

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ РАСТИТЕЛЬНЫХ
ПОЛИМЕРОВ»**

Кафедра охраны окружающей среды и рационального использования
природных ресурсов

Возобновляемые источники энергии

Методическое пособие
для выполнения контрольных работ

Факультет - заочный

Направление: 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Санкт-Петербург
2014

УДК 621.5(07)

Возобновляемые источники энергии: методическое пособие для выполнения контрольных работ /сост.: Е.А. Васильева, Л.М. Исянов; СПбГТУРП. – СПб., 2014. - 28 с.

Методическое пособие включает задачи для выполнения контрольной работы и темы для подготовки рефератов в соответствии с разделами рабочей программы дисциплины «Альтернативные источники энергии». Также в пособии приведены общие положения и рекомендации по решению указанных задач.

Настоящее методическое пособие предназначено для студентов заочной формы обучения по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

Рецензент:

доцент кафедры промышленной теплоэнергетики, канд. техн. наук
С.Н. Смородин

Подготовлено и рекомендовано к печати кафедрой охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов СПбГТУРП (протокол № 7 от 15.05.2014 г.).

Утверждено к изданию методической комиссией инженерно-экологического факультета СПбГТУРП (протокол № 1 от 26.09.2014 г.).

© Васильева Е.А., Исянов Л.М., 2014

© Санкт-Петербургский

государственный технологический

университет растительных полимеров, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

I. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	4
1. 1. РАСЧЕТ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ.....	-
1.2. РАСЧЕТ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ГВС	7
1. 3. РАСЧЕТ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ.....	10
II. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА	14
III. ЗАДАНИЯ	21
IV. ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ	24
<i>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК</i>	26
ПРИЛОЖЕНИЕ	27

I. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. 1. Расчет горизонтальной ветроэнергетической установки

Общие положения

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

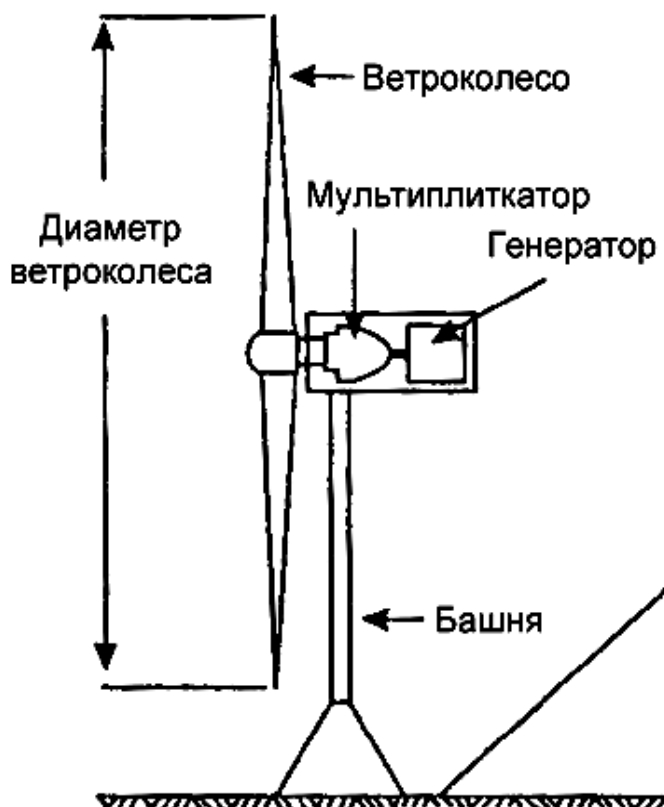


Рис. 1. Схема горизонтальной ВЭУ

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, отметаемую 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):

$$\rho = \rho_0 \cdot \frac{288 \cdot B}{760 \cdot T}, \text{ кг/м}^3, \quad (4)$$

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°C. Такая схема приведена на рис. 2.

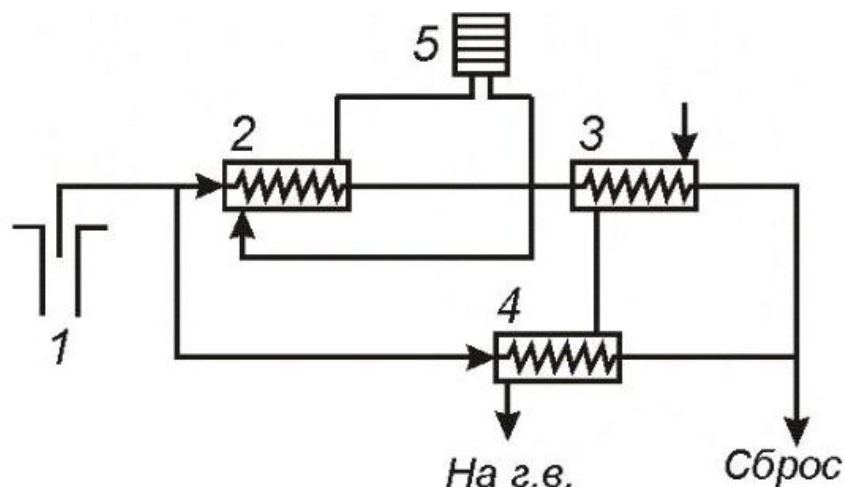


Рис.2. Схема отопления и ГВС

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:

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

где A и B – коэффициенты потерь мощности в установке.

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

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

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

$$Q_{от} = q_0^{укр} \cdot (F_{ж} + F_o \cdot (1+K)), \text{ Вт}, \quad (9)$$

где $q_0^{укр}$ – укрупнённый показатель максимального расхода теплоты на отопление 1 м² общей площади зданий, Вт/м²;

$F_{ж}$ – площадь жилых зданий, м²;

F_o – 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:

$$Q_{гв}^{cp} = g_{гв}^{укр} \cdot m, \text{ Вт}, \quad (10)$$

где m – количество жителей, чел;

$g_{гв}^{укр}$ – укрупнённый тепловой расход на обеспечение горячей водой одного жителя, Вт/чел.

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

где 2,4 – коэффициент максимальной тепловой нагрузки.

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

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

где $Q^{тр}$ – 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.

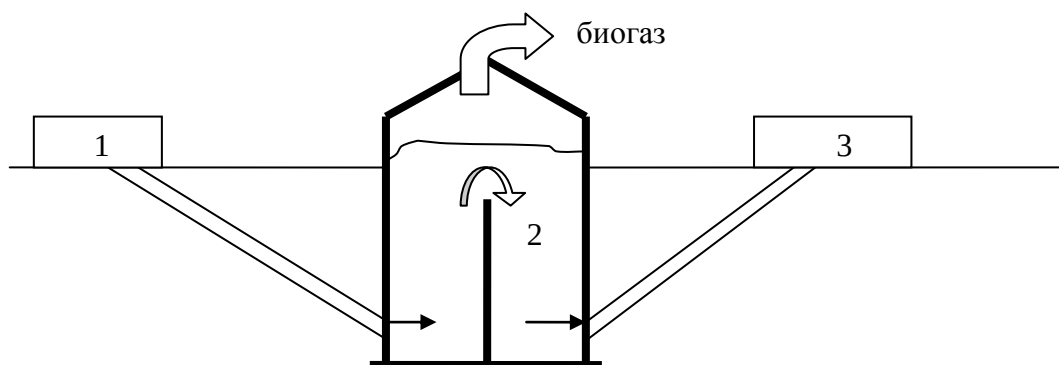


Рис. 3. Схема метантенка:

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

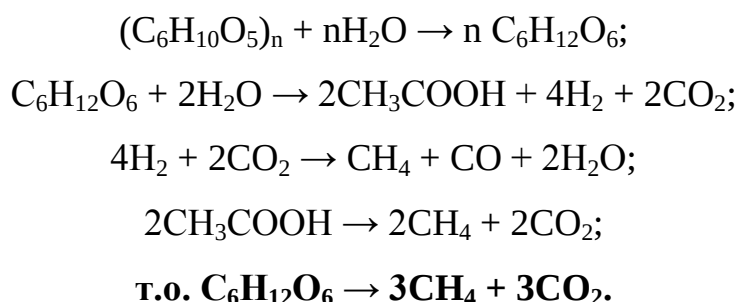
Анаэробное сбраживание биомассы происходит в несколько стадий:

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 $\text{pH} = 4,5-7$.

3) Метановая фаза. Вещества разлагаются метанобразующими бактериями (строго анаэробными) до метана, углекислого газа, азота и водорода. Фаза считается щелочной, $\text{pH} = 6-8$. 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:

$$L_{\text{CH}_4} = \frac{L_{0\text{CH}_4} \cdot V_{\text{реакт}}^{\min}}{k_3}, \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}, \quad (14)$$

где $L_{0\text{CH}_4}$ – удельный суточный выход метана на единицу объема реактора, $\text{м}^3/\text{сут} \cdot \text{м}^3$;

$V_{\text{реакт}}^{\min}$ – 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:

$$L_{0\text{CH}_4} = \frac{B_0 \cdot S_0}{\Theta} \cdot \frac{1 - K}{\Theta \cdot \mu_{\text{м/о}} - 1 + K}, \frac{\text{м}^3}{\text{сут} \cdot \text{м}^3}, \quad (15)$$

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:

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

для свиного навоза: $K = 0,5 + 0,0043 \cdot e^{0,091 \cdot S_0}$; (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, °C.

Минимальный объем реактора:

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

Количество тепла от сжигания биогаза:

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

где Q_i^{r} – низшая теплота сгорания биогаза, МДж/м³.

II. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

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, отмечаемая 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 (4):

$$\rho = \frac{1,226 \cdot 288 \cdot 760}{760 \cdot (23 + 273)} = \frac{268346,88}{224960} = 1,193 \text{ кг/м}^3.$$

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:

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

$$\omega = 8 \text{ м/с};$$

при $h_2 = 30$ м:

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

$$\omega = 11,12 \text{ м/с};$$

при $h_2^{\min} = 43$ м:

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

$$\omega = 12,39 \text{ м/с};$$

при $h_2 = 60$ м:

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

$$\omega = 13,70 \text{ м/с};$$

при $h_2 = 100$ м:

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

$$\omega = 15,96 \text{ м/с};$$

Массовый расход воздуха через площадь, ометаемую 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.

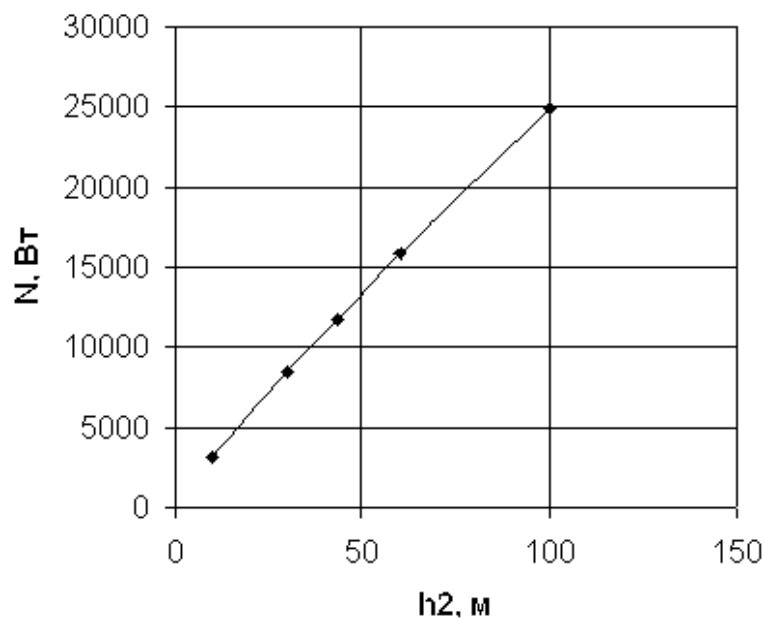


Рис. 4. График зависимости $N = f(h_2)$

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):

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

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):

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

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):

$$L_{\text{очн4}} = \frac{0,55 \cdot 8,37}{12} \cdot \frac{1 - 0,5092}{12 \cdot 0,287 - 1 + 0,5092} = 0,0638 \frac{\text{м}^3}{\text{сут} \cdot \text{м}^3}.$$

Для определения суточного выхода метана из реактора нужно вычислить минимальный объем реактора по формуле (22):

$$V_{\text{реакт}}^{\min} = 16,46 \cdot 12 = 197,52 \text{ м}^3.$$

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

$$L_{\text{сн4}} = \frac{0,0638 \cdot 197,52}{0,9} = 14,002 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}.$$

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. ЗАДАНИЯ

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.

№ варианта	Скорость ветра на высоте 10 м., м/с	Температура воздуха, °C	Диаметр ветроколеса, м	КПД ветроколеса	КПД 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, °С	Температура на выходе из системы, °С
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 м² здания - 126 Вт/м²;

удельный расход теплоты на ГВС - 320 Вт/чел;

удельная теплоемкость воды - 4,19 кДж/кг*К.

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 (B_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. Титульный лист реферата оформляется в соответствии с Приложением.

Реферат рекомендуется выполнять в объеме 8-15 страниц, шрифт 14 Times New Roman, межстрочный интервал - 1,5. В текст реферата можно включить 2-3 рисунка.

Реферат предоставляется преподавателю на бумажном носителе в первый день очных занятий.

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.

Образец титульного листа реферата

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ»**

Заочный факультет

Кафедра охраны окружающей среды и рационального использования
природных ресурсов

РЕФЕРАТ

по дисциплине «Альтернативные источники энергии»

Тема «.....»

Выполнил:

Студент __ курса __ группы

Фамилия И.О.

Проверил:

должность преподавателя, Фамилия И.О.

Санкт-Петербург

20__ год

Васильева Елена Александровна

Исянов Лев Михайлович

Возобновляемые источники энергии

Методическое пособие
для выполнения контрольных работ

Редактор и корректор В.А. Басова
Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2014, поз. 66

Подп. к печати 28.05.2014 г. Формат 60х84/16. Бумага тип №1. Печать
офсетная. Объем 1,75 печ.л.; 1,75 уч.-изд. л. Тираж 100 экз.

Изд. № 66. Цена «С». Заказ №

Ризограф Санкт-Петербургского государственного технологического
университета растительных полимеров, 198095, Санкт-Петербург, ул.
Ивана Черных, 4.