



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Сборник задач

по дисциплине

«Вопросы теории и инновационных решений при использовании возобновляемых источников энергии»

Авторы
Галкина Н. И.

Ростов-на-Дону, 2019

Аннотация

Вопросы теории и инновационных решений при использовании возобновляемых источников энергии: методические указания для выполнения контрольной работы для подготовки магистрантов направления 08.04.01 «Строительство».

Приведены задания и примеры решения задач по основным разделам дисциплины «Вопросы теории и инновационных решений при использовании возобновляемых источников энергии».

Автор

к.т.н., доцент кафедры «Теплогасоснабжение и вентиляция»
Галкина Н.И.



Оглавление

ЗАДАНИЕ 1	4
ЗАДАНИЕ 2	7
ЗАДАНИЕ 3	9
ЗАДАНИЕ 4	10
ЗАДАНИЕ 5	11
ЛИТЕРАТУРА.....	122



Алгоритм выбора варианта контрольной работы. Требования к оформлению контрольной работы.

Вариант задания для решения задачи каждого раздела методического указания, принимается из таблицы задания в строке, соответствующей последней цифре номера зачетной книжки. При решении задачи используется пример решения в соответствующем разделе.

Контрольная работа выполняется в ученической тетради. На обложку тетради наносится наклейка следующего образца

Донской государственный строительный университет

Факультет «_____»

Студент _____ Адрес _____

Группа _____ № зачетной книжки _____

Контрольная работа

по дисциплине «Вопросы теории и инновационных решений при
использовании возобновляемых источников энергии»

ЗАДАНИЕ 1

Рассчитать объем биогазовой установки для фермерского хозяйства и выход биогаза при сбраживании навоза от животных.

Варианты заданий приведены в табл.1

Определить:

- потенциальный запас энергии биогаза P_3 ;
- количество теплоты для поддержания процесса брожения биомассы в метантенке Q ;
- какой объем природного газа, нефти и дизельного топлива может заменить полученный объем биогаза.

Пример решения:

1. Выход навоза от каждого вида животных с учетом подстилки:

- для гусей: $K_{п1} = 1,5 \cdot M_{сут1} \cdot n = 1,5 \cdot 0,58 \cdot 50 = 43,5$ кг/сут
 – для свиней: $K_{п2} = 1,5 \cdot M_{сут2} \cdot n = 1,5 \cdot 2,0 \cdot 50 = 150$ кг/сут

2. Суммарная доля СВ в навозе:

- в навозе гусей: $M_{св1} = K_{п1} \cdot (1-W) = 43,5 (1-0,735) = 11,5$ кг/сут
 – в навозе свиней: $M_{св2} = K_{п2} \cdot (1-W) = 150 (1-0,9) = 15$ кг/сут

3. Объем метантенка БГУ для двух видов животных в сутки:

$$V_M = \frac{M_{св\Sigma}}{m_p} = \frac{26,5}{3} = 8,8 \text{ м}^3/\text{сут}$$

4. Доля СОВ в навозе:

- для гусей: $M_{сов1} = M_{св1} \cdot P = 11,5 \cdot 0,76 = 8,74$ кг/сут
 – для свиней: $M_{сов2} = M_{св2} \cdot P = 15 \cdot 0,81 = 12,15$ кг/сут

5. Выход биогаза при полном разложении СОВ:

- для гусей: $V_1 = m_H \cdot M_{сов1} = 0,365 \cdot 8,74 = 3,2 \text{ м}^3$
 – для свиней: $V_2 = m_H \cdot M_{сов2} = 0,365 \cdot 12,15 = 4,4 \text{ м}^3$

6. Суммарный выход биогаза при сбраживании:

$$V_B = \Sigma (V_{пi} \cdot m_{Bi}) = (3,2 \cdot 0,56 + 4,4 \cdot 0,5) = 4 \text{ м}^3$$

7. Объем метантенка при полной загрузке:

$$V_{п.з} = \frac{K_{п\Sigma} \cdot T}{p_H} = \frac{(43,5+150) \cdot 40}{1000} = 7,7 \text{ м}^3$$

Таблица 1

Исходные данные для расчета

№ вар.	Вид животного	Кол-во голов, п	Сут. вых. навоза в сут. на 1 гол., $M_{сут}$, кг/сут	Прод.-сть брожения, Т, сут	Доля СОВ в сух. веществе навоза, P	Влажность навоза, W, о.е	Доля выхода биогаза, т _б	Рекоменд. объем загрузки и т _р , кг/м ³
1	свиньи	20	2.0	12	0.805	0.9	0.5	3.0
	коровы	25	40	17	0.81	0.875	0.4	6.0
2	коровы	15	40	17	0.81	0.875	0.4	6.0
	телята	30	10	16	0.785	0.88	0.48	5.0
3	быки	20	40	18	0.81	0.875	0.4	4.5
	телята	30	10	16	0.785	0.88	0.48	5.0
4	телята	35	10	16	0.785	0.88	0.48	5.0

	свиньи	40	2.0	12	0.805	0.9	0.5	3.0
5	коровы	20	40	17	0.81	0.875	0.4	6.0
	быки	15	40	18	0.81	0.875	0.4	4.5
6	куры	150	0.2	30	0.765	0.745	0.55	1.5
	быки	20	40	18	0.81	0.875	0.4	4.5
7	гуси	40	0.58	40	0.76	0.735	0.56	2.0
	свиньи	35	2.0	12	0.805	0.9	0.5	3.0
8	быки	30	40	18	0.81	0.875	0.4	4.5
	свиньи	20	2.0	12	0.805	0.9	0.5	3.0
9	куры	200	0.2	30	0.765	0.745	0.55	1.5
	свиньи	30	2.0	12	0.805	0.9	0.5	3.0
10	быки	10	40	18	0.81	0.875	0.4	4.5
	коровы	40	40	17	0.81	0.875	0.4	6.0
11	телята	20	10	16	0.785	0.88	0.48	5.0
	коровы	35	40	17	0.81	0.875	0.4	6.0
12	свиньи	15	2.0	12	0.805	0.9	0.5	3.0
	быки	25	40	18	0.81	0.875	0.4	4.5
13	куры	250	0.2	30	0.765	0.745	0.55	1.5
	коровы	10	40	17	0.81	0.875	0.4	6.0
14	гуси	100	0.58	40	0.76	0.735	0.56	2.0
	свиньи	25	2.0	12	0.805	0.9	0.5	3.0
15	быки	20	40	18	0.81	0.875	0.4	4.5
	гуси	50	0.58	40	0.76	0.735	0.56	2.0

8. Проверяется соответствие объема метантенка его полной загрузке:

$$\frac{V_{п.з.}}{V_M} = \frac{7,7}{8,8} = 0,9, \text{ что соответствует рекомендуемой загрузке метантенка.}$$

9. Потенциальный запас энергии биогаза, вырабатываемого в течение суток:

$$Пэ = V_B \cdot C_B = 4 \cdot 22 = 88 \text{ МДж}$$

10. Количество теплоты для поддержания режима брожения биомассы:

$$Q = K_{ПЭ} \cdot C \cdot (t_B - t_3) \cdot \frac{1}{\eta} = 193,5 \cdot 4,18 \cdot 10^{-3} \cdot (305-288) \cdot 1,4 = 19,25$$

МДж/сут

11. Эквивалент полученного объема биогаза другим видам топлива:

$V_B = 4 \text{ м}^3 \equiv 2,4 \text{ м}^3$ природного газа; $\equiv 2,9 \text{ м}^3$ нефти; $\equiv 2,6$ л дизельного топлива.

ЗАДАНИЕ 2

Оценить эффективность установки биогазогенератора и двигатель-генераторной установки для утилизации навоза на свиноферме.

Варианты заданий приведены в табл.2.

Определить:

- объем биогазогенератора V_G ;
- годовую экономию электроэнергии ΔW ;
- срок окупаемости установки T_0 .

Пример решения:

1. Объем жидкой массы, проходящей через биогазогенератор ежедневно:

$$V_J = \frac{0,2 \cdot 1000}{50} = 4 \text{ м}^3$$

2. Объем биогазогенератора:

$$V_G = 4 \cdot 14 = 56 \text{ м}^3$$

3. Масса сухого материала в полном биогазогенераторе:

$$G_C = 0,2 \cdot 14 \cdot 1000 = 2800 \text{ кг}$$

4. Объем биогаза, выделяемого биогазогенератором за сутки:

$$V_B = 2800 \cdot 0,3 = 840 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$$

5. Годовая выработка электроэнергии (тыс. кВт·ч) при использовании биогаза в двигатель – генераторной установке:

$$W = 0,3 \cdot 840 \cdot 5,55 \cdot 365 = 510,5 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч}$$

Таблица 2

Исходные данные для расчета

№ вар.	Кол-во голов, п	Время цикла сбраживания t, сут	Выход биогаза из 1 кг сухого мат-ла в сутки, $C_B, \text{ м}^3 \text{ кг/сут}$	КПД, η , %

1	500	12	0,2	50
2	550	15	0,5	45
3	600	13	0,4	40
4	650	14	0,3	35
5	700	13	0,2	30
6	750	12	0,3	35
7	800	15	0,4	45
8	850	14	0,5	50
9	900	12	0,5	30
10	950	13	0,4	40
11	1000	14	0,2	35
12	550	15	0,3	45
13	750	15	0,4	50
14	600	12	0,5	32
15	1000	13	0,2	30

6. Номинальная мощность двигатель – генератора:

$$P_H = \frac{1 \cdot 510,5}{365 \cdot 24} = 58,27 \text{ кВт}$$

7. Расход электроэнергии на подогрев массы в биогазогенераторе в холодное время года:

$$W_1 = \frac{900 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 15 \cdot 365}{860 \cdot 2} = 11,5 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч}$$

8. Расход электроэнергии в год двигателями насосов и мешалок биогазогенератора при их установленной мощности 20 кВт:

$$W_2 = 20 \cdot 0,1 \cdot 8760 = 17,52 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч}$$

9. Годовая экономия электроэнергии:

$$\Delta W = 510,5 - 11,5 - 17,52 = 481,5 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч}$$

10. Капитальные затраты на установку при удельных затратах:

$$Z_{\text{уд}} = 2 \text{ млн. руб за } 1 \text{ кВт установленной мощности}$$

$$K = 58,27 \cdot 2 = 116,54 \text{ млн. руб}$$

11. Годовой экономический эффект без учета дополнительных эксплуатационных расходов при тарифе на электроэнергию для производственных потребителей $b = 50 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}$:

$$\mathcal{E} = 481,5 \cdot 50 = 24,08 \text{ млн. руб.}$$

12. Срок окупаемости без учета дополнительных эксплуатационных расходов:

$$T_0 = \frac{116,54}{24,08} = 4,84 \text{ лет}$$

ЗАДАНИЕ 3

Определить расчетную мощность двухлопастной горизонтально-осевой ветроэнергетической установки, оптимальную быстроходность и частоту вращения ветроколеса. Определить передаточное отношение редуктора для привода синхронного генератора.

Варианты заданий приведены в табл.3.

Определить:

- оптимальную быстроходность $Z_{\text{опт}}$;
- оптимальную частоту вращения ветроколеса $\omega_{\text{опт}}$;
- передаточное отношение редуктора для привода синхронного генератора i .

Пример решения:

1. Номинальная мощность:

$$P = c_p \cdot \rho \cdot S \cdot (V^3/2) = 0,3 \cdot 1,3 \cdot (3,14 \cdot 7^2/4) \cdot (13^3/2) \cdot 10^{-3} = 16,5 \text{ кВт}$$

2. Оптимальная быстроходность:

$$Z_{\text{опт}} = 4\pi/N = 4 \cdot 3,14 / 2 = 6,28$$

3. Оптимальная частота вращения:

$$\omega_{\text{опт}} = Z_{\text{опт}} \cdot (V/R) = (6,28 \cdot 13) / 3,5 = 23,3 \text{ рад/с}$$

$$n_{\text{опт}} = (\omega_{\text{опт}} \cdot 60) / 2\pi = (23,3 \cdot 60) / 2 \cdot 3,14 = 223 \text{ об/мин}$$

4. Передаточное отношение редуктора:

$$i = n_{\text{опт}}/n = 223/1600 = 1/7,17.$$

Таблица 3

Исходные данные для расчета

№ варианта	Размах лопастей d, м	Скорость ветра, V м/с	Частота вращения, n об/мин
1	8	12	1500
2	8,5	11	1600
3	9	13	1700
4	7	11,5	1350
5	7,5	12	1400
6	8	11	1450
7	7	13	1550
8	7,5	11	1600
9	9	12	1700
10	9,5	13	1400
11	8	11,5	1350
12	7	12,5	1350
13	7,5	13	1450
14	8	14	1500
15	8,5	12	1700

ЗАДАНИЕ 4

Определить поток солнечного излучения, а также изменения температуры воздуха с течением времени.

Варианты заданий приведены в табл.4.

Имеется дом с окном с южной стороны размером $H \times L$, м и массивной зачернённой стенкой с северной стороны. Толщина поглощающей стенки, изготовленной из бетона толщиной B .

Определить:

- поток солнечного излучения G , необходимый для нагрева воздуха в комнате на 20°C выше наружного;
- температуру воздуха в доме в 8 часов утра, т. е. через 16 часов.

Пример решения:

1. Поток солнечного излучения:

$$G = \frac{T_{\text{вн}} - T_{\text{а}}}{r \cdot \tau \cdot \alpha} = \frac{20^\circ\text{C}}{0,07 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 400 \text{ Вт/м}^2.$$

Такую облучённость можно ожидать в ясный солнечный зимний день.

2. При $G = 0$:

$$\frac{dT_{\text{вн}}}{dt} = -\frac{T_{\text{вн}} - T_{\text{а}}}{R};$$

$$C = mc;$$

$$R = \frac{r}{A} = \frac{0,07}{10} = 0,007 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Вт},$$

$$T_{\text{а}} = \text{const.}$$

Поглощающая стенка изготовлена из бетона: $c = 840 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$,

$$C = m \cdot c = 2,4 \cdot 10^3 \cdot 840 = 2 \cdot 10^6 \text{ Дж}/^\circ\text{C},$$

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot H \cdot L \cdot B = 2,4 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 0,1 = 2,4 \cdot 10^3 \text{ кг},$$

$$RC = 0,007 \cdot 2 \cdot 10^6 = 14000 \text{ с} = 4 \text{ часа.}$$

3. Через 16 часов температура воздуха в доме будет выше наружной на:

$$T_{\text{вн}} - T_{\text{а}} = (T_{\text{вн}} - T_{\text{а}})_{t=0} \exp\left[-\frac{t}{RC}\right] = 20^\circ\text{C} \cdot \exp(-16/4) = 0,4^\circ\text{C}.$$

Таблица 4

Исходные данные для расчета задачи

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Высота окна Н, м	3	4	5	4	5	3	5	4	3	5	3	4	5	4	5
Длина окна L, м	5	3	4	6	5	4	4	3	6	3	6	4	5	4	6
Толщина поглощающей стенки В, м	0,2	0,1	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,2	0,3	0,5	0,4	0,2	0,3	0,4	0,3
Температура наружного воздуха, $T_{\text{а}}, ^\circ\text{C}$	0	1	2	3	0	-1	4	1	5	-2	3	-3	2	4	0
Температура внутреннего воздуха, $T_{\text{вн}}, ^\circ\text{C}$	19	18	17	21	22	20	17	23	22	16	21	20	23	18	19

ЗАДАНИЕ 5

Определить ЭДС солнечной батареи.

Варианты заданий приведены в табл.5.

Известна площадь солнечной батареи, плотность тока, плотность



излучения и КПД. Необходимо определить ЭДС в солнечной батарее.

Определить:

– ЭДС солнечной батареи, E .

Пример решения:

ЭДС солнечной батареи:

$$E = P/I \text{ (В)}$$

Из выражения $\eta = P/A_{\text{п}} \cdot G$ мощность солнечной батареи:

$$P = A_{\text{п}} \cdot G \cdot \eta.$$

Отсюда ЭДС:

$$E = A_{\text{п}} \cdot G \cdot \eta/I,$$

где $I = i \cdot A_{\text{п}}$

Тогда ЭДС:

$$E = G \cdot \eta/i = (300 \cdot 0,3/3 \cdot 10^{-3}) \cdot 10^{-4} = 3\text{В}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Галкина Н.И. Энергосбережение в системах климатизации. Возобновляемые источники энергии: учеб. пособие /Н.И. Галкина; Донской гос. техн. ун-т. –Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2017. -98с.
2. Амерханов Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии –М.: КолосС, 2003. -532с.