

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича
Столетовых» (ВлГУ)**

Институт машиностроения и автомобильного транспорта
Кафедра «Тепловые двигатели и энергетические установки»

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
для практических занятий и самостоятельной работы
по дисциплине «Современные энергетические технологии»

Направление подготовки 13.04.03 – энергетическое машиностроение

Профиль подготовки – двигатели внутреннего сгорания

Уровень высшего образования – магистратура

Форма обучения очная

Составитель: профессор д.т.н. Драгомиров С.Г

Владимир- 2016

УДК 621.5(07)

Методическое пособие по дисциплине «Современные энергетические технологии». /Сост. Драгомиров С.Г. – Владимир: ВлГУ, 2016. – 28 с.: ил.

Методическое пособие включает теоретические и практические сведения по дисциплине «Современные энергетические технологии» а также задания для практических занятий и рекомендации для их выполнения. Пособие предназначено для студентов очной формы обучения в магистратуре по направлению подготовки 13.04.03 – энергетическое машиностроение (профиль подготовки – двигатели внутреннего сгорания).

СОДЕРЖАНИЕ

1. **ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**
 - 1.1. Расчет горизонтальной ветроэнергетической установки
 - 1.2. Расчет геотермальной системы отопления и газоснабжения
 - 1.3. Расчет биогазовой установки
2. **ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ**
3. **ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**
4. **ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ И КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ**
 - Библиографический список
 - Приложения*

1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1. 1. Расчет горизонтальной ветроэнергетической установки

Общие положения

Ветроэнергетические установки (ВЭУ) предназначены для преобразования энергии ветра в электрическую энергию. Наиболее распространены горизонтальные ВЭУ (рис. 1).

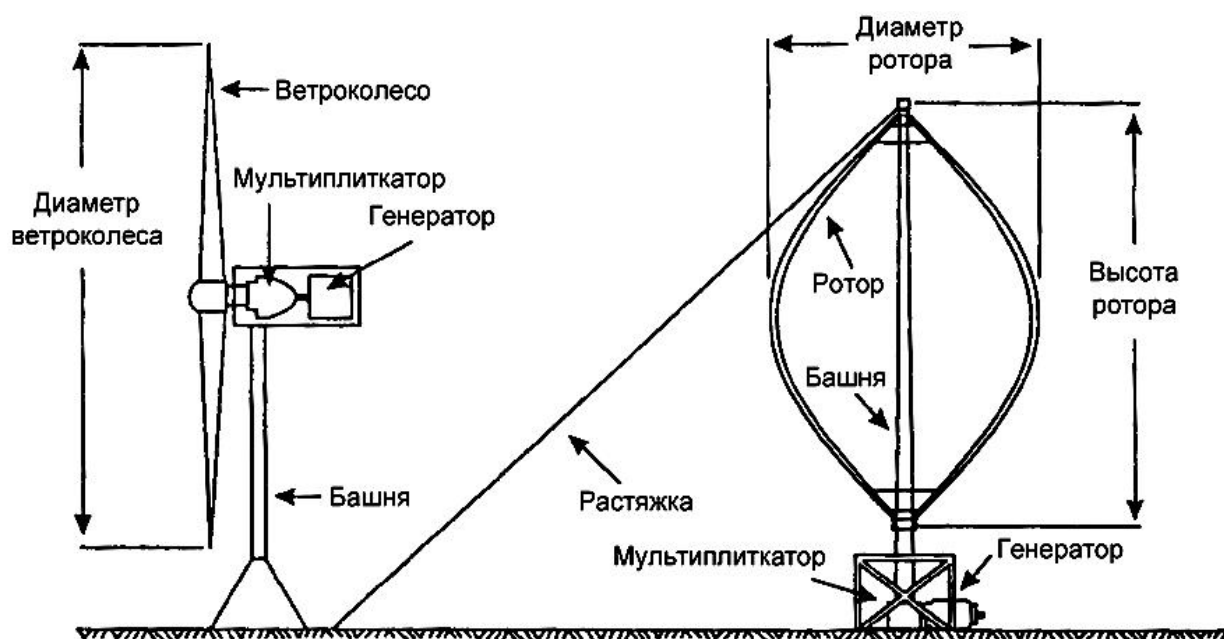


Рис. 1. Схема горизонтальной ВЭУ

Современные горизонтальные ВЭУ преобразуют в электроэнергию подъемную силу ветра.

Ветроколесо (ротор) преобразует энергию набегающего ветрового потока в механическую энергию вращения оси турбины, а расположенные в гондole редуктор (мультипликатор) и электрогенератор преобразуют механическую энергию в электрическую. Диаметр ветроколеса может составлять от нескольких метров до нескольких десятков метров. Частота вращения составляет от 15 до 100 об/мин.

На мощность, вырабатываемую ВЭУ, значительно влияет траектория движения воздушного потока, которая зависит от многих составляющих, в частности, от скорости ветра, от рельефа и застройки местности. Объекты, расположенные на пути ветрового потока, образуют ветровые тени различной высоты и конфигурации, что влияет на эффективность ВЭУ. Поэтому при выборе высоты башни ВЭУ следует руководствоваться правилом: нижняя часть лопастей ветроколеса должна быть как минимум на 10 метров выше самого высокого препятствия в пределах 150 метров (а в случае протяженного препятствия – 1 км).

Методика расчета

Энергия ветрового потока, проходящего через площадь, отмечаемую лопастями ветроколеса, определяется по формуле:

$$E = \frac{m \cdot \omega^2}{2}, \text{ Вт}, \quad (1)$$

где ω – скорость ветра, м/с;

m – секундный массовый расход воздуха, кг/с.

С увеличением высоты поверхностные эффекты уменьшаются, а скорость ветра возрастает. Это увеличение скорости с высотой называют градиентом скорости ветра. Скорость ветра на высоте расположения ветроколеса находится из уравнения градиента скорости.

$$\frac{\omega}{\omega_0} = \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^\alpha, \quad (2)$$

где ω_0 - скорость ветра, измеренная на высоте h_1 , м/с;

h_1 - высота, на которой известно значение скорости ветра, м;

h_2 - высота башни ВЭУ, на которой будет расположено ветроколесо, м;

α – коэффициент градиента (увеличения) скорости ветра с увеличением высоты.

Коэффициент градиента (α) определяется по табл. 1 в зависимости от высоты препятствий, расположенных в радиусе 150 м.

Коэффициент градиента ветра [1]

α	Описание местности в радиусе 150 м
0,1	Идеально гладкая поверхность (спокойная вода)
0,2	Плоские пастбища, низкие кустарники (высота до 2 м)
0,3	Деревья, холмы, здания в отдалении (расстояние 120-150 м)
0,4	Недалеко расположены деревья или здания (расстояние ≤ 120 м)
0,5	Рядом расположены деревья или здания (расстояние ≤ 50 м)
0,6	Окружение высокими деревьями или зданиями (расстояние ≤ 10 м)

Массовый расход воздуха через площадь, отмечаемую лопастями ветроколеса, рассчитывается по формуле:

$$m = \rho \cdot \omega \cdot F, \text{ кг/с}, \quad (3)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м^3 ;

F – площадь, отмечаемая лопастями ветроколеса, м^2 .

Плотность воздуха при рабочих условиях определяется по формуле (4):

$$\rho = \rho_0 \cdot \left(\frac{B}{760} \right)^{1,2} \cdot \left(\frac{T}{273} \right)^{-1,2}, \quad (4)$$

где ρ_0 – номинальная плотность воздуха на высоте уровня моря при температуре 15°C и атмосферном давлении 760 мм рт.ст., кг/м^3 ,

$$\rho_0 = 1,226 \text{ кг/м}^3;$$

B – барометрическое давление, мм рт.ст;

T – рабочая температура воздуха, К.

Площадь, отмечаемая лопастями ветроколеса:

$$F = \pi r^2 = \pi l^2, \text{ м}^2, \quad (5)$$

где r – радиус круга, отмечаемого лопастями ветроколеса, м. За радиус принимается длина лопасти ветроколеса l .

Электрическая мощность, развиваемая ВЭУ, рассчитывается по формуле:

$$N = \eta \cdot \zeta \cdot E, \text{ Вт}, \quad (6)$$

где ζ – коэффициент использования энергии ветра.

ζ зависит от скорости ветра и изменяется от 0,05 до 0,593. Принимать при расчетах для горизонтальных ВЭУ $\zeta = 0,45$;

η – КПД установки;

$$\eta = \eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{э}}, \quad (7)$$

где $\eta_{\text{в}}$ – КПД ветроколеса;

$\eta_{\text{э}}$ – КПД электрооборудования.

1.2. Расчет геотермальной системы отопления и ГВС

Общие положения

Тепловой режим земной коры до глубины около 40 метров подвержен суточным и годовым колебаниям. С увеличением глубины колебания затухают. Тепловую энергию земной коры наиболее целесообразно использовать в местах, где пролегают геотермальные водоносные горизонты.

Наиболее эффективные способы использования геотермальных вод: горячее и техническое водоснабжение (температура вод 40-70 °С), отопление (70-120 °С), электроэнергетика (150-200 °С). Причем наиболее рационально использовать термальные воды в последовательном цикле: электроэнергия → отопление → горячее водоснабжение (ГВС). Если температура воды менее 120 °С, то первая ступень исключается.

Возможность применения геотермальных вод зависит от их состава и характеристик водоносных источников.

По химическому составу геотермальные воды классифицируются на:

- гидрокарбонатно-натриевые;
- сульфатно-натриевые;
- хлормагниевые;
- хлоркальциевые.

Классификация геотермальных вод по газовому составу:

- агрессивные – содержат углекислоту и сероводород;
- нейтральные – азотные и метановые.

Классификация геотермальных вод по степени минерализации:

- пресные – до 1 г/л;
- солоноватые – 1-10 г/л;
- соленые – 10-50 г/л;
- рассолы – более 50 г/л (достигает 600 г/л).

Для предотвращения отложения солей при использовании геотермальных вод в системах горячего водоснабжения и отопления в воду вводят гексаметафосфат натрия (1-3 мг/л).

По степени водоотдачи различают скважины:

- малodeбитные – до 0,005 м³/с;
- среднедебитные – 0,005-0,02 м³/с;
- высокодебитные – более 0,02 м³/с.

Наиболее распространена открытая схема использования геотермальных вод с температурой 70-120°С. Такая схема приведена на рис. 2.

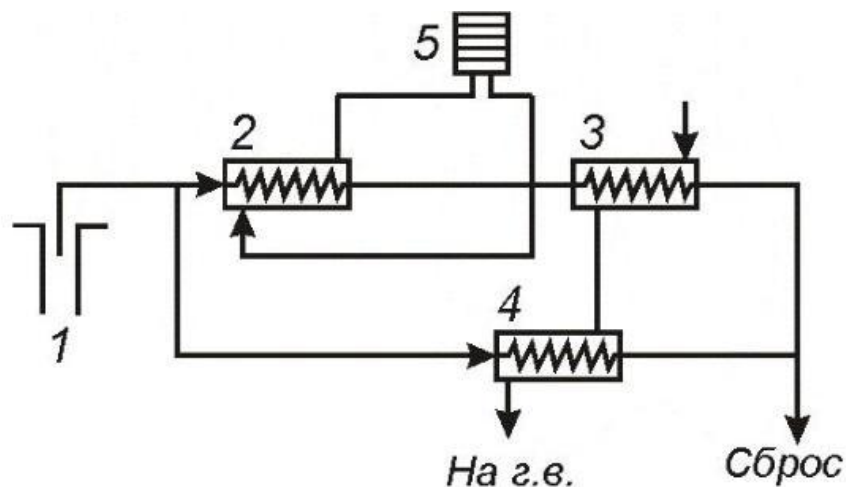


Рис.2. Схема отопления и ГВС

1 – скважина; 2 - теплообменник системы отопления; 3 - теплообменник ГВС 1-й ступени; 4 - теплообменник ГВС 2-й ступени; 5 – система отопления.

Методика расчета

Определение тепловой нагрузки на геотермальную установку, обеспечивающую теплом и горячей водой посёлок, связано с определением требуемой тепловой мощности источника теплоснабжения:

$$Q_{\text{тр}} = A \cdot Q_{\text{от}} + B \cdot Q_{\text{ГВ}}^{\text{max}}, \text{ Вт}, \quad (8)$$

где A и B – коэффициенты потерь мощности в установке.

При расчетах принимать $A = 1,018$, $B = 1,0526$;

$Q_{\text{от}}$ – тепловая нагрузка на отопление жилых и общественных зданий, Вт;

$Q_{\text{ГВ}}^{\text{max}}$ – максимальная тепловая нагрузка на ГВС жилых зданий, Вт.

$$Q_{\text{от}} = q_{\text{оукр}} \cdot (F_{\text{ж}} + F_{\text{о}} \cdot (1+K)), \text{ Вт}, \quad (9)$$

где $q_{\text{оукр}}$ – укрупнённый показатель максимального расхода теплоты на отопление 1 м^2 общей площади зданий, Вт/м²;

$F_{\text{ж}}$ – площадь жилых зданий, м²;

$F_{\text{о}}$ – площадь общественных зданий, м²;

K – поправочный коэффициент, учитывающей расход теплоты на отопление общественных зданий, $K = 0,25$.

Для определения тепловой нагрузки на ГВС жилых зданий определяют средний и максимальный тепловые потоки по формулам:

$$Q_{\text{ГВср}} = g_{\text{ГВукр}} \cdot m, \text{ Вт}, \quad (10)$$

где m – количество жителей, чел;

$g_{\text{ГВукр}}$ – укрупнённый тепловой расход на обеспечение горячей водой одного жителя, Вт/чел.

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{max}} = 2,4 \cdot Q_{\text{ГВср}}, \text{ Вт}, \quad (11)$$

где $2,4$ – коэффициент максимальной тепловой нагрузки.

Определение расхода горячей воды из геотермальных скважин на отопление и ГВС проводится по формуле:

$$G_{\text{ГВ}} = \frac{Q_{\text{тр}}}{\eta \cdot C \cdot \Delta T}, \text{ кг/с}, \quad (12)$$

где $Q_{\text{тр}}$ – требуемая тепловая мощность источника теплоснабжения, кВт;

η – КПД геотермальной установки, доли от 1;

C – удельная теплоемкость воды, кДж / кг·К;

ΔT – перепад температур геотермальной воды на входе в систему и на выходе из неё, К.

1. 3. Расчет биогазовой установки

Общие сведения

Биогаз – газообразный продукт, получаемый в результате анаэробной ферментации (сбраживания) органических веществ различного происхождения. Биогаз представляет собой смесь метана CH_4 : 55-70 %; углекислого газа CO_2 : 28-43 %; сероводорода H_2S : до 0,1-3 %, а также других сопутствующих газов: толуола, аммиака, ксилола, формальдегида, оксида углерода, оксидов азота и пр. [3].

Биогаз является альтернативой природному газу и может быть использован для получения тепловой и электрической энергии.

Биогаз может быть получен из сельскохозяйственных отходов, отходов животноводства, птицеводства (навоз, помёт, подстилка), при этом выход биогаза может достигать $600 \text{ м}^3/\text{т}$.

Биогазовые реакторы называются метантенками (рис. 3).

Реактор представляет из себя герметичную емкость, в которую загружают отходы. Емкость часто разделяют на секции перегородками для разделения стадий процесса.

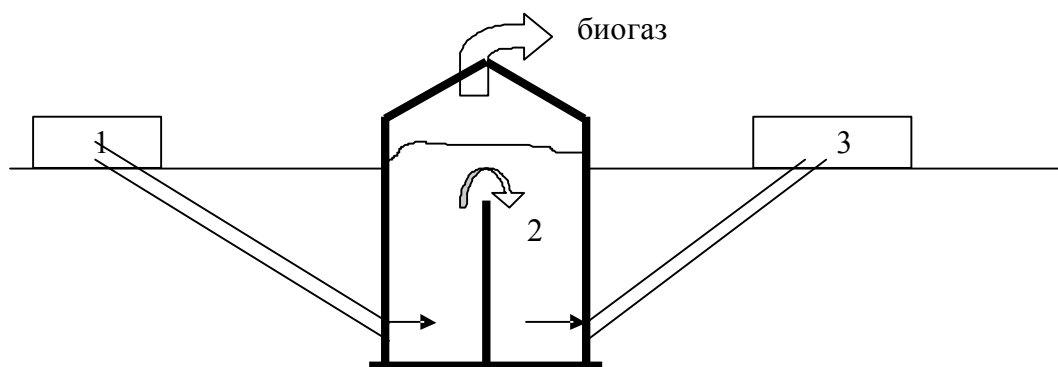


Рис. 3. Схема метантенка:

1 – ферма; 2 – реактор (метантенк); 3 – силос (склад) для удобрений

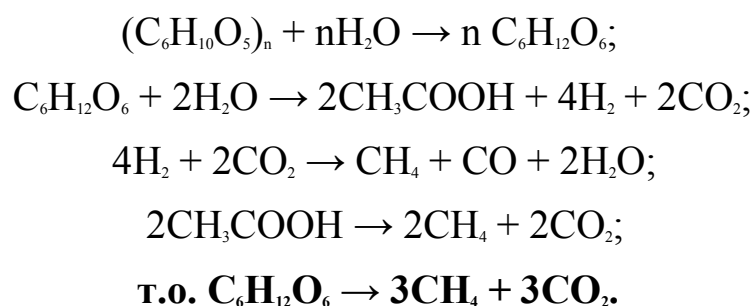
Анаэробное сбраживание биомассы происходит в несколько стадий:

1) Гидролиз. Сложные биополимерные молекулы (белки, жиры, целлюлоза) расщепляются до более простых – пептидов, жирных кислот, олигосахаридов.

2) Ферментация (кислотная фаза). Мономеры разрушаются до органических кислот (уксусной, муравьиной, молочной и др.), спиртов, газов (водород, диоксид углерода, сероводород, аммиак), аминокислот и др. процесс осуществляют сапрофитные анаэробные бактерии в кислой среде $pH = 4,5-7$.

3) Метановая фаза. Вещества разлагаются метанобразующими бактериями (строго анаэробными) до метана, углекислого газа, азота и водорода. Фаза считается щелочной, $pH = 6-8$. Для метанобразующих бактерий оптимальные температуры размножения $30-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ - мезофильное брожение; $50-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ – термофильное брожение.

Процесс сбраживания начинается с гидролиза клетчатки и дальнейшего сбраживания продуктов её гидролиза:



В процессе метанового брожения 90 % органических веществ превращаются в метан и углекислый газ. Реакция экзотермическая ($1,5\text{ МДж/кг}$ сух. массы), но этого недостаточно для создания в реакторе нужной температуры, поэтому обычно необходим дополнительный подогрев метантенка. Кроме того, метантенки могут быть оснащены дополнительно мешалками, оборудованием для подачи питательных веществ, средствами контроля и управления процессом.

Для биогазовых установок непрерывного действия длительность полного сбраживания – 20-22 дня.

Методика расчета

Суточный выход биогаза из реактора определяется по формуле:

$$L_{\text{БГ}} = \frac{L_{\text{CH}_4}}{C_{\text{CH}_4}^{\%}} \cdot 100, \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}, \quad (13)$$

где L_{CH_4} – суточный выход метана из реактора, $\text{м}^3/\text{сут}$;

$C_{\text{CH}_4}^{\%}$ - концентрация метана в биогазе, %.

Суточный выход метана из реактора определяется по формуле:

$$L_{\text{CH}_4} = \frac{L_0 \text{CH}_4 \cdot V_{\text{реакт}}^{\text{min}}}{k_3}, \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}, \quad (14)$$

где $L_0 \text{CH}_4$ – удельный суточный выход метана на единицу объема реактора, $\text{м}^3/\text{сут} \cdot \text{м}^3$;

$V_{\text{реакт}}^{\text{min}}$ - минимальный объем реактора, м^3 ;

k_3 – коэффициент заполнения реактора, доли от 1. Реактор должен быть заполнен не более чем на 90 %.

Удельный суточный выход метана:

$$L_0 \text{CH}_4 = \frac{B_0 \cdot S_0}{\Theta \cdot \mu_{\text{м/о}} \cdot K}, \frac{\text{м}^3}{\text{сут} \cdot \text{м}^3}, \quad (15)$$

где B_0 – предельный выход метана за сутки с 1 кг органического вещества, $\text{м}^3/\text{сут} \cdot \text{кг}$;

S_0 – концентрация органического вещества на выходе, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Θ – время полного обмена жидкости в реакторе, сут. Минимальный срок выдержки навоза – 12 суток;

K – кинетический коэффициент;

$\mu_{\text{м/о}}$ – максимальная скорость роста микроорганизмов, сут^{-1} .

Концентрация органического вещества на выходе

$$S_0 = \frac{G_{\text{сух}} \cdot S_0'}{W_6}, \text{кг}/\text{м}^3, \quad (16)$$

где $G_{\text{сух}}$ – суточный выход сухих веществ, $\text{кг}/\text{сут}$;

S_0' - содержание органического вещества, доли от 1;

W_6 – суточный объем биомассы, $\text{м}^3 / \text{сут}$.

$$G_{\text{сух}} = G_{\text{б}} \cdot C_{\text{сух}}, \text{ кг/сут}, \quad (17)$$

где $G_{\text{б}}$ – суточное количество биомассы, поступающей на переработку, кг/сут;

$C_{\text{сух}}$ – содержание в биомассе сухого вещества, доли от 1.

Суточный объем биомассы:

$$W_{\text{б}} = G_{\text{б}} / \rho_{\text{б}}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (18)$$

где $\rho_{\text{б}}$ – плотность биомассы (навоза), кг/м³.

Кинетический коэффициент зависит от типа сбраживаемой биомассы:

$$\text{для навоза крупного рогатого скота (КРС): } K = 0,8 + 0,0016 \cdot e^{0,06 \cdot S_0}; \quad (19)$$

$$\text{для свиного навоза: } K = 0,5 + 0,0043 \cdot e^{0,091 \cdot S_0}; \quad (20)$$

Скорость роста микроорганизмов зависит от температуры протекания процесса:

$$\mu_{\text{м/о}} = 0,013 \cdot T - 0,129, \text{ сут}^{-1}, \quad (21)$$

где T – температура, °С.

Минимальный объем реактора:

$$V_{\text{реакт}}^{\text{мин}} = W_{\text{б}} \cdot \Theta, \text{ м}^3. \quad (22)$$

Количество тепла от сжигания биогаза:

$$Q_{\text{сут}} = L_{\text{БГ}} \cdot Q_{\text{г}}, \text{ МДж/сут}, \quad (23)$$

где $Q_{\text{г}}$ – низшая теплота сгорания биогаза, МДж/м³.

II. ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Задание № 1. Рассчитать скорость ветра и мощность ветроэнергетической установки (ВЭУ) при значениях высоты башни $h_2 = 10; 30; 60; 100$ метров.

Рассчитать наименьшую допустимую высоту башни ВЭУ и определить скорость ветра и мощность установки при этом значении высоты. Построить график зависимости $N = f(h_2)$. Сделать вывод по результатам работы.

Исходные данные:

Скорость ветра на высоте 10 м.: 8 м/с;

Температура воздуха: 23 °С;

Барометрическое давление: 760 мм рт. ст.;

Диаметр ветроколеса: 6 м;

КПД ротора: 0,9;

КПД электрооборудования: 0,9;

Тип самого высокого препятствия: здание;

Высота препятствия: 30 м;

Расстояние до препятствия: 150 м.

Расчет:

Площадь, ометаемая лопастями ветроколеса ВЭУ, определяется по формуле (5) при длине лопасти 3 метра:

$$F = \pi \cdot 3^2 = 28,26 \text{ м}^2.$$

Плотность воздуха при рабочей температуре воздуха 23 °С определяется по формуле (24):

$$\rho = \frac{288 \cdot 760}{760 \cdot (23 + 273)} = \frac{268346,88}{224960} = 1,193 \text{ кг/м}^3.$$

Минимальная высота башни ВЭУ, исходя из общих положений расчета ВЭУ, рассчитывается с учетом высоты самого высокого препятствия в радиусе 150 метров и диаметра ветроколеса:

$$h_{2,\min} = 30 + 10 + 3 = 43 \text{ м};$$

Скорости ветра на различной высоте рассчитываются по формуле (2). Поскольку наиболее высокое препятствие является одиночным, имеет высоту более 2 м и находится на расстоянии 150 м от ВЭУ, коэффициент градиента скорости ветра по табл. 1 составляет 0,3. Тогда:

при $h_2 = 10$ м:

$$\omega = 8 \text{ м/с};$$

$$\omega = \left(\frac{10}{10} \right)^{0,3} \cdot 8$$

при $h_2 = 30$ м:

$$\omega = 11,12 \text{ м/с};$$

$$\frac{\omega}{8} = \left(\frac{30}{10} \right)^{0,3};$$

при $h_{2,\text{min}} = 43$ м:

$$\omega = 12,39 \text{ м/с};$$

$$\omega = \left(\frac{43}{10} \right)^{0,3} \cdot 8$$

при $h_2 = 60$ м:

$$\omega = 13,70 \text{ м/с};$$

$$\frac{\omega}{8} = \left(\frac{60}{10} \right)^{0,3};$$

при $h_2 = 100$ м:

$$\omega = 15,96 \text{ м/с};$$

$$\frac{\omega}{8} = \left(\frac{100}{10} \right)^{0,3}.$$

Массовый расход воздуха через площадь, отмечаемую лопастями ветроколеса, определяется по формуле (3) для каждого значения скорости ветра:

$$m = 1,193 \cdot 8 \cdot 28,26 = 269,71 \text{ кг/с};$$

$$m = 1,193 \cdot 11,12 \cdot 28,26 = 374,90 \text{ кг/с};$$

$$m = 1,193 \cdot 12,39 \cdot 28,26 = 417,72 \text{ кг/с};$$

$$m = 1,193 \cdot 13,70 \cdot 28,26 = 461,88 \text{ кг/с};$$

$$m = 1,193 \cdot 15,96 \cdot 28,26 = 538,08 \text{ кг/с}.$$

Энергия ветрового потока на различной высоте ветроколеса определяется по формуле (1):

$$E = \frac{269,71 \cdot 8^2}{2} = 8630,72 \text{ Вт};$$

$$E = \frac{374,9 \cdot 11,12^2}{2} = 23179,02 \text{ Вт};$$

$$E = \frac{417,72 \cdot 12,39^2}{2} = 32062,54 \text{ Вт};$$

$$E = \frac{461,88 \cdot 13,70^2}{2} = 43345,13 \text{ Вт};$$

$$E = \frac{538,08 \cdot 15,96^2}{2} = 68530,30 \text{ Вт}.$$

КПД установки по формуле (7) составит:

$$\eta = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81;$$

Мощность, развиваемая ВЭУ при различной высоте башни, рассчитывается по формуле (6):

$$N = 0,81 \cdot 0,45 \cdot 8630,72 = 3145,9 \text{ Вт};$$

$$N = 0,81 \cdot 0,45 \cdot 23179,02 = 8448,75 \text{ Вт};$$

$$N = 0,81 \cdot 0,45 \cdot 32062,54 = 11686,8 \text{ Вт};$$

$$N = 0,81 \cdot 0,45 \cdot 43345,13 = 15799,3 \text{ Вт};$$

$$N = 0,81 \cdot 0,45 \cdot 68530,30 = 24979,3 \text{ Вт}.$$

Зависимость $N = f(h_2)$ изображена на рис 4.

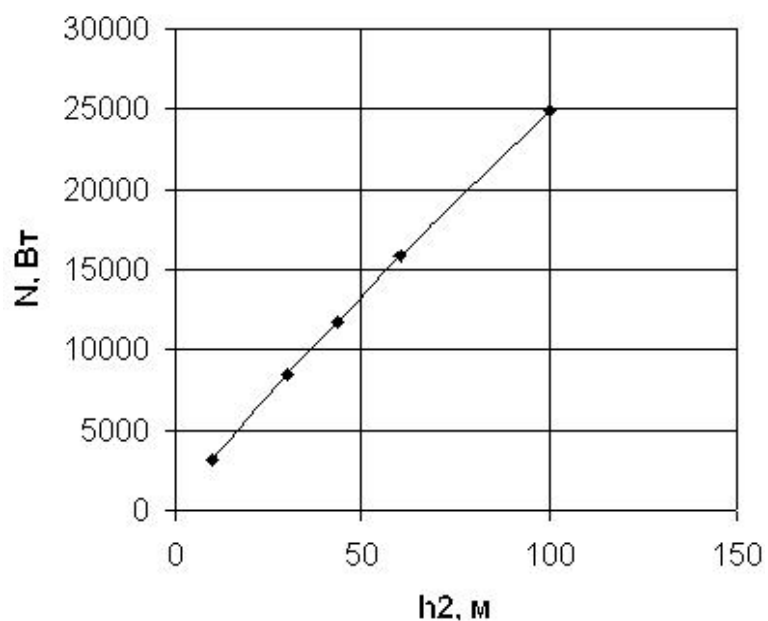


Рис. 4. График зависимости $N = f(h_2)$

Вывод: Мощность ветроэнергетической установки возрастает с увеличением высоты башни. Мощность установки при минимальной высоте башни (43 метра) составит $N = 11686,8 \text{ Вт} = 11,7 \text{ кВт}$.

Задание № 2. Определить расход геотермальной воды из скважины и сделать вывод о классе скважины по степени водоотдачи.

Исходные данные:

Количество жителей: 1610 человек;

Количество жилых домов: 680;

Площадь одного жилого дома: 45 м^2 ;

Количество общественных зданий: 2;

Площадь одного общественного здания: 96 м^2 ;

КПД геотермальной установки: 0,80;

Температура воды, поступающей из геотермального источника: $98 \text{ }^\circ\text{C}$;

Температура воды на выходе из системы: $51 \text{ }^\circ\text{C}$.

Расчет:

Общая площадь жилых зданий составляет:

$$F_{\text{ж}} = 680 \cdot 45 = 30600 \text{ м}^2.$$

Общая площадь общественных зданий составляет:

$$F_{\text{о}} = 2 \cdot 96 = 192 \text{ м}^2.$$

Тепловая нагрузка на отопление жилых и общественных зданий рассчитывается по формуле (9):

$$Q_{\text{от}} = 126 \cdot (30600 + 192 \cdot (1 + 0,25)) = 3885840 \text{ Вт} = 3885,84 \text{ кВт}.$$

Средняя тепловая нагрузка на горячее водоснабжение жилых зданий определяется по формуле (10):

$$Q_{\text{гср}} = 320 \cdot 1610 = 515200 \text{ Вт} = 515,2 \text{ кВт}.$$

Максимальная тепловая нагрузка на горячее водоснабжение жилых зданий определяется по формуле (11) с учетом повышающего коэффициента:

$$Q_{\text{г}}^{\text{max}} = 2,4 \cdot 515,2 = 1236,48 \text{ кВт}.$$

Требуемая тепловая мощность источника теплоснабжения определяется по формуле (8):

$$Q_{\text{тр}} = 1,018 \cdot 3885,84 + 1,0526 \cdot 1236,48 = 5257,3 \text{ кВт.}$$

Расход воды из геотермальной скважины на отопление и горячее водоснабжение определяется по формуле (12):

$$G_{\text{ГВ}} = \frac{5257,3}{0,8 \cdot 4,19 \cdot (98 - 51)} = 33,37 \text{ кг/с.}$$

Плотность воды при температуре 98 °С составляет 960 кг/м³ [4], поэтому объемный расход воды из скважины составляет:

$$V_{\text{ГВ}} = \frac{33,37}{960} = 0,035 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Вывод: скважину можно отнести по классу водоотдачи к высокодебитным [2].

Задание № 3. Определить суточный выход биогаза из реактора и количество тепла, которое может быть получено от его сжигания.

Исходные данные:

Тип биомассы: свиной навоз;

Суточное количество биомассы, поступающей на переработку: 17,61 т/сут;

Плотность навоза: 1070 кг/м³;

Температура процесса анаэробного сбраживания: 32 °С.

Расчет:

Для определения удельного суточного выхода метана необходимо знать предельный выход метана за сутки на 1 кг органического вещества, время полного обмена жидкости в реакторе, максимальную скорость роста микроорганизмов, кинетический коэффициент и концентрацию органического вещества на выходе.

Предельный выход метана за сутки на 1 кг органического вещества (B_0) при использовании свиного навоза составляет 0,55 м³/сут·кг:

Минимальное время полного обмена жидкости в реакторе (Θ) составляет 12 суток.

Максимальная скорость роста микроорганизмов зависит от температуры процесса и определяется по формуле (21):

$$\mu_{m/o} = 0,013 \cdot 32 - 0,129 = 0,287 \text{ сут}^{-1}.$$

Концентрация органического вещества на выходе из реактора вычисляется по формуле (16) и зависит от суточного расхода сухих веществ и объема биомассы.

Суточный объем биомассы определяется по формуле (18):

$$W_6 = 17610/1070 = 16,46 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Суточный выход сухих веществ вычисляется по формуле (17):

$$G_{\text{сух}} = 17610 \cdot 0,115 = 2025,15 \text{ кг/сут}.$$

Концентрация органического вещества на выходе из реактора:

$$S_0 = \frac{2025,15 \cdot 0,068}{16,46} = 8,37 \text{ кг/м}^3.$$

Кинетический коэффициент для свиного навоза определяется по формуле (20):

$$K = 0,5 + 0,0043 \cdot e^{0,091 \cdot 8,37} = 0,5 + 0,0043 \cdot 2,14 = 0,5092.$$

Удельный суточный выход метана рассчитывается по формуле (15):

$$L_{\text{CH}_4} = \frac{0,55 \cdot 8,37}{12} \cdot \frac{1 - 0,5092}{12 \cdot 0,287 - 1 + 0,5092} = 0,0638 \frac{\text{м}^3}{\text{сут} \cdot \text{м}^3}.$$

Для определения суточного выхода метана из реактора нужно вычислить

минимальный объем реактора по формуле (22):

$$V^{\text{мин}}_{\text{реакт}} = 16,46 \cdot 12 = 197,52 \text{ м}^3.$$

Суточный выход метана из реактора при загрузке реактора на 90 % в соответствии с формулой (14) составит:

$$L_{\text{CH}_4} = \frac{0,0638 \cdot 197,52}{0,9} = 14,002 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}.$$

Суточный выход биогаза из реактора определяется по формуле (13):

$$L_{\text{БГ}} = \frac{14,002}{70} \cdot 100 = 20,003 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}.$$

Количество тепла от сжигания полученного объема биогаза вычисляется

по формуле (23):

$$Q_{\text{сут}} = 20,003 \cdot 23 = 460,07 \text{ МДж/сут.}$$

Вывод: В результате мезофильного анаэробного сбраживания свиного навоза в количестве 17,61 т/сут может быть получено до 460,07 МДж тепла в сутки. Эта тепловая энергия может быть использована для отопления производственных и административных помещений сельскохозяйственного предприятия в холодные периоды года.

III. ЗАДАНИЕ

Порядок выбора варианта: студент выбирает номер варианта в соответствии с последней цифрой в номере его зачетной книжки. Если последняя цифра номера зачетки 0, выбирается вариант 10.

Исходные данные для выполнения заданий:

Задание № 1. Рассчитать скорость ветра и мощность ветроэнергетической установки (ВЭУ) при значениях высоты башни $h_2 = 10; 30; 60; 100$ метров. Рассчитать наименьшую допустимую высоту башни ВЭУ и определить скорость ветра и мощность установки при этом значении высоты. Построить график зависимости $N = f(h_2)$. Сделать вывод по результатам работы.

вариант а	Скорость ветра на высоте 10м, м/с	Температура воздуха $t_a, ^\circ\text{C}$	Диаметр ветроколеса	КП Двухколеса	КП Электрооборудования	Тип самого высокого препятствия	Высота препятствия, м	Расстояние до препятствия, м
1	8	20	4	0,7	0,8	здание	15	120
2	6	14	5	0,8	0,9	дерево	6	20
3	10	12	8	0,9	0,7	кусты	1,2	100
4	7	16	5	0,8	0,9	дерево	2,5	150
5	9	17	4	0,7	0,8	здание	10	40
6	6	18	5	0,8	0,7	холм	5	70
7	10	19	7	0,9	0,75	пастбище	0,5	60
8	7	20	4	0,9	0,8	дерево	8	128
9	8	21	8	0,9	0,8	дерево	3	135
10	9	22	3	0,7	0,9	здание	12	150

Барометрическое давление: 760 мм рт. ст.

Справочные данные для выбора коэффициента градиента ветра приведены в табл. 1.

Задание № 2. Определить расход геотермальной воды из скважины и сделать вывод о классе скважины по степени водоотдачи.

варианта	Количество жителей чел.	Количество жилых домов	Площадь одного жилого дома м^2	Количество общественных зданий	Площадь одного общественного здания, м^2	КПД установки	Температура из геотермального источника, $^{\circ}\text{C}$	Температура на выходе из системы, $^{\circ}\text{C}$
1	1020	800	36	3	100	0,60	90	58
2	2000	950	40	2	120	0,65	100	50
3	1215	780	32	5	80	0,70	85	45
4	1400	480	50	1	150	0,75	80	53
5	2000	650	100	2	100	0,80	95	50
6	1880	540	85	3	90	0,85	93	45
7	1185	260	100	1	180	0,60	95	60
8	1960	680	75	2	95	0,65	85	45
9	2200	700	42	4	80	0,70	96	50
10	2070	620	70	2	105	0,75	85	38

При расчетах принимать:

удельный расход теплоты на отопление одного м^2 здания - 126 Вт/м^2 ;

удельный расход теплоты на ГВС - 320 Вт/чел ;

удельная теплоемкость воды - $4,19 \text{ кДж/кг}^{\circ}\text{C}$.

Задание № 3. Определить суточный выход биогаза из реактора и количество тепла, которое может быть получено от его сжигания.

варианта	Тип биомассы / вид хранилища	Суточное количество биомассы, поступающей на переработку, т/сут	Плотность биомассы (навоза), кг/м ³	Температура процесса анаэробного сбраживания, °С
1	навоз КРС/бетонное хранилище	53,52	1025	35
2	навоз КРС/земляное хранилище	66,06	1024	33
3	коровий навоз	42,37	1029	35
4	свиной навоз	29,55	1050	34
5	навоз КРС/бетонное хранилище	42,08	1010	36
6	навоз КРС/земляное хранилище	40,5	1012	35
7	коровий навоз	59,31	1020	35
8	свиной навоз	33,96	1065	33
9	коровий навоз	82,02	1022	32
10	свиной навоз	18,5	1070	35

При расчетах принимать:

- 1) содержание органического вещества в навозе - 6,8 %;
- 2) содержание сухого вещества – 11,5 %;
- 3) концентрация метана в биогазе - 70 %;
- 4) предельный выход метана за сутки на 1 кг органического вещества (V_0), м³/сут·кг:

навоз КРС (бетонное навозохранилище) – 0,36;

навоз КРС (земляное навозохранилище) – 0,07;

коровий навоз – 0,25;

свиной навоз – 0,55;

- 5) низшая теплота сгорания биогаза - 23 МДж/м³.

IV. ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Солнечная энергетика. Эволюция солнечной батареи.
2. Аэростатные солнечные электростанции.
3. Проекты использования солнечного ветра .
4. Аккумулирующие ГЭС. Перспективы развития.
5. Инновационные проекты по использованию энергии морских волн.
6. Ледниковые электростанции.
7. Приливная энергетика в России. Теория и практика.
8. Инновационные проекты по использованию энергии ветра.
9. Геотермальная энергетика в России. Теория и практика.
10. Перспективы и проблемы биоэнергетики.
11. Зеленый дом, теория и практика.
12. Гибридные энергетические установки.
13. Космическая энергетика.
14. Вирусные и бактериальные батареи.
15. Грозовые электростанции.
16. Экологические проблемы при использовании альтернативных источников энергии.
17. Двигатели на магнитном подвесе. Теория и практика.
18. Магнитогидродинамический генератор.
19. Методы оценки потенциала альтернативных источников энергии.
20. Использование альтернативных источников энергии на промышленных предприятиях.

Тема реферата выбирается студентом самостоятельно и согласуется с преподавателем на установочном занятии или в интерактивном режиме по электронной почте.

Реферат рекомендуется выполнять в объеме 8-15 страниц, шрифт 14 Times New Roman, межстрочный интервал - 1,5.

При подготовке реферата следует руководствоваться литературой, указанной в библиографическом списке, приведенном ниже, а также другими источниками информации, включая периодические издания, ГОСТы, иностранную литературу и интернет-ресурсы. В конце реферата обязательно должен быть приведен список использованных источников информации.

Библиографический список

1. Безруких П.П. Ветроэнергетика: справочное и методическое пособие. – М.: ИД ЭНЕРГИЯ, 2010. – 320 с.
2. Голицын М.В., Голицын А.М., Пронина Н.В. Альтернативные энергоносители / отв. ред. Г.С. Голицын. - М.: Наука, 2004. – 159 с.
3. Итоги науки и техники: серия Биотехнология . Т. 21. Биогаз – проблемы и решения. – М.: ВИНТИ, 1988.
4. Кошкин Н.И., Ширкевич М.Г. Справочник по элементарной физике. – 9-е изд. – М.: Наука. 1982. – 208 с.
5. Магомедов А. М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. - Махачкала: Изд.-полигр. предприятие "Юпитер", 1996. – 244 с.
6. Сибикин М.Ю., Сибикин Ю.Д. Технология энергосбережения: учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2013. – 352 с.
7. Стэн Гибилиско. Альтернативная энергетика без тайн / пер. с англ. А.В. Соловьева. – М.: Эксмо, 2010. – 368 с.
8. Энергосберегающие технологии в промышленности: учебное пособие/ А.М. Афонин и др. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2013.