cdot \rho_w \cdot C_w + (1 - \alpha) \cdot \rho_n \cdot C_n] \text{ Дж/}^\circ\text{К,}$$

где F — площадь рассматриваемой поверхности, км²; b — толщина водоносного слоя, м; α — коэффициент пористости породы; ρ_w — удельная плотность воды, кг/м³; C_w — удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·°К); ρ_n — удельная плотность породы, кг/м³; C_n — удельная теплоемкость породы пласта, Дж/(кг·°К).

3. Исходная температура водоносного слоя определяется:

$$\tau_{сл} = \tau_{cp} + q \cdot H \text{ }^\circ\text{К,}$$

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

4. Определяется тепловой потенциал водоносного слоя:

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

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

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

$$t_0 = \frac{C_{сл}}{V \cdot \rho_{в} \cdot C_{в}} \text{ лет,}$$

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

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

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

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

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

Приложение

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

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

Полутермальный — $q = 40\text{--}80$ °С/км — качество геотермальной энергии невысокое, лучше использовать непосредственно для теплоснабжения зданий.

Нормальный — $q < 40$ °С/км — малоперспективные области для использования энергии. Это самые обширные районы планеты с тепловыми потоками 0,06 Вт/м².

Исходные данные для расчета

1	Площадь поверхности, F	1,0 км ²
2	Пористость породы пласта, α	0,05
3	Удельная теплоемкость породы пласта, C_n	840 Дж/(кг·°К).
4	Удельная плотность воды, ρ_v	1000 кг/м ³
5	Удельная теплоемкость воды, C_v	4180 Дж/(кг·°К)
6	Удельная 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