

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ (4 декабря 2020)

Дисциплина: «Введение в профессиональную деятельность»

Студенту необходимо:

1. Выполнить задачи №1, №2.
2. Разместить выполненное задание в личном кабинете студента для проверки.

Вариант задания определяется по последней цифре номера зачётной книжки.

Задача №1

Определить начальную температуру t_2 и количество геотермальной энергии E_0 (Дж) водоносного пласта толщиной h км при глубине залегания z км, если заданы характеристики породы пласта: плотность $\rho_{\text{сп}} = 2700 \text{ кг/м}^3$; пористость $a = 5 \%$; удельная теплоемкость $C_{\text{сп}} = 840 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$. Температурный градиент (dT/dz) в $^{\circ}\text{C/км}$ выбрать по таблице вариантов задания.

Среднюю температуру поверхности t_0 принять равной 10°C . Удельная теплоемкость воды $C_в = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$; плотность воды $\rho = 1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Расчет произвести по отношению к площади поверхности $F = 1 \text{ км}^2$. Минимально допустимую температуру пласта принять равной $t_1 = 40^{\circ}\text{C}$.

Определить также постоянную времени извлечения тепловой энергии τ_0 (лет) при закачивании воды в пласт и расходе ее $V = 0,1 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$. Какова будет тепловая мощность, извлекаемая первоначально $(dE/dz)_{\tau=0}$ и через 10 лет $(dE/dz)_{\tau=10}$?

Задача №2

Определить объем биогазогенератора $V_б$ и суточный выход биогаза $V_г$ в установке, утилизирующей навоз от n коров, а также обеспечиваемую ею тепловую мощность N (Вт). Время цикла сбраживания $\tau = 14$ сут при температуре $t = 25^{\circ}\text{C}$; подача сухого сбраживаемого материала от одного животного идет со скоростью $W = 2 \text{ кг/сут}$; выход биогаза из сухой массы $v_г = 0,24 \text{ м}^3/\text{кг}$. Содержание метана в биогазе составляет 70 %. КПД горелочного устройства η . Плотность сухого материала, распределенного в массе биогазогенератора, $\rho_{\text{сух}} \approx 50 \text{ кг/м}^3$. Теплота сгорания метана при нормальных физических условиях $Q_{\text{н}}^p = 28 \text{ МДж/м}^3$.

ТАБЛИЦА ВАРИАНТОВ ЗАДАНИЯ

Но- мер зада ч	Величины и единицы их измерения	Численные значения величин, выбираемые по последней цифре шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	h , км	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
	z , км	2,5	3,0	3,5	4,0	3,5	3,0	2,5	4	3,5	3
	(dT/dz) , °C/км	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30
2	n	24	20	18	16	14	12	10	8	6	4
	η	0,7	0,7	0,68	0,68	0,66	0,66	0,64	0,62	0,6	0,6

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Первая задача посвящена тепловому потенциалу геотермальной энергии, сосредоточенной в естественных водоносных горизонтах на глубине z (км) от земной поверхности. Обычно толщина водоносного слоя h (км) меньше глубины его залегания. Слой имеет пористую структуру - скальные породы имеют поры, заполненные водой (пористость оценивается коэффициентом α). Средняя плотность твердых пород земной коры $\rho_{\text{ср}} = 2700 \text{ кг/м}^3$, а коэффициент теплопроводности $\lambda_{\text{ср}} = 2 \text{ Вт/(м·К)}$. Изменение температуры грунта по направлению к земной поверхности характеризуется температурным градиентом (dT/dz) , измеряемым в °C/км или К/км.

Наиболее распространены на земном шаре районы с нормальным температурным градиентом (менее 40 °C/км) с плотностью исходящих в направлении поверхности тепловых потоков $\approx 0,06 \text{ Вт/м}^2$ (например Калининградская область). Экономическая целесообразность извлечения тепла из недр Земли здесь маловероятна.

В полутермальных районах температурный градиент равен 40-80 °C/км (например, Северный Кавказ). Здесь целесообразно использовать тепло недр для отопления, в теплицах, в бальнеологии.

В гипертермальных районах (вблизи границ платформ земной коры) градиент более 80 °C/км. Здесь целесообразно строить ГеоТЭС.

При известном температурном градиенте можно определить температуру водоносного пласта перед началом его эксплуатации:

$$T_z = T_0 + (dT/dz) \cdot z, \quad (1.1)$$

где T_0 - температура на поверхности Земли, К (°C).

В расчетной практике характеристики геотермальной энергетики обычно относят к 1 км² поверхности F .

Теплоемкость пласта $C_{\text{пл}}$ (Дж/К) можно определить по уравнению

$$C_{пл} = [\alpha \cdot \rho_в \cdot C_в + (1 - \alpha) \cdot \rho_{гп} \cdot C_{гп}] \cdot h \cdot F, \quad (1.2)$$

где $\rho_в$ и $C_в$ - соответственно плотность и изобарная удельная теплоемкость воды;

$\rho_{гп}$ и $C_{гп}$ - плотность и удельная теплоемкость грунта (пород пласта); обычно $\rho_{гп} = 820-850$ Дж/(кг·К).

Если задать минимально допустимую температуру, при которой можно использовать тепловую энергию пласта T_1 (К), то можно оценить его тепловой потенциал к началу эксплуатации (Дж):

$$E_0 = C_{пл} \cdot (T_2 - T_1) \quad (1.3)$$

Постоянную времени пласта τ_0 (возможное время его использования, лет) в случае отвода тепловой энергии путем закачки в него воды с объемным расходом V (м³/с) можно определить по уравнению:

$$\tau_0 = C_{пл} / (V \cdot \rho_в \cdot C_в) \quad (1.4)$$

Считают, что тепловой потенциал пласта во время его разработки изменяется по экспоненциальному закону:

$$E = E_0 \cdot e^{-(\tau/\tau_0)} \quad (1.5)$$

где τ - число лет с начала эксплуатации;

e - основание натуральных логарифмов.

Тепловая мощность геотермального пласта в момент времени τ (лет с начала разработки) в Вт (МВт):

$$\left(\frac{dE}{d\tau} \right)_{\tau} = - \frac{E_0}{\tau_0} \exp \left(- \frac{\tau}{\tau_0} \right) \quad (1.6)$$

Вторая задача посвящена проблеме использования биотоплива для преобразования его энергии в тепловую или электрическую в сельскохозяйственных предприятиях и на фермах. Одним из видов биотоплива являются отходы жизнедеятельности животных (навоз), при переработке которых (сбраживание) в биогазогенераторах можно получать биогаз, в состав которого (70 % по объему) входит метан; теплота сгорания метана при НФУ $Q_{н}^p = 28$ МДж/м³. Время полного сбраживания субстрата, состоящего из воды, навоза и ферментов, в зависимости от температуры изменяется от 8 до 30 сут. Плотность сухого материала в субстрате составляет $\rho_{сх} \approx 50$ кг/м³. Выход биогаза от 1 кг сухого материала в сутки составляет примерно $v_2 = 0,2 \div 0,4$ м³/кг. Скорость подачи сухого сбраживаемого материала в биогазогенератор (метантенк) W зависит от вида животных и их количества на ферме.

Если обозначить через m_0 (кг/сут) подачу сухого сбраживаемого материала, то суточный объем жидкой массы, поступающей в биогазогенератор ($\text{м}^3/\text{сут}$) можно определить по формуле:

$$V_{\text{сут}} = m_0 / \rho_{\text{сух}} \quad (2.1)$$

Объем биогазогенератора, необходимого для фермы (м^3):

$$V_6 = \tau \cdot V_{\text{сут}} \quad (2.2)$$

Суточный выход биогаза:

$$V_z = m_0 \cdot v_z \quad (2.3)$$

Тепловая мощность устройства, использующего биогаз (МДж/сут) или (Вт),

$$N = \eta \cdot Q_H^P \cdot V_z \cdot f_m \quad (2.4)$$

где f_m - объемная доля метана в биогазе;
 η - КПД горелочного устройства ($\approx 60\%$).