

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

Т.Л. Риполь-Сарагоси, А.Б. Кууск

НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ
ЭНЕРГИИ

Учебно-методическое пособие
к лабораторным работам

Ростов-на-Дону
2017

УДК 504.7(07) + 06

Рецензент – доктор технических наук, профессор В.А. Финоченко

Риполь-Сарагоси, Т.Л.

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебно-методическое пособие к лабораторным работам / Т.Л. Риполь-Сарагоси, А.Б. Кууск; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 20 с.

Пособие к лабораторному практикуму по курсу «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» для направления подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника» призвано помочь студентам в освоении методик проведения испытаний и расчетов по определению энергетической эффективности объектов нетрадиционной энергетики. Пособие содержит справочный материал, описание лабораторных установок и методики проведения испытаний и расчетов по разделам курса «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии».

Предназначено для студентов направления подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника».

Одобрено к изданию кафедрой «Теплоэнергетика на железнодорожном транспорте».

© Риполь-Сарагоси Т.Л., Кууск А.Б., 2017

© ФГБОУ ВО РГУПС, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Лабораторная работа № 1. Анализ ветроэнергетического потенциала	6
Лабораторная работа № 2. Сравнение распределения Рэля с результатами метеорологических наблюдений.	10
Лабораторная работа № 3. Испытание солнечного коллектора	13
Лабораторная работа № 4. Исследование возможности получения энергии ПЭС в заливах и эстуариях	18
Библиографический список	20

Введение

Сегодня как никогда остро стоят вопросы экономии энергетических и топливных ресурсов, а также защиты окружающей среды. Для успешной работы инженерам-теплотехникам следует уметь правильно анализировать условия, по возможности использовать энергосберегающие технологии, к которым относится также использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. А для этого необходимо иметь теоретическую базу и знать типовые методики расчетов.

В пособии содержится материал для проведения лабораторных занятий по курсу «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», изучаемого студентами специальности «Промышленная теплоэнергетика» на 3 и 4 курсе. Этот материал включает как описание лабораторных установок и исходных данных для проведения лабораторного практикума по разделам «Ветроэнергетика», «Энергия солнца», «Энергия океана» являющимся составными частями курса, так и необходимые теоретические основы для их успешного выполнения и защиты. В теоретических разделах пособия приводятся методики анализа и расчета, например, ветроэнергетического потенциала в какой-либо местности.

Так же содержатся необходимые справочные данные и аналитические зависимости для некоторых данных, представленных в справочной литературе.

Лабораторная работа № 1 «Анализ ветроэнергетического потенциала»

Цель работы Изучение методики определения ветроэнергетического потенциала местности. Получение навыков расчета энергетических параметров ветра.

В большинстве прикладных задач ветроэнергетики гораздо важнее знать не суммарное количество энергии, которое может выработать ветроустановка, например, за год, а ту мощность, которую она может обеспечивать постоянно. При сильном ветре, от 10 до 12 м/с, ветроустановки вырабатывают достаточно электроэнергии, которую иногда даже приходится сбрасывать в систему или запасать. Трудности возникают в периоды длительного затишья или слабого ветра. Поэтому для ветроэнергетики является законом считать районы со средней скоростью ветра менее 5 м/с малопригодными для размещения ветроустановок, а со скоростью 8 м/с – очень хорошими. Но независимо от этого во всех случаях требуется тщательный выбор параметров ветроустановок применительно к местным метеоусловиям.

1. Описание методики измерений и расчетов

Для проведения анализа ветроэнергетического потенциала требуется предварительно проводить в течение года ежедневные 5-ти кратные измерения скорости ветра с равными промежутками времени: в 9 ч, 12 ч, 15 ч, 18 ч и в 21ч.

В данной лабораторной работе используется база данных метеоизмерений, полученная для системы оптимизации теплопотребления энергетического факультета РГУПС. Измерения проводились ежедневно в течение одного года с интервалом 3 часа.

Порядок обработки результатов измерений следующий [6].

1. Результаты измерений скорости ветра u_1 , м/с, объединяются в группы

с интервалом Δu . Общее число измерений $N = 2912$.

2. Поскольку измерения скорости проводились на высоте $h_1 = 2$ м, а для оценки энергетического потенциала нужна скорость ветра u , м/с, на высоте предполагаемой установки ветротурбин h , определение скорости ветра на высоте h выполняется с помощью известной аппроксимационной зависимости

$$u = u_1 (h / h_1)^{1/5} \quad (2.1)$$

где h принимается равной 100 м.

3. Определяется величина вероятностного распределения скорости ветра

$$\Phi_u = N_{ui} / N, \quad (2.2)$$

где N_{ui} – число измерений в i -ом скоростном интервале.

Строится зависимость $\Phi_u = f(u)$. Произведение $\Phi_u \Delta u$ может быть интерпретировано как часть времени года, в течение которого скорость ветра имеет значения, заключенные в интервале от u до $u + \Delta u$.

4. Среднее значение скорости ветра u_c , м/с, определяется соотношением

$$u_c = \sum u_i / N, \quad (2.3)$$

где $\sum u_i$ – сумма всех измеренных значений скорости.

5. Определяется вероятность $\Phi_{u > u'}$ появления ветра со скоростью u , большей некоторой заданной скорости u' , для чего складываются вероятности всех скоростных интервалов, в которых $u > u'$.

Вероятность $\Phi_{u > u'}$ может быть интерпретирована как часть времени года, в течение которого ветры дуют со скоростью, большей u' .

Строится зависимость $\Phi_{u > u'} = f(u)$.

6. Мощность ветрового потока единичного сечения P_u , Вт определяется

$$P_u = \rho u^3 / 2, \quad (2.4)$$

где ρ – плотность воздуха, принимается равной $1,3 \text{ кг/м}^3$.

Произведение $P \Phi_u$ представляет собой функцию распределения энергии ветра.

Строится зависимость $P \Phi_u = f(u)$.

7. Строится зависимость $P_{u>u'} = f(\Phi_{u>u'})$, позволяющая определить вероятность ожидания ветрового потока заданной мощности.

Все данные измерений и расчетов заносятся в таблицу и обрабатываются в EXCEL. В таблице 2.1 частично представлены результаты измерений и расчетов.

После выполнения обработки измерений и расчетов необходимо провести анализ полученных результатов.

Таблица 2.1

Статистический анализ результатов измерений скорости ветра

г. Ростов-на-Дону

$u, \text{ м/с}$	N	Φ_u	$\Phi_{u>u'}$	$P_u, \text{ кВт/м}^2$	$P_u \Phi_u$
34,9	1				
32,8	1				
28,4	2				
26,2	15				
24,05	9				
21,9	33				
19,7	61				
17,5	97				
15,3	145				
3,1	212				
10,9	348				
8,7	407				
6,5	548				
4,3	604				
2,1	66				

0	363				
Всего	2912				

2. Анализ полученных результатов

1. Пользуясь построенной зависимостью $\Phi_u=f(u)$, необходимо сравнить среднее значение скорости ветра с наиболее вероятным значением скорости ветра в данной местности, а также с расчетной скоростью, принимаемой для проектирования ВЭУ ($u = 10 - 12$ м/с).

2. Пользуясь построенной зависимостью $P_{\Phi_u}=f(u)$, определить значение скорости при которой функция распределения энергии ветра имеет максимум и сравнить его с наиболее вероятным значением скорости ветра в данной местности.

3. Пользуясь построенной зависимостью $P_u = f(\Phi_{u>u'})$, определить вероятность ожидания ветрового потока мощностью 0,5; 1 и 2 кВт.

4. По результатам проведенного анализа сделать выводы и составить отчет.

Контрольные вопросы

1. Какими параметрами характеризуется энергетическая ценность ветра?
2. Как определяется средняя скорость ветра в данной местности?
3. Как определяется энергия ветрового потока и как она соотносится со скоростью ветра?
4. Как определяется вероятность ветра с определенной скоростью в данной местности?
5. Как определяется мощность ветрового потока единичного сечения?
6. Что такое ветроэнергетический кадастр и для чего он составляется?
7. Как определяется мощность ветроэнергетической установки?
8. Как определяется вероятность ожидания ветрового потока определенной мощности?

Лабораторная работа № 2 «Сравнение распределения Рэля с результатами метеорологических наблюдений».

Цель работы Проведение сравнительного анализа результатов метеорологических измерений с теоретической зависимостью распределения Рэля.

Проведенный в лабораторной работе № 1 анализ характеристик ветра состоял в математической обработке массива экспериментальных данных с использованием методов математической статистики. Этот анализ существенно бы упростился, если бы для функции распределения вероятности скорости ветра имелось аналитическое выражение, соответствующее экспериментальным данным. В этом случае, во-первых, резко бы сократилось необходимое количество измерений скорости ветра, во-вторых, появилась бы возможность аналитического расчета характеристик ветроустановок.

1. Описание методики проведения анализа

Для проведения анализа функции распределения скорости ветра, основанной на экспериментальных метеорологических данных, требуется сравнить экспериментальные зависимости, полученные в лабораторной работе № 1 с теоретическим распределением Рэля.

Порядок анализа следующий [6].

1. Для распределения Рэля справедливо равенство

$$\Phi_{u>u'} = \exp\left[-\frac{\pi}{4} \left(\frac{u'}{u}\right)^2\right], \quad (2.5)$$

где $\Phi_{u>u'}$ – вероятность появления ветра со скоростью u , м/с, большей некоторой заданной скорости u' , м/с; u – среднее значение скорости, м/с.

Следует, задаваясь значениями скорости u' , м/с, из диапазона реальных скоростей ветра и используя среднее значение скорости u , м/с, полученное в лабораторной работе № 1, построить теоретическую зависимость по формуле (2.5.). Результаты занести в таблицу 2.2.

Относительная погрешность определяется как

$$\delta = (\Phi_{u>u'} \text{ теор} - \Phi_{u>u'} \text{ эксп}) / \Phi_{u>u'} \text{ теор} \cdot 100\%. \quad (2.6)$$

2. Для распределения Рэля справедливо равенство

$$(u^3)^{1/3} = 1,24 u. \quad (2.7)$$

Следует проверить его, подставив среднее значение скорости ветра в формулу (2.7), полученное в предыдущей лабораторной работе.

3. Для распределения Рэля справедливо утверждение, что вероятность скорости Φ_u максимальна при значении скорости

$$u = (2/\pi)^{1/2} u = 0,8 u. \quad (2.8)$$

Следует определить скорость, при которой вероятность максимальна, подставив среднее значение скорости ветра, полученное в предыдущей лабораторной работе в формулу (2.8). Погрешность определяется аналогично (2.6).

4. Для распределения Рэля справедливо утверждение, что функция $\Phi_u \cdot u^3$ максимальна при значении скорости

$$u = 2 (2/\pi)^{1/2} u = 1,6 u. \quad (2.9)$$

Следует построить зависимость $\Phi_u \cdot u^3 = f(u)$, используя значения скорости ветра в диапазоне реальных значений и проверить это утверждение, подставив среднее значение скорости ветра в формулу (2.9), полученное в предыдущей лабораторной работе. Погрешность определяется аналогично (2.6).
Результаты расчетов занести в таблицу 2.2.

Таблица 2.2

Протокол измерений и расчетов

u , м/с	$\Phi_{u>u'}$ (эксп.)	$\Phi_{u>u'}$ (теор.)	δ , % для $\Phi_{u>u'}$	δ , % для Φ_u	δ , % для $\Phi_u \cdot u^3$

2. Анализ полученных результатов

1. Пользуясь построенной в предыдущей лабораторной работе

зависимостью $\Phi_{u>u} = f(u)$, необходимо сравнить ее с теоретической зависимостью $\Phi_{u>u}$, рассчитанной по формуле (2.5).

2. Пользуясь построенной зависимостью $\Phi_u = f(u)$, экспериментально полученное значение наиболее вероятной скорости, при которой функция распределения скорости ветра имеет максимум, сравнить с теоретическим, рассчитанным по формуле (2.8).

3. По построенной зависимости $\Phi^* u^3 = f(u)$ определить максимальное значение функции и сравнить его с теоретически определенным значением скорости по формуле (2.9).

4. По результатам проведенного анализа сделать выводы и составить отчет.

Контрольные вопросы

1. Какие функции распределения случайной величины вы знаете?
2. Какая функция распределения наиболее точно описывает распределение скорости ветра?
3. Как определяется вероятностное распределение скорости ветрового потока?
4. Какие кадастровые характеристики вы знаете?
5. Как можно определить разброс скоростей около среднего значения?
6. Что показывают закономерности Поморцева и Гуллена?
7. Как определяется длительность простоя ветроэнергетической установки?
8. Какие линии называют изоплетами?

Лабораторная работа № 3 « Испытание солнечного коллектора »

Цель работы: Определение оптического КПД, коэффициента тепловых потерь коллектора и коэффициента эффективности поглощающей панели

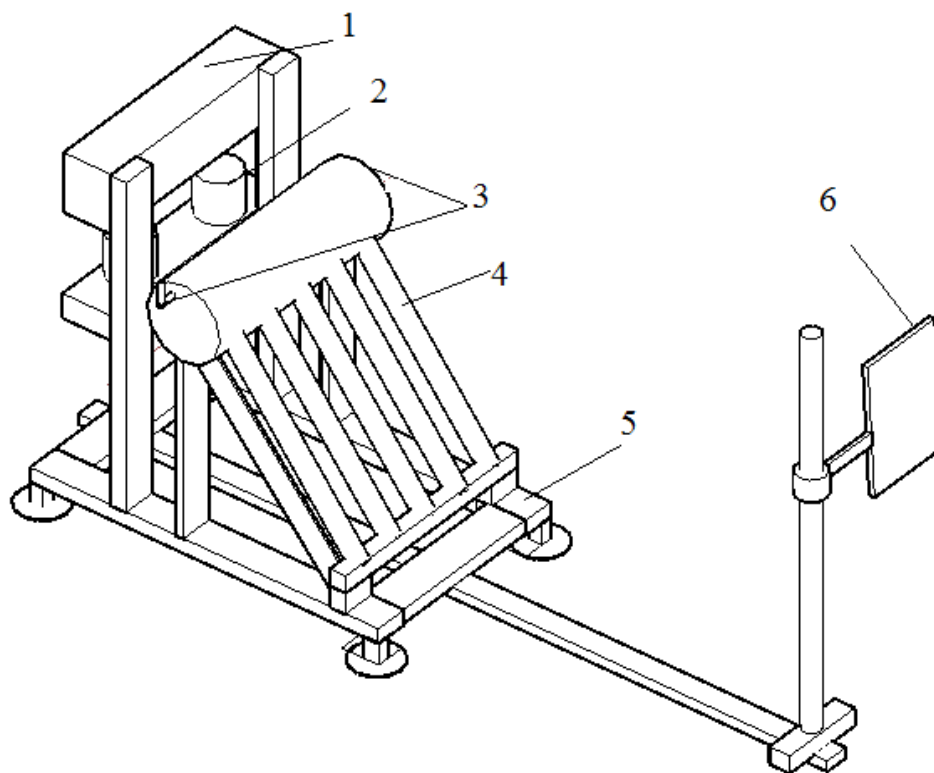
Описание лабораторного испытательного стенда

Стенд, представленный на рисунке 7, позволит проводить испытания по определению: общего коэффициента тепловых потерь коллектора, оптического

КПД коллектора и коэффициента эффективности поглощающей панели, также можно проводить испытания при разном угле наклона, чтобы оценить влияние сил гравитации на работу коллектора .

Оборудование стенда:

- стол-стенд для размещения солнечного коллектора;
- солнечный коллектор максимальной мощностью 600 Вт фирмы KONFULSO;
- система измерения температуры воды до и после солнечного коллектора со стеклянными жидкостными термометрами;
- измеритель плотности теплового потока ИПП-2;
- пирометр для измерения температуры излучателя (200...1500 °С) типа Кельвин Компакт 1500/175;
- обогреватель-излучатель инфракрасный типа Timberk TCH Q1 800, 2 шт;
- однофазный автотрансформатор Латр TDGC2-1 ЭНЕРГИЯ;
- лазерный дальномер типа Bosch PLR 25;
- галогеновый прожектор MATRIX 93210 мощностью каждый 500 Вт,
- насос DAB VA 25/180;
- расходомер СВ-15 Г;
- термоанемометр тема типа testo 425.



1 -пульт управления; 2– однофазный автотрансформатор; 3 - места установки термометров; 4 – солнечный коллектор; 5 – стол-стенд для размещения солнечного коллектора; 6 – обогреватель-излучатель инфракрасный/галогеновый прожектор

Рисунок 7 – Стенд для испытания солнечного коллектора

Методика испытания солнечного коллектора

Испытания по определению оптического КПД, коэффициента тепловых потерь коллектора и коэффициента эффективности поглощающей панели выполняют на теплогидравлическом стенде, установленном в лабораторном помещении. Испытуемый коллектор крепят на специальной подставке под углом 30° к горизонту. Коллектор присоединяют к трубопроводам стенда. При наличии у коллектора одного входного и одного выходного патрубков трубопровод (2)

подсоединяют к верхнему входному патрубку, а трубопровод (5) – к нижнему выходному. Контур стенда заполняют водой. Необходимо убедиться в отсутствии воздуха в контуре. Включают насос термостата и по расходомеру устанавливают расход воды через коллектор 25 кг/(м²*ч).

Условия проведения испытаний:

- на вход коллектора подают воду температурой 40, 50, 60 и 70 °С. Изменение температуры воды осуществляют от испытания к испытанию;

- установленный расход воды через коллектор в течение испытания не должен колебаться более чем на ± 1 %;

-испытания следует проводить в стационарном режиме. Условия испытаний считают стационарными, если температура воды на входе и выходе из коллектора и температура окружающего воздуха в течение 10 мин не изменялась более чем на 0,1 °С.

Установленные параметры регистрируют (через 20 мин после выхода на стационарный режим).

Регистрации подлежат:

-температура воды на выходе и входе коллектора;

-температура окружающего воздуха;

-расход воды через коллектор.

По итогам испытаний определяют общий коэффициент тепловых потерь коллектора и коэффициента эффективности поглощающей панели по формуле

$$F' \cdot U_L = \frac{G \cdot c_p (t_{ex} - t_{вых})}{A(t_{жс} - t_в)}$$

где U_L – общий коэффициент тепловых потерь, Вт/(м²· °С);

F' – коэффициент эффективности поглощающей панели;

G – расход воды через коллектор, кг/ч;

A – площадь тепловоспринимающей поверхности, определяется измерением высоты и диаметра теплопоглощающих труб, м²;

c_p – теплоемкость воды, Вт·ч/(кг·°С);

$t_{\text{вх}}$ – температура воды на входе в коллектор, °С:

$t_{\text{вых}}$ – температура воды на выходе из коллектора, °С;

$t_{\text{в}}$ – температура воздуха, окружающего испытываемый коллектор, °С;

$t_{\text{ж}}$ – средняя температура жидкости, равная полусумме температуры воды на входе и выходе из коллектора.

Для занесения в паспорт коллектора по результатам расчетов строят график зависимости ($F' \cdot U_L$) от $t_{\text{ж}}$ и определяют произведение ($F' \cdot U_L$)

- для коллектора с прозрачной изоляцией при средней температуре ; С50 $t_{\text{ж}} = 50$ °С

- для коллектора без прозрачной изоляции при $t_{\text{ж}} = 50$ °С.

4.6 Организация испытаний по определению оптического КПД коллектора

Определение произведения оптического КПД коллектора и коэффициента эффективности поглощающей панели F'

Испытания проводятся в натуральных условиях на теплогидравлическом стенде. Подготовка к испытаниям осуществляется по п. 10.5. Трубопровод (2) подсоединяют к нижнему входному патрубку, а трубопровод (5) к верхнему выходному.

Условия проведения испытаний

Температура наружного воздуха должна быть не ниже 15 °С. Скорость ветра во время испытаний коллектора не должна превышать 5 м/с. Измерения скорости ветра следует проводить в непосредственной близости от коллектора на высоте, соответствующей половине высоты коллектора. Для измерения скорости ветра используют термоанемометр типа testo 425.

Испытания проводят при расходе воды через коллектор 25 кг/(м²·ч) и температуре воды на входе в коллектор 20, 30, 40 и 50 °С. Изменение температуры воды осуществляют от испытания к испытанию. Таким образом следует проводить не менее 4 испытаний.

Продолжительность испытаний должна быть не менее 2 ч. За это время нижеперечисленные параметры не должны отклоняться более чем на, %:

±5 – интенсивность излучения излучателя;

±5 – температура наружного воздуха;

±1 – температура воды на входе в коллектор;

±1 – расход теплоносителя;

±1 – температура воды на выходе из коллектора последние 15 мин испытания.

В процессе испытаний, кроме приборов теплогидравлического стенда, следует использовать дополнительные приборы:

- пиранометр типа Кельвин Компакт 1500/175 в паре со вторичным прибором;

- термоанемометр типа testo 425.

В испытаниях одновременно регистрируют (если в течение 15 мин соблюдаются условия п. 10.5):

- температура поверхности излучения в плоскости коллектора;

- температура окружающего воздуха;

- температура воды на входе в коллектор;

- температура воды на выходе из коллектора;

- расход воды через коллектор.

По результатам испытаний определяют теплопроизводительность коллектора (Q_k) по формуле

$$Q_k = \frac{G \cdot c_p}{A} (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}) \cdot \tau_0 \quad \text{и комплекс} \quad \frac{1}{E} \left(\frac{t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}}}{2} - t_{\text{с}} \right),$$

где E – плотность потока излучения в плоскости коллектора, рассчитывается по измеренной температуре поверхности излучателя, Вт/м²;

τ_0 – время проведения испытания, ч.

Для занесения в паспорт коллектора по результатам расчетов строят зависимость $Q_k(E \cdot \tau_0)$ от $\frac{1}{E} \left(\frac{t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}}}{2} - t_{\text{с}} \right)$. Пересечение построенной зависимости с осью ординат дает искомое значение $F' \cdot (\tau \cdot \alpha)$ коллектора.

Лабораторная работа № 4 «Исследование возможности получения энергии ПЭС в заливах и эстуариях»

Цель работы Ознакомление с методикой определения возможного резонанса в заливе и способом определения максимально возможной снимаемой мощности приливной электростанции за один цикл прилив-отлив.

Анализ резонансных условий достаточно сложен из-за постоянно меняющейся топологии дна и береговой линии заливов и эстуариев. Поэтому здесь производится всего лишь прикидочный расчет. При подходящих условиях высота прилива может усиливаться до 10 м. Малопригодными для размещения ПЭС считаются заливы и эстуарии, высота прилива в которых не превышает 2 м. Но независимо от этого во всех случаях требуется тщательный анализ местных условий.

1. Описание методики измерений и расчетов

1. По картам выданным преподавателем каждому студенту, с помощью Масштабной линейки определяются глубина залива h , м; длина протяженности Залива в глубь материковой зоны L , м; площадь возможного приливного бассейна S , м². Результаты измерений заносятся в таблицу.

2. Определяется скорость движения приливной волны c , м/с

$$c = (gh)^{1/2},$$

где g – ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/с².

3. Из условия возникновения резонанса (1.7 – 1.11) в заливе определяется, есть ли соответствующие условия в данном заливе

$$j = 4L / (c \cdot 45000) \quad (2.11)$$

где j – нечетное целое.

Значение j занести в таблицу 2.4.

4. Определяется максимально возможная мощность P , в одном цикле ПЭС (прилив-отлив), Вт

$$P = \rho g S \circ R^2, \quad (2.12)$$

где ρ – плотность воды, кг/м³; R – перепад уровней, принимаемый при нечетном, целом j – 6 м, при нечетном, с дробной частью – 3 м.

Результат занести в таблицу 2.4.

Протокол измерений и результатов

Месторасположение залива	L , м	h , м	S , м ²	c , м/с	j	R , м	P , Вт

2. Анализ полученных результатов

1. Пользуясь полученными результатами, проведите анализ возможности строительства ПЭС в рассматриваемом заливе.

2. По результатам проведенного анализа сделать выводы и составить отчет.

Контрольные вопросы

1. Какие условия способствуют усилению прилива в заливах и эстуариях рек?
2. Как определяется скорость приливной волны?
3. Как определяется максимально получаемая мощность в одном цикле ПЭС?
4. Чему равен период вынужденных колебаний прилива в море?
5. Чему равен период собственных колебаний прилива в заливе?
6. Чему способствует применение насосного режима агрегатов на ПЭС?
7. Чему способствует применение многобассейной схемы ПЭС?
8. Какие турбины применяют на ПЭС?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Баскаков А.П.** Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Введение в специальность.: учеб. пособие. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2004.
2. **Баскаков А.П.** Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Ч.1.: [в 2 ч.] : учеб. пособие. Ч. 1. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2004.
3. **Баскаков А.П.** Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Ч.1.: [в 2 ч.] : учеб. пособие. Ч. 1. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005.
4. **Баскаков А.П.** Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Ч.2.: [в 2 ч.] : учеб. пособие. Ч. 2. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005с.
5. **Баскаков А.П.** Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Ч.2.: [в 2 ч.] : учеб. пособие. Ч. 2. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2006.
6. **Твайделл Д., Уэйр А.** Возобновляемые источники энергии. М.: Энергоатомиздат, 1990.

Учебное издание

Риполь-Сарагоси Татьяна Леонидовна
Кууск Анатолий Борисович

**НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ
ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

Печатается в авторской редакции

Технический редактор Н.С. Федорова

Подписано в печать 29.11.17. Формат 60×84/16.

Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 1,39.

Тираж экз. Изд. № 90888. Заказ .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка
Народного Ополчения, д. 2.