

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям

по дисциплине

«ИСТОРИЯ ОТРАСЛИ И ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ»

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования: бакалавриат

Курс: 1, Семестр: 1

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания предназначены для студентов первого курса направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (очная форма обучения) и содержат рекомендации по выполнению 18 практических занятий дисциплины «История отрасли и введение в специальность».

Практические занятия проводятся в объёме 36 часов (и направлены на формирование следующих компетенций:

- ОПК-1 (ИД-1): применение средств информационных, компьютерных и сетевых технологий для поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации;
- ПК-1 (ИД-1ПК-1): выполнение анализа и обработки научно-технической информации из отечественных и зарубежных источников;
- ПК-3 (ИД-1ПК-3): демонстрация знания технологий производства, передачи, распределения электроэнергии.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1

Анализ динамики установленных мощностей и структуры генерации

1. Цель занятия

Сформировать навыки поиска и анализа статистических данных об электроэнергетике из открытых международных и российских источников; освоить построение графиков и расчёт темпов роста в MS Excel; провести сравнительный анализ структуры генерации РФ, Китая, США и Европы.

2. Краткое теоретическое обоснование

Электроэнергетика – системообразующая отрасль экономики. Установленная мощность электростанций (ГВт) – суммарная мощность всех генерирующих объектов. По данным IEA и IRENA, суммарная мировая установленная мощность превышает 9 000 ГВт, доля ВИЭ неуклонно растёт.

Россия входит в четвёрку крупнейших производителей электроэнергии. Структура ЕЭС России: тепловые ~65%, гидравлические ~20%, атомные ~12%, ВИЭ ~3%. Ключевые источники данных: so-ups.ru, Минэнерго РФ, IEA (iea.org), IRENA (irena.org).

Среднегодовой темп роста (CAGR) рассчитывается по формуле: $CAGR = (X_n/X_0)^{(1/n)} - 1$, где n – число лет. В MS Excel: $=((B12/B2)^{(1/10))}-1$.

3. Задание

Загрузить из IEA/IRENA данные об установленной мощности электростанций России за 10 лет и данные о структуре генерации РФ, Китая, США, ЕС за последний год.

Построить в MS Excel линейный график динамики установленной мощности по видам генерации.

Рассчитать CAGR для каждого вида генерации. Построить сравнительные диаграммы структуры генерации 4 стран.

Составить сводную таблицу ключевых показателей (установленная мощность, выработка, доля ВИЭ).

4. Порядок выполнения

1. Открыть iea.org/data-and-statistics и irena.org/Data, скачать данные по России и трём странам.
2. Привести данные к единому формату (ГВт, годы по столбцам) в MS Excel.
3. Построить линейный график динамики: «Вставка» → «Диаграмма» → «График с маркерами». Подписать оси.
4. Рассчитать CAGR: $=((B12/B2)^{(1/10))}-1$, отформатировать как процент.
5. Создать лист «Сравнение стран». Внести данные структуры генерации 4 стран. Построить гистограмму с группировкой.

6. Заполнить сводную таблицу по 6–7 показателям.
7. Оформить отчёт: сохранить файл Excel, написать выводы (не менее 5 предложений).

5. Требования к результатам

Отчёт содержит: графики динамики с подписями осей и легендой; таблицу CAGR; сравнительную диаграмму 4 стран; сводную таблицу; выводы о тенденциях. Все данные сопровождаются ссылками на источник.

6. Вопросы для защиты

1. Что такое установленная мощность электростанции? Чем она отличается от выработанной электроэнергии?
2. Назовите основных субъектов рынка электроэнергии в России.
3. Какое место занимает Россия в мировом рейтинге производителей электроэнергии?
4. Что такое CAGR и как он рассчитывается?
5. Какие тенденции в структуре мировой генерации вы наблюдаете по данным IEA/IRENA?
6. Чем структура генерации России отличается от США и Китая?
7. Какие направления развития ЭЭ РФ закреплены в Энергетической стратегии до 2050 г.?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2

«Лимонные батареи». Гальванические элементы из подручных материалов

1. Цель занятия

Изучить принцип работы гальванического элемента; экспериментально измерить ЭДС, ток и внутреннее сопротивление элементов из лимона, картофеля и яблока; сравнить параметры.

2. Краткое теоретическое обоснование

Гальванический элемент преобразует химическую энергию в электрическую. Принцип открыт Гальвани (1791), обоснован Вольта (1800). Два электрода из разных металлов в электролите: анод (Zn) окисляется, катод (Cu) принимает электроны.

ЭДС элемента: $E = \varphi_{\text{катод}} - \varphi_{\text{анод}}$. Для пары Cu–Zn теоретически $E \approx 1,1$ В. Закон Ома для полной цепи: $I = E/(R+r)$, где r – внутреннее сопротивление. Плодово-овощной сок содержит органические кислоты – электролит.

Внутреннее сопротивление: $r = (U_{\text{хх}} - U_{\text{нагр}})/I_{\text{н}}$. При последовательном соединении n элементов: $E_{\text{бат}} = n \cdot E$, $r_{\text{бат}} = n \cdot r$.

3. Задание

Собрать гальванические элементы (Cu–Zn) из лимона, картофеля, яблока. Измерить $U_{\text{хх}}$ и $I_{\text{кз}}$ каждого.

Собрать батарею из 4 последовательных лимонных элементов. Подключить светодиод.

Рассчитать внутреннее сопротивление каждого элемента. Заполнить сводную таблицу.

4. Порядок выполнения

1. Очистить электроды наждачной бумагой. Надавить на плод для выделения сока.
2. Вставить Cu-пластину и Zn-электрод в плод (расстояние 2–3 см, не касаться).
3. Мультиметр в режиме DCV (20 В) – параллельно. Записать $U_{\text{хх}}$.
4. Мультиметр в режиме DCA (200 мА) – последовательно. Записать $I_{\text{кз}}$.
5. Подключить $R = 100$ Ом. Измерить $U_{\text{нагр}}$. Рассчитать $r = (U_{\text{хх}} - U_{\text{нагр}}) \cdot R / U_{\text{нагр}}$.
6. Повторить для картофеля и яблока. Заполнить сводную таблицу.
7. Собрать последовательную батарею 4 лимонных элементов. Измерить суммарную ЭДС. Подключить светодиод.
8. Оформить отчёт: схема, таблица, расчёты, выводы.

5. Требования к результатам

Сводная таблица: вид материала, U_{xx} (В), $I_{кз}$ (мА), r (Ом), $P_{нагр}$ (мВт). Отчёт содержит схему сборки, таблицу, расчёт r , выводы о зависимости параметров от материала.

6. Вопросы для защиты

1. Объясните принцип работы гальванического элемента. Роль электролита?
2. Почему электроды должны быть из разных металлов?
3. Как связаны ЭДС, ток и внутреннее сопротивление?
4. Почему при последовательном соединении напряжение суммируется?
5. Чем объясняется разница в ЭДС лимона и картофеля?
6. Какое значение имело открытие Вольта для развития электротехники?
7. Назовите современные типы электрохимических источников тока в электроэнергетике.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3

Законы Кирхгофа: составление и решение уравнений для электрических цепей

1. Цель занятия

Освоить методику составления уравнений по законам Кирхгофа для разветвлённых цепей; научиться решать системы уравнений; понять ЗКТ и ЗКН как основу расчёта электрических сетей.

2. Краткое теоретическое обоснование

Первый закон Кирхгофа (ЗКТ): алгебраическая сумма токов в узле равна нулю – $\sum I = 0$. Второй закон (ЗКН): алгебраическая сумма ЭДС контура равна сумме падений напряжений – $\sum E = \sum I \cdot R$.

Для цепи с b ветвями, y узлами составляется $(y - 1)$ уравнений по ЗКТ и $k = b - y + 1$ уравнений по ЗКН. Система решается методом подстановки, Крамера или матричным методом.

Матричный метод в Excel: $[I] = [A]^{-1} \cdot [B]$, где $[A]$ – матрица коэффициентов, $[B]$ – столбец свободных членов. Функции МОБР() и МУМНОЖ().

3. Задание

Для трёх заданных схем нарастающей сложности: составить уравнения по ЗКТ и ЗКН; решить систему; найти токи во всех ветвях.

Для одной из схем решить матричным методом в MS Excel. Для каждой схемы проверить баланс мощностей.

4. Порядок выполнения

1. Вычертить схему, пронумеровать узлы и ветви, расставить направления токов.
2. Определить число независимых уравнений: $(y-1)$ по ЗКТ, $k = b-y+1$ по ЗКН.
3. Составить уравнения по ЗКТ для $(y-1)$ независимых узлов.
4. Выбрать k контуров, задать направление обхода. Составить уравнения по ЗКН.
5. Решить систему методом подстановки или Крамера. Записать ответ.
6. Проверка: подставить найденные токи обратно – уравнения должны выполняться.
7. Для задачи 3: создать матрицы в Excel, применить МОБР() и МУМНОЖ().
8. Составить баланс мощностей: $P_{\text{источн}} = \sum I^2 \cdot R$.

5. Требования к результатам

Полное аналитическое решение с проверкой для каждой схемы. Матричное решение в Excel. Отчёт содержит вычерченные схемы с обозначениями.

6. Вопросы для защиты

1. Сформулируйте первый и второй законы Кирхгофа.
2. Как определить количество независимых уравнений по ЗКТ и ЗКН?

3. Как выбирается знак тока при составлении уравнения по ЗКН?
4. Что означает отрицательное значение тока в решении?
5. Как проверить правильность решения с помощью баланса мощностей?
6. Как применяются законы Кирхгофа при расчёте электрических сетей?
7. В чём состоит метод Крамера для решения системы линейных уравнений?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4

Закон Ома: расчёт и построение вольт-амперных характеристик

1. Цель занятия

Закрепить знания о законе Ома для полной цепи и участка цепи; построить ВАХ линейных резисторов в MS Excel; исследовать влияние внутреннего сопротивления источника на режим работы цепи.

2. Краткое теоретическое обоснование

Закон Ома для участка цепи: $I = U/R$. Для полной цепи: $I = E/(R+r)$. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) линейного резистора – прямая, проходящая через начало координат. Угол наклона = проводимость $G = 1/R$.

Внешняя характеристика источника: $U_{\text{н}} = E - I \cdot r$. При $r \rightarrow 0$ (идеальный источник) $U_{\text{н}} = \text{const}$. КПД источника: $\eta = P_{\text{нагр}}/P_{\text{полн}} = R/(R+r)$.

При возрастании нагрузки (уменьшении $R_{\text{н}}$) ток растёт, но напряжение на зажимах источника падает. Режим короткого замыкания: $I_{\text{кз}} = E/r$ (опасен для источника).

3. Задание

Для резисторов $R_1=10$ Ом, $R_2=22$ Ом, $R_3=47$ Ом рассчитать токи при $U = 5, 10, 15, 20, 25$ В. Построить ВАХ трёх резисторов на одном графике.

Для цепи $E=30$ В, $r=1$ Ом и нагрузок $R_{\text{н}}=5, 10, 20$ Ом: рассчитать $I, U_{\text{н}}, \eta$. Построить внешнюю характеристику источника.

4. Порядок выполнения

1. Создать таблицу в Excel: строки – значения U , столбцы – R_1, R_2, R_3 . Формулы: $=U/R$.
2. Построить точечную диаграмму «ВАХ резисторов». Добавить линии тренда.
3. В новом листе: для трёх $R_{\text{н}}$ рассчитать $I=E/(R_{\text{н}}+r)$, $U_{\text{н}}=I \cdot R_{\text{н}}$, $P_{\text{нагр}}=I^2 \cdot R_{\text{н}}$, $\eta=P_{\text{нагр}}/(E \cdot I)$.
4. Построить внешнюю характеристику $U_{\text{н}} = f(I)$. Подписать точки значениями $R_{\text{н}}$.
5. Оформить отчёт: таблицы, графики, выводы о влиянии r .

5. Требования к результатам

Таблица расчёта ВАХ (15 точек); совмещённый график ВАХ 3 резисторов; таблица режимов работы источника; внешняя характеристика; выводы.

6. Вопросы для защиты

1. Сформулируйте закон Ома для участка и полной цепи.
2. Что показывает наклон ВАХ линейного резистора?
3. Как изменится ток при уменьшении сопротивления нагрузки вдвое?

4. Что такое внутреннее сопротивление источника и как оно влияет на U_n ?
5. При каком условии КПД источника равен 50%?
6. Назовите применение закона Ома при проектировании кабельных линий.
7. Чем ВАХ лампы накаливания отличается от ВАХ резистора?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5

Расчёт эквивалентного сопротивления цепи со смешанным соединением

1. Цель занятия

Научиться определять эквивалентное сопротивление цепей с последовательным, параллельным и смешанным соединением; освоить метод последовательного упрощения и преобразование треугольник-звезда.

2. Краткое теоретическое обоснование

Последовательное соединение: $R_{\text{экв}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$. Параллельное: $1/R_{\text{экв}} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots$. Для двух параллельных: $R_{\text{экв}} = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$.

Смешанные схемы упрощаются последовательно: сначала параллельные группы, затем последовательные. Для мостовых несводимых схем применяют преобразование $\Delta \rightarrow Y$: $R_Y = R_a \cdot R_b / (R_a + R_b + R_c)$.

Баланс мощностей: $P_{\text{источн}} = E \cdot I = \sum I^2 \cdot R = P_{\text{потреб}}$. Проверяет правильность расчёта.

3. Задание

Рассчитать $R_{\text{экв}}$ для 4 схем: последовательная (4 резистора), параллельная (3 резистора), смешанная, мостовая. Для каждой схемы при $E=24$ В: найти токи, напряжения, составить баланс мощностей.

4. Порядок выполнения

1. Вычертить схему, определить тип соединения каждой группы.
2. Объединить параллельные группы: $R_{\text{пар}} = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$.
3. Суммировать последовательные участки.
4. Для мостовой схемы: выполнить преобразование $\Delta \rightarrow Y$ для одной тройки резисторов.
5. Рассчитать общий ток: $I = E/R_{\text{экв}}$.
6. Определить токи ветвей через делители тока, напряжения через делители напряжения.
7. Составить баланс мощностей. Убедиться в равенстве (погрешность $< 0,1\%$).
8. Оформить с пошаговыми схемами упрощения.

5. Требования к результатам

Для каждой схемы: $R_{\text{экв}}$; токи и напряжения на всех элементах; проверка баланса мощностей. Решение оформлено с промежуточными схемами упрощения.

6. Вопросы для защиты

1. Запишите формулы эквивалентного сопротивления при последовательном и параллельном соединениях.
2. Чему равно $R_{\text{экв}}$ двух одинаковых параллельных резисторов?

3. В чём состоит метод последовательного упрощения схемы?
4. Для чего применяется преобразование треугольник-звезда?
5. Как проверить расчёт с помощью баланса мощностей?
6. Где в реальных электросетях встречаются параллельные соединения?
7. Как меняется $R_{\text{экв}}$ при добавлении ещё одного параллельного резистора?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6

Определение материала проводника по удельному сопротивлению

1. Цель занятия

Освоить методику определения удельного сопротивления материала проводника по результатам измерений; идентифицировать материал по справочным данным; оценить влияние температуры на сопротивление.

2. Краткое теоретическое обоснование

Сопротивление однородного проводника: $R = \rho \cdot L/S$, где ρ – удельное сопротивление (Ом·м), L – длина (м), S – площадь сечения (м²). Отсюда $\rho = R \cdot S/L$.

Площадь круглого сечения: $S = \pi \cdot d^2/4$.

Справочные значения ρ при 20 °С: медь – $1,72 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; алюминий – $2,82 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; железо – $10 \cdot 10^{-8}$ Ом·м; никром – $110 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

Влияние температуры: $\rho(T) = \rho_0(1 + \alpha \cdot \Delta T)$, где α – температурный коэффициент сопротивления. Для меди $\alpha = 0,00393$ °С⁻¹.

3. Задание

Для 3 проводников неизвестного материала: измерить L , d (5 замеров), R . Рассчитать ρ . Идентифицировать материал. Рассчитать изменение сопротивления при нагреве на 100 °С.

4. Порядок выполнения

1. Измерить длину проводника рулеткой (± 1 мм).
2. Измерить диаметр микрометром в 5 точках. Рассчитать среднее $\bar{d}$.
3. Рассчитать $S = \pi \cdot \bar{d}^2/4$.
4. Измерить R мультиметром (режим Ω).
5. Рассчитать $\rho = R \cdot S/L$. Перевести в Ом·м.
6. Сравнить ρ с таблицей. Идентифицировать материал. Рассчитать относительную погрешность.
7. Рассчитать $R(T) = R_0(1 + \alpha \cdot 100)$ для идентифицированного материала.
8. Оформить отчёт: таблица измерений, ρ , сравнительная таблица, выводы.

5. Требования к результатам

Таблица измерений (L , $d \times 5$, R) для каждого проводника. Расчёт ρ с единицами измерения. Сравнительная таблица. Идентификация материала с погрешностью. Расчёт $R(T)$.

6. Вопросы для защиты

1. Запишите формулу сопротивления однородного проводника.
2. Что такое удельное электрическое сопротивление? В каких единицах измеряется?
3. Почему диаметр измеряется в нескольких точках?

4. Как влияет температура на сопротивление металлических проводников?
5. Почему медь и алюминий – основные материалы для ЛЭП?
6. Что такое температурный коэффициент сопротивления? Для чего он нужен?
7. Назовите материалы с высоким ρ и их применение в электроэнергетике.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7

Сборка прототипа коллекторного электродвигателя постоянного тока

1. Цель занятия

Изучить принцип действия коллекторного ДПТ на основе силы Лоренца; самостоятельно собрать упрощённый прототип; убедиться во взаимодействии магнитного поля и тока.

2. Краткое теоретическое обоснование

Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле: $F = B \cdot I \cdot L \cdot \sin(\alpha)$.

Направление – по правилу левой руки. Коллекторный ДПТ: ротор с обмоткой, статор с магнитами, коллектор и щётки.

Коллектор переключает направление тока в обмотке якоря, обеспечивая непрерывное вращение. Частота вращения ДПТ приблизительно пропорциональна напряжению питания.

Прототип собирается из медного витка (ротор), батарейки и постоянных магнитов. Один конец витка зачищается полностью, другой – на половину (имитация коллектора).

3. Задание

Собрать прототип ДПТ. Запустить двигатель, убедиться в устойчивом вращении.

Исследовать влияние напряжения питания на скорость вращения. Изменить полярность – наблюдать реверс.

Зарисовать конструкцию и принципиальную схему.

4. Порядок выполнения

1. Намотать ротор: 8–10 витков медной проволоки 0,5–1 мм диам. ~3 см; оставить прямые оси 3–4 см.
2. Зачистить концы: один – на всю окружность, другой – на половину (лак/изолянта на 180°).
3. Согнуть два держателя-щётки из скрепок. Прикрепить к батарейке изолянтной.
4. Разместить два постоянных магнита по бокам от ротора с противоположными полюсами.
5. Уложить оси ротора в держатели. Подключить батарейку. Дать начальный толчок.
6. Подключить вторую батарейку последовательно. Сравнить скорость.
7. Поменять полярность. Зафиксировать изменение направления вращения.
8. Зарисовать схему, записать наблюдения.

5. Требования к результатам

Прототип демонстрирует устойчивое вращение (фиксирует преподаватель). Отчёт: схема, таблица наблюдений, объяснение роли коллектора, вывод.

6. Вопросы для защиты

1. Объясните принцип действия коллекторного ДПТ.
2. Какую роль играет коллектор?
3. По какому правилу определяется направление силы, действующей на проводник?
4. Как изменить направление вращения ДПТ?
5. Как изменится скорость при увеличении напряжения?
6. Назовите области применения ДПТ в энергетике и промышленности.
7. Сравните коллекторные и бесколлекторные ДПТ.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8

Сборка прототипа однофазного понижающего трансформатора

1. Цель занятия

Изучить принцип работы трансформатора на основе закона электромагнитной индукции; намотать прототип; измерить коэффициент трансформации; рассчитать КПД.

2. Краткое теоретическое обоснование

Трансформатор преобразует переменное напряжение за счёт закона Фарадея.

Коэффициент трансформации: $k = U_1/U_2 = w_1/w_2$. При $k > 1$ – понижающий трансформатор.

Идеальный трансформатор: $P_1 = P_2$; $U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$. КПД реального: $\eta = P_2/(P_2 + \Delta P_{\text{ст}} + \Delta P_{\text{м}})$, где $\Delta P_{\text{ст}}$ – потери в стали (от перемагничивания), $\Delta P_{\text{м}}$ – потери в меди (от тока).

Для демонстрационного прототипа: первичная обмотка 100 витков ПЭВ-2 Ø0,3 мм, вторичная – 50 витков. Источник переменного напряжения – безопасное 12 В.

3. Задание

Намотать прототип ($w_1=100$, $w_2=50$). Измерить U_1 , U_2 в режиме х.х. Рассчитать $k_{\text{эксп}}$ и погрешность.

Подключить $R_{\text{н}} = 100$ Ом. Измерить U_2 , I_2 , I_1 . Рассчитать КПД.

4. Порядок выполнения

1. Намотать первичную обмотку: 100 витков плотной намоткой. Закрепить изолянтной.
2. Намотать вторичную обмотку через изолирующую прокладку: 50 витков. Маркировать выводы.
3. Подключить первичную к источнику 12 В (~) через токоограничивающий резистор 10 Ом.
4. Мультиметр ACV – измерить U_1 и U_2 (режим х.х.). Рассчитать $k_{\text{эксп}} = U_1/U_2$.
5. Сравнить с $k_{\text{расч}} = 100/50 = 2$. Рассчитать погрешность.
6. Подключить $R_{\text{н}}$ к вторичной. Измерить U_2 и I_2 . Рассчитать $P_2 = U_2 \cdot I_2$.
7. Измерить I_1 . Рассчитать $P_1 \approx U_1 \cdot I_1$. Рассчитать $\eta = P_2/P_1 \times 100\%$.
8. Оформить отчёт: схема намотки, таблица, расчёты.

5. Требования к результатам

Схема прототипа с числами витков; таблица (U_1 , U_2 , I_1 , I_2 – режимы х.х. и нагрузки); расчёт $k_{\text{эксп}}$ и погрешность; расчёт η ; вывод о соответствии закону электромагнитной индукции.

6. Вопросы для защиты

1. Объясните принцип работы трансформатора.
2. Что такое коэффициент трансформации? Как рассчитать по числу витков?

3. Почему трансформатор работает только на переменном токе?
4. Что такое потери в стали и в меди?
5. Как нагрузка на вторичной обмотке влияет на ток первичной?
6. Почему при передаче электроэнергии на большие расстояния применяют повышающие трансформаторы?
7. Какие трансформаторы используются на подстанциях 110/10 кВ?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9

Изучение прямого преобразования солнечной энергии в электрическую

1. Цель занятия

Изучить принцип прямого фотоэлектрического преобразования; экспериментально исследовать зависимость тока КЗ от расстояния до источника света и от угла падения.

2. Краткое теоретическое обоснование

Фотогальванический эффект: поглощение фотона полупроводником p-n-перехода генерирует пару электрон-дырка и фото-ЭДС. Ток КЗ пропорционален освещённости: $I_{\text{кз}} \propto E$.

Закон обратных квадратов: $E \propto 1/d^2$. Зависимость тока от угла падения: $I(\theta) = I_{\text{макс}} \cdot \cos(\theta)$. При $\theta = 0^\circ$ ток максимален. Для измерения освещённости используется люксметр ($\text{лк} = \text{лм}/\text{м}^2$).

Платформа NI ELVIS II+/Emona HELEx с LabVIEW обеспечивает измерение и построение графиков в реальном времени.

3. Задание

Опыт 1: $I_{\text{кз}}$ и освещённость в зависимости от расстояния $d = 30\text{--}100$ см (шаг 10 см).

Опыт 2: $I_{\text{кз}}$ в зависимости от угла падения $\theta = 0^\circ\text{--}90^\circ$ (шаг 10° , с двух сторон).

Построить графики, сравнить с теоретическими кривыми.

4. Порядок выполнения

1. Настроить NI ELVIS/HELEx: подключить плату, запустить LabVIEW, режим MANUAL.
2. Опыт 1. Нагрузка – КЗ (0 Ом). Лампа на 30 см. Измерить $I_{\text{кз}}$ и E (люксметр). Повторить для $d=40, \dots, 100$ см. Заполнить таблицу ($d, I_{\text{кз}}, E, 1/d^2$).
3. Опыт 2. Лампа на 50 см. Менять угол от 0° до 90° по 10° . Снять $I_{\text{кз}}$ с обеих сторон. Рассчитать среднее. Заполнить таблицу ($\theta, I_{\text{лев}}, I_{\text{пр}}, I_{\text{ср}}$).
4. В LabVIEW (вкладка Expt 4C) ввести данные, построить графики.
5. Сравнить $I_{\text{кз}}(\theta)$ с теоретической кривой $I_{\text{макс}} \cdot \cos(\theta)$. Рассчитать отклонение.
6. Оформить отчёт: принципиальные схемы установки, таблицы, графики, выводы.

5. Требования к результатам

Отчёт: схемы установки; таблица опыта 1 (8 точек) с расчётом $1/d^2$; таблица опыта 2 (10 точек с обеих сторон); графики зависимостей; сравнение с теоретическими кривыми; выводы об оптимальном угле наклона.

6. Вопросы для защиты

1. Объясните принцип фотогальванического эффекта.
2. Запишите закон обратных квадратов и объясните его физический смысл.
3. Почему $I_{\text{кз}}$ не уменьшается линейно при увеличении расстояния?

4. Запишите косинусную зависимость $I(\theta)$ и объясните её практическое значение.
5. При каком угле наклона рекомендуется устанавливать солнечные панели в Ставропольском крае?
6. Как осуществляется защита СЭ при затенении модуля?
7. Перечислите факторы, влияющие на КПД солнечного элемента.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 10

Исследование фотоэлектрического преобразователя. ВАХ и точка максимальной мощности

1. Цель занятия

Экспериментально снять ВАХ солнечного фотоэлемента; определить точку максимальной мощности (ТММ); рассчитать коэффициент заполнения (FF) и КПД.

2. Краткое теоретическое обоснование

ВАХ солнечного элемента – зависимость I нагрузки от U при постоянных освещённости и температуре. Напряжение холостого хода U_{xx} (при $I=0$); ток КЗ $I_{кз}$ (при $U=0$).

ТММ: точка (U_p, I_p) с максимальной мощностью $P = U \cdot I$. Коэффициент заполнения: $FF = U_p \cdot I_p / (U_{xx} \cdot I_{кз})$. Для качественных элементов $FF > 0,7$.

КПД: $\eta = FF \cdot I_{кз} \cdot U_{xx} / (E \cdot A)$. Нагрев снижает U_{xx} . Алгоритм MPPT автоматически отслеживает ТММ в реальных инверторах.

3. Задание

Опыт 1: снять ВАХ вручную (нагрузка $0 \rightarrow \infty$). Рассчитать P для каждой точки.

Опыт 2: автоматическая ВАХ в LabVIEW (PGL) для двух углов падения.

Опыт 3: рассчитать FF по данным таблицы.

4. Порядок выполнения

1. Настроить установку: NI ELVIS/HELEx, лампа 30 см, угол 0° .
2. Опыт 1. Нагрузка в КЗ (0 Ом). Записать $I_{кз}$. Последовательно менять нагрузку: 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8; 16; 32 Ом; разомкнутая цепь. Для каждого положения: измерить U и I . Рассчитать $P=U \cdot I$.
3. Построить ВАХ (ось $X - U$, ось $Y - I$) и кривую мощности $P(U)$ в LabVIEW/Excel.
4. Определить ТММ: точка максимального P . Зафиксировать $U_p, I_p, P_{\text{макс}}$.
5. Опыт 2. Включить PGL. Изменить угол ($\theta=30^\circ$ и 60°). Повторить автоматическую запись ВАХ.
6. Опыт 3. Рассчитать $FF = U_p \cdot I_p / (U_{xx} \cdot I_{кз})$. Сравнить с $FF \geq 0,7$.
7. Оформить отчёт: таблицы, ВАХ, кривая мощности, расчёт FF.

5. Требования к результатам

Таблица опыта 1 (≥ 10 точек); график ВАХ с кривой мощности; ТММ с координатами; ВАХ для $\theta=30^\circ$ и 60° ; расчёт FF; вывод о качестве фотоэлемента.

6. Вопросы для защиты

1. Что такое ВАХ фотоэлемента? Чем отличается от ВАХ диода?
2. Что такое точка максимальной мощности?

3. Что показывает коэффициент заполнения FF? Какое значение считается хорошим?
4. Как угол падения влияет на форму ВАХ и положение ТММ?
5. Как нагрев влияет на характеристики солнечного элемента?
6. Что такое алгоритм MPPT и зачем он используется в инверторах?
7. Какие факторы влияют на КПД фотоэлектрического преобразователя?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 11

Мировая статистика ВИЭ (IRENA): анализ и визуализация данных

1. Цель занятия

Освоить работу с базой данных IRENA; провести анализ мировых тенденций развития ВИЭ; построить информационные визуализации в MS Excel; сформулировать прогнозы развития отрасли.

2. Краткое теоретическое обоснование

IRENA (International Renewable Energy Agency) – международное агентство, публикующее ежегодные статистические сборники по ВИЭ. Ключевые базы данных: IRENASTAT (irena.org/Data/View-data-by-topic/Capacity-and-Generation/Statistics-Time-Series) содержит данные об установленной мощности и выработке по видам ВИЭ и странам с 2000 г.

Нормированная стоимость электроэнергии (LCOE, \$/МВт·ч) – основной индикатор конкурентоспособности источника. По данным IRENA (2024), LCOE наземных ВЭС снизился с ~380 \$/МВт·ч (2010) до ~33 \$/МВт·ч (2023); СЭС – с ~440 до ~44 \$/МВт·ч.

Тренды: ежегодный прирост мощности СЭС – >300 ГВт/год (2023); доля ВИЭ в мировой генерации превысила 30%. Китай является мировым лидером по установленной мощности СЭС и ВЭС.

3. Задание

Скачать из IRENASTAT данные об установленной мощности ВИЭ по регионам за 2010–2023 гг.

Построить диаграмму динамики роста установленной мощности СЭС и ВЭС в мире.

Сравнить LCOE основных источников (ВЭС, СЭС, ГЭС, ТЭС, АЭС) за 2023 г. Построить столбчатую диаграмму.

Составить ТОП-10 стран по установленной мощности ВИЭ. Определить место России.

4. Порядок выполнения

1. Перейти на irena.org → Data → Statistics. Выбрать: Capacity, All technologies, World / по регионам, 2010–2023. Экспортировать в Excel.
2. Построить линейный график «Динамика установленной мощности ВИЭ» (ось X – год, ось Y – ГВт). Отдельные ряды: ВЭС, СЭС, ГЭС, Прочие.
3. Скачать данные LCOE (IRENA Renewable Power Generation Costs 2023). Создать таблицу сравнения LCOE по источникам. Построить гистограмму.
4. Создать лист «ТОП-10». Отфильтровать 10 стран с наибольшей мощностью ВИЭ. Найти место России.

5. Написать аналитическую записку (1–2 стр.): ключевые тенденции, прогноз на 2030 г., роль России.

6. Оформить отчёт: источники данных, таблицы, диаграммы, аналитическая записка.

5. Требования к результатам

Отчёт: график динамики ВИЭ 2010–2023; диаграмма LCOE; ТОП-10 стран; аналитическая записка с прогнозом; ссылки на все источники данных.

6. Вопросы для защиты

1. Что такое LCOE и как он рассчитывается?
2. Назовите основные источники данных о мировой статистике ВИЭ.
3. Какова динамика снижения LCOE для СЭС и ВЭС за 2010–2023 гг.?
4. Какие страны лидируют по установленной мощности ВИЭ?
5. Какое место занимает Россия в мировой статистике по ВИЭ? Почему?
6. Каковы целевые показатели развития ВИЭ в России по ДПМ ВИЭ?
7. Какие факторы определяют конкурентоспособность ВИЭ?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 12

Расчёт параметров системы накопления электроэнергии

1. Цель занятия

Научиться рассчитывать ключевые параметры систем накопления электроэнергии (СНЭЭ) для заданных применений; сравнить характеристики различных технологий; освоить технико-экономический анализ.

2. Краткое теоретическое обоснование

СНЭЭ – устройства для хранения электроэнергии. Классификация по технологии: Li-ion, NaS, Flow-батареи (электрохимические); ГАЭС, маховики (механические); конденсаторы, СМЭС (электрические).

Основные параметры СНЭЭ: номинальная мощность P (МВт); ёмкость E (МВт·ч); время выдачи $t = E/P$ (ч); КПД цикла $\eta = E_{\text{выдача}}/E_{\text{заряд}}$; глубина разряда DOD (%); ресурс (циклы); удельная стоимость (\$/кВт·ч).

Задача выбора СНЭЭ: суточный дефицит мощности ΔP (МВт) и продолжительность Δt (ч) определяют требуемую ёмкость: $E_{\text{треб}} = \Delta P \cdot \Delta t / \eta$. Стоимость: $C = E_{\text{треб}} \cdot c_{\text{уд}}$.

3. Задание

Для трёх заданных применений (балансировка суточного графика, резервное питание, сглаживание пиков ВЭС): рассчитать требуемую ёмкость и мощность СНЭЭ.

Выбрать оптимальную технологию. Рассчитать стоимость. Составить сравнительную таблицу технологий СНЭЭ.

4. Порядок выполнения

1. Изучить исходные данные: суточный график нагрузки (3 варианта). Определить максимальный дефицит мощности ΔP и продолжительность Δt .
2. Рассчитать требуемую ёмкость: $E_{\text{треб}} = \Delta P \cdot \Delta t / \eta$ (принять $\eta = 0,85$ для Li-ion).
3. Создать в Excel сравнительную таблицу технологий СНЭЭ: Li-ion, NaS, Flow, ГАЭС. Столбцы: ёмкость, мощность, η , ресурс, стоимость \$/кВт·ч.
4. Выбрать оптимальную технологию для каждого применения, обосновать выбор.
5. Рассчитать капитальные затраты: $C = E_{\text{треб}} \cdot c_{\text{уд}}$.
6. Рассчитать срок окупаемости при экономии на пиковой генерации: $T = C / (\Delta P \cdot n \cdot c_{\text{эл}})$, где n – число пиков в год, $c_{\text{эл}}$ – цена электроэнергии в пиковые часы.
7. Оформить отчёт: таблица параметров СНЭЭ, расчёты, выбор и обоснование.

5. Требования к результатам

Отчёт: сравнительная таблица технологий СНЭЭ (≥ 4 технологии, ≥ 6 параметров); расчёт $E_{\text{треб}}$ и P для 3 применений; выбор технологии с обоснованием; расчёт стоимости и срока окупаемости.

6. Вопросы для защиты

1. Назовите основные классы технологий накопления электроэнергии.
2. Что такое глубина разряда (DOD) и ресурс аккумулятора в циклах?
3. Как рассчитывается требуемая ёмкость СНЭЭ для балансировки суточного графика?
4. Чем Li-ion батареи отличаются от Flow-батарей по области применения?
5. Почему ГАЭС является наиболее распространённым типом крупного накопителя?
6. Какую роль СНЭЭ играют в балансировании энергосистемы с высокой долей ВИЭ?
7. Какие проекты СНЭЭ реализуются или планируются в России?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 13

Сравнение LCOE и КПД различных типов электростанций

1. Цель занятия

Провести сравнительный анализ технико-экономических показателей различных типов электростанций; научиться работать с понятиями LCOE, КИУМ, удельные выбросы CO₂; сформировать системное представление об электроэнергетическом балансе.

2. Краткое теоретическое обоснование

LCOE (Levelized Cost of Energy) – приведённая стоимость электроэнергии за весь жизненный цикл объекта: $LCOE = (CAPEX/t + OPEX) / (P \cdot \text{КИУМ} \cdot 8760)$, где CAPEX – капитальные затраты, OPEX – эксплуатационные затраты, КИУМ – коэффициент использования установленной мощности.

Типичные значения КИУМ: ТЭС – 0,65–0,85; АЭС – 0,85–0,92; ГЭС – 0,35–0,55; ВЭС – 0,25–0,45; СЭС – 0,12–0,25. КПД: тепловой цикл ТЭС – 33–45%; АЭС – 33–37%; ГЭС – 85–93%; ВЭС – 35–45% (Бец); СЭС – 15–24%.

Удельные выбросы CO₂ (г/кВт·ч): уголь – 820–1000; газ – 490; СЭС – 20–50; ВЭС – 7–15; АЭС – 5–12; ГЭС – 4–30.

3. Задание

Заполнить сводную таблицу показателей для 6 типов электростанций (ТЭС уголь, ТЭС газ, АЭС, ГЭС, ВЭС, СЭС).

Рассчитать LCOE по упрощённой формуле для каждого типа. Построить сравнительные диаграммы.

Сформулировать выводы о месте каждого типа в электроэнергетическом балансе.

4. Порядок выполнения

1. Создать в Excel сводную таблицу: типы ЭС (строки) × показатели (столбцы): P_{уст} (МВт), CAPEX (\$/кВт), OPEX (\$/кВт/год), КИУМ, КПД (%), LCOE (\$/МВт·ч), CO₂ (г/кВт·ч), срок службы (лет).
2. Заполнить таблицу данными из IRENA (2023), IEA (2023), Минэнерго РФ.
3. Рассчитать LCOE по формуле: $=((CAPEX/\text{срок} + OPEX) / (P_{\text{уст}} \cdot \text{КИУМ} \cdot 8760)) \times 10^6$.
4. Построить гистограмму LCOE для 6 типов ЭС. Добавить планки погрешности.
5. Построить пузырьковую диаграмму: ось X – LCOE, ось Y – КПД, размер пузыря – выбросы CO₂.
6. Написать аналитическую записку: оптимальный микс для ЭЭС России, роль каждого типа.
7. Оформить отчёт: таблицы, диаграммы, аналитическая записка.

5. Требования к результатам

Сводная таблица (6 типов × 8 показателей); расчёт LCOE; гистограмма LCOE; пузырьковая диаграмма; аналитическая записка (1 стр.) о балансе типов электростанций.

6. Вопросы для защиты

1. Что такое LCOE и как он рассчитывается?
2. Что такое КИУМ и почему он важен для сравнения электростанций?
3. Чем обусловлен высокий КПД ГЭС по сравнению с ТЭС?
4. Почему LCOE СЭС и ВЭС резко снизился за 2010–2023 гг.?
5. Какова роль АЭС в низкоуглеродном энергетическом балансе?
6. Как выбросы CO₂ учитываются при планировании энергетического перехода?
7. Какой тип электростанций наиболее перспективен для России с учётом ресурсного потенциала?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 14

Исследование электролизёра для получения водорода и кислорода из воды

1. Цель занятия

Провести эксперимент с РЕМ-электролизёром; измерить объёмы выделяемых газов; сравнить с теоретически ожидаемыми значениями; оценить электрическую энергию, затраченную на электролиз.

2. Краткое теоретическое обоснование

Электролиз воды – разложение воды на водород и кислород под действием постоянного электрического тока. Катод: $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\uparrow$; Анод: $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \frac{1}{2}\text{O}_2\uparrow + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$. Суммарно: $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2$. Объёмное соотношение $\text{H}_2:\text{O}_2 = 2:1$.

РЕМ-электролизёр использует полимерную протонообменную мембрану (Proton Exchange Membrane) как твёрдый электролит. КПД до 85%. Применяется для производства «зелёного» водорода от ВИЭ.

Теоретический объём водорода: $V_{\text{H}_2} = (I \cdot t \cdot M_{\text{H}_2}) / (n \cdot F \cdot \rho_{\text{H}_2})$, где I – ток (А), t – время (с), $M_{\text{H}_2} = 2$ г/моль, $n = 2$, $F = 96485$ Кл/моль, $\rho_{\text{H}_2} = 0,0899$ г/л. Закон Фарадея: $m = M \cdot I \cdot t / (n \cdot F)$.

3. Задание

Опыт 1: использовать солнечную батарею как источник для электролизёра. Наблюдать выделение газов.

Опыт 2: использовать стабилизированный источник тока $I \geq 200$ мА. Получить 10 мл H_2 , измерить объём O_2 и время. Сравнить с теоретическим расчётом.

4. Порядок выполнения

1. Настроить NI ELVIS/HELEx. Наполнить цилиндры электролизёра дистиллированной водой до 0 мл.
2. Опыт 1. Подключить солнечную батарею к электролизёру (лампа на 30 см). Убедиться $I \geq 150$ мА. Наблюдать газообразование. Записать наблюдения.
3. Опыт 2. Отключить СБ. Выпустить газы. Подключить стабилизированный ИТ. $I \geq 200$ мА. Запустить таймер HELEx.
4. Пропускать ток до $V_{\text{H}_2} = 10$ мл. Выключить ИТ. Записать I (мА), t (с), V_{H_2} (мл), V_{O_2} (мл) в таблицу.
5. Рассчитать теоретическое время: $t_{\text{теор}} = V_{\text{H}_2} \cdot n \cdot F \cdot \rho_{\text{H}_2} / (M_{\text{H}_2} \cdot I)$. Сравнить с $t_{\text{эсп}}$.
6. Проверить соотношение: $V_{\text{H}_2}/V_{\text{O}_2} = 2$. Оценить отклонение от теории.
7. Оформить отчёт: схемы установки, таблица результатов, расчёты по закону Фарадея, выводы.

5. Требования к результатам

Отчёт: схемы опытов 1 и 2; таблица результатов (I , $t_{\text{эксп}}$, V_{H_2} , V_{O_2}); расчёт $t_{\text{теор}}$; сравнение с экспериментом; проверка соотношения объёмов газов; выводы о законе Фарадея и КПД электролизёра.

6. Вопросы для защиты

1. Запишите суммарное химическое уравнение электролиза воды.
2. Сравните объёмы водорода и кислорода. Чем обосновано это соотношение?
3. Сформулируйте закон Фарадея для электролиза.
4. Что такое РЕМ-электролизёр? Каковы его преимущества?
5. Что такое «зелёный», «голубой» и «серый» водород?
6. Почему уровень воды в цилиндрах изменился в ходе опыта?
7. Каков экспортный потенциал водородной энергетики России?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 15

Анализ нормативно-правовой базы цифровизации ТЭК

1. Цель занятия

Освоить работу с нормативно-правовой документацией в области цифровизации ТЭК; научиться анализировать принципы и цели документов стратегического уровня; сформировать понимание государственной политики цифровой трансформации энергетики.

2. Краткое теоретическое обоснование

Цифровая трансформация ТЭК является приоритетом государственной политики. Ключевые документы: Энергетическая стратегия РФ до 2050 г. (утв. Распоряжением Правительства №1523-р, 2020); Концепция цифровой трансформации ТЭК (Минэнерго РФ); Стратегическое направление в области цифровой трансформации ТЭК до 2030 г.

Целевая модель «Цифровой электросети» предполагает: полную управляемость активами в режиме реального времени; автоматическую ликвидацию аварий; интеграцию распределённой генерации и накопителей; цифровые сервисы для потребителей.

Международный стандарт IEC 61850 определяет коммуникационные протоколы для автоматизации подстанций. Стандарт CIM (Common Information Model, IEC 61968/61970) обеспечивает информационную интеграцию в ЭЭС.

3. Задание

Изучить принципы документов: Энергетическая стратегия РФ до 2050 г. (раздел цифровизация), Концепция цифровой трансформации ТЭК. Выявить взаимосвязи между документами.

Составить структурную схему иерархии документов цифровой трансформации ТЭК.

Определить ключевые приоритеты цифровой трансформации и ожидаемые эффекты.

Ответить на контрольные вопросы в письменной форме.

4. Порядок выполнения

1. Скачать с сайта Минэнерго РФ (minenergo.gov.ru) и КонсультантПлюс документы: Энергетическая стратегия до 2050 г.; Стратегическое направление цифровой трансформации ТЭК.
2. Прочитать разделы о цифровизации электроэнергетики. Выписать цели, задачи, KPI, сроки.
3. Выявить взаимосвязи документов: какие нормы Стратегии конкретизируют концепцию?

4. Составить в MS Word или Excel структурную схему: верхний уровень – Энергостратегия, нижний – отраслевые программы.
5. Определить 5 приоритетных технологий и 3 ожидаемых эффекта для потребителей.
6. Письменно ответить на контрольные вопросы (не менее 3–5 предложений на вопрос).
7. Оформить отчёт: краткая аннотация документов, схема иерархии, таблица КРІ, ответы на вопросы.

5. Требования к результатам

Отчёт: аннотации 2 документов (по 5–7 предложений); схема иерархии нормативной базы; таблица ключевых КРІ цифровой трансформации (≥ 5 показателей); ответы на контрольные вопросы.

6. Вопросы для защиты

1. На какие этапы разделена реализация Энергетической стратегии? Каковы задачи каждого?
2. Какова цель цифровой трансформации ТЭК? Какие инструменты используются?
3. Перечислите основные компоненты целевой модели цифровой электросети.
4. Какие вызовы в электроэнергетике выделены как приоритетные в Энергостратегии?
5. Какие технологии планируется внедрить в 2025–2030 гг.?
6. Как связаны стратегическое направление цифровизации и Энергетическая стратегия?
7. Что такое стандарт CIM и почему его внедрение важно для ЕЭС России?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 16

Сравнительный анализ подходов Smart Grid в США, Японии, ОАЭ и РФ

1. Цель занятия

Изучить концепцию интеллектуальной электроэнергетической системы (Smart Grid); провести сравнительный анализ национальных подходов к её реализации в четырёх странах; определить применимость международного опыта для России.

2. Краткое теоретическое обоснование

Smart Grid – интеллектуальная электроэнергетическая система, интегрирующая ИКТ во все элементы от генерации до потребления. Ключевые элементы: умные счётчики (AMI), управление спросом (DSM), системы SCADA/EMS, интеграция ВИЭ и СНЭЭ, Vehicle-to-Grid (V2G).

США: программа Smart Grid Investment Grant (Министерство энергетики, ARRA 2009, инвестиции >\$8 млрд); стандарты NERC, NIST SP 800-82. Япония: программа после аварии на АЭС Фукусима-1 (2011), интеграция СЭС и систем накопления. ОАЭ: проект Masdar City – первое безуглеродное поселение; Dubai Smart Grid Strategy.

Россия: цифровая трансформация электросетевого комплекса ПАО «Россети»; пилотные проекты умных счётчиков (АСКУЭ); разработка стандартов на основе IEC 61850. Ключевой барьер: низкие тарифы и инвестиционные ограничения.

3. Задание

Провести сравнительный анализ подходов Smart Grid в США, Японии, ОАЭ и РФ по 6 критериям.

Составить матрицу сравнения. Определить лучшие практики, применимые в России.

Подготовить краткую презентацию (4–6 слайдов) с выводами.

4. Порядок выполнения

1. Изучить материалы: сайты DOE (energy.gov), IEA (iea.org/energy-system/electricity/smart-grids), Россети (rosseti.ru), статьи из eLIBRARY.ru.
2. Заполнить матрицу сравнения (таблица 4 страны × 6 критериев): законодательная база; инвестиции в Smart Grid; доля умных счётчиков; ключевые проекты; роль ВИЭ; уровень цифровизации.
3. Определить 3 лучшие практики, применимые в российских условиях.
4. Разработать раздел «Практическое задание 2.3» (Virtual Power Plants): изучить кейс VPP, оценить применимость в России.
5. Подготовить презентацию в PowerPoint (4–6 слайдов): введение, матрица сравнения, выводы.
6. Презентовать работу (3–5 мин). Ответить на вопросы.

5. Требования к результатам

Матрица сравнения (4 страны $\times$ ≥ 6 критериев); выявленные 3 лучшие практики с обоснованием; презентация (4–6 слайдов); устная защита 3–5 мин.

6. Вопросы для защиты

1. Дайте определение Smart Grid. Перечислите её ключевые элементы.
2. Какова роль умных счётчиков (AMI) в интеллектуальной сети?
3. Что такое управление спросом (DSM) и зачем оно нужно?
4. Какой опыт Smart Grid в США может быть применён в России?
5. Что такое Virtual Power Plant (VPP)? Каковы условия её функционирования?
6. Какие стандарты применяются при создании Smart Grid?
7. Каковы основные барьеры внедрения Smart Grid в России?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 17

Роль технологий AR/VR в подготовке кадров энергетического сектора

1. Цель занятия

Ознакомиться с применением технологий дополненной (AR) и виртуальной (VR) реальности в подготовке персонала энергетических объектов; провести сравнительный анализ методов обучения; разработать концепцию использования VR/AR в учебном процессе кафедры.

2. Краткое теоретическое обоснование

AR (Augmented Reality) – технология наложения цифровых объектов на реальную среду. VR (Virtual Reality) – полностью виммерсивная цифровая среда. Системы цифровых двойников (Digital Twin) – виртуальные модели физических объектов, обновляемые в реальном времени.

Применение в энергетике: тренажёры-симуляторы оперативного управления подстанцией; VR-обучение ликвидации аварийных ситуаций; AR-руководства при техническом обслуживании. Компании-разработчики: Siemens, GE Digital, «Глоубайт», НТИ МЭИ.

Эффективность: исследования показывают, что VR-обучение сокращает время подготовки персонала на 40–60% по сравнению с традиционными методами; снижает количество ошибок при первом самостоятельном выполнении работ на 30–40%.

3. Задание

Описать 3 сценария применения AR/VR в подготовке персонала энергетических объектов.

Сравнить традиционные методы обучения, VR-симуляции и системы цифровых двойников по 5 критериям.

Разработать концепцию использования VR/AR в учебном процессе по дисциплинам кафедры (1–2 стр.).

4. Порядок выполнения

1. Изучить материалы: кейсы из Альманаха цифровизации электроэнергетики; статьи в eLIBRARY.ru по запросу «VR обучение энергетика».
2. Описать 3 конкретных сценария применения AR/VR: а) симуляция ликвидации КЗ на подстанции; б) AR-инструкция при обслуживании трансформатора; в) VR-экскурсия на ГЭС.
3. Заполнить сравнительную таблицу методов обучения: критерии – стоимость, безопасность, реалистичность, масштабируемость, оценка компетенций.
4. Разработать концепцию для кафедры: выбрать 2 дисциплины, описать 1–2 VR-модуля, оценить стоимость и эффект.

5. Оформить отчёт: описание сценариев, сравнительная таблица, концепция, список источников.

5. Требования к результатам

Отчёт: описание 3 сценариев AR/VR (по 0,5–1 стр.); сравнительная таблица методов обучения (≥ 5 критериев); концепция VR/AR для кафедры (1–2 стр.); список ≥ 5 источников.

6. Вопросы для защиты

1. Чем AR отличается от VR? Приведите примеры применения каждой технологии.
2. Что такое цифровой двойник? Для чего он используется в энергетике?
3. Назовите преимущества VR-обучения перед традиционными методами.
4. Какие навыки наиболее эффективно формируются с помощью VR-тренажёров?
5. Какие компании разрабатывают VR/AR-решения для энергетики в России?
6. Опишите концепцию использования VR для изучения оборудования подстанции.
7. Каковы экономические и образовательные эффекты внедрения VR/AR в вузе?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 18

Применение тепловизионного оборудования в энергетике

1. Цель занятия

Изучить физические основы тепловизионной диагностики; получить практические навыки работы с тепловизором; научиться интерпретировать термограммы для выявления дефектов электрооборудования.

2. Краткое теоретическое обоснование

Тепловизионная диагностика основана на измерении инфракрасного излучения объектов. Все тела с температурой выше 0 К излучают ИК-радиацию. По закону Стефана-Больцмана: $P = \sigma \cdot \varepsilon \cdot T^4$, где $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴) – постоянная Стефана-Больцмана, ε – коэффициент излучения (0...1).

Перегрев электрооборудования – один из основных признаков дефекта. Нормативные превышения температуры: контактные соединения шин – не более +10 °С над фоном; кабельные муфты – не более +5 °С; трансформаторы – по характеристическим точкам. Стандарт ГОСТ Р 53698-2009.

Тепловизор выдаёт термограмму – тепловое изображение с цветовой кодировкой температуры. Разрешение: от 160×120 до 640×480 пикселей. Программы обработки: FLIR Tools, Testo IRSOFT. Применение: диагностика ЛЭП, подстанций, кабельных муфт, двигателей.

3. Задание

Провести тепловизионную съёмку объектов в лаборатории (электроприборы, соединения проводов, персональные компьютеры).

Интерпретировать полученные термограммы: выявить зоны перегрева, сравнить с нормативами.

Составить акт тепловизионного обследования по упрощённой форме.

4. Порядок выполнения

1. Пройти инструктаж по работе с тепловизором. Включить тепловизор, дождаться стабилизации (2–3 мин).
2. Настроить параметры: диапазон температур, коэффициент излучения ε (для металла $\varepsilon = 0,05–0,2$; для изоляции $\varepsilon = 0,85–0,95$).
3. Провести съёмку 5–6 объектов: выключатель в розетке (под нагрузкой); удлинитель с нагрузкой; системный блок ПК; соединение проводов (хорошее и искусственно ослабленное); трансформатор под нагрузкой (если доступен).
4. Для каждого объекта: зафиксировать максимальную температуру $T_{\text{макс}}$, температуру фона $T_{\text{фон}}$, превышение $\Delta T = T_{\text{макс}} - T_{\text{фон}}$.
5. Определить цветовую шкалу термограммы: сопоставить цвета с температурами.

6. Сравнить ΔT с нормативными значениями. Выявить дефектные объекты.
7. Заполнить таблицу результатов и составить акт обследования в упрощённой форме.
8. Оформить отчёт: снимки термограмм (распечатать или сохранить), таблица результатов, акт обследования.

5. Требования к результатам

Отчёт: распечатанные или сохранённые термограммы (≥ 5 объектов); таблица (объект, $T_{\text{макс}}$, $T_{\text{фон}}$, ΔT , заключение); сравнение с нормативами ГОСТ Р 53698-2009; акт тепловизионного обследования в упрощённой форме.

6. Вопросы для защиты

1. Объясните физический принцип работы тепловизора.
2. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана. Что такое коэффициент излучения?
3. Почему при тепловизионной съёмке важно правильно установить коэффициент излучения?
4. Какие дефекты электрооборудования выявляются тепловизионным методом?
5. Каковы нормативные значения превышения температуры для различных элементов ЛЭП и подстанций?
6. Чем тепловизионная диагностика отличается от традиционных методов контроля изоляции?
7. В чём преимущества плановой тепловизионной диагностики для надёжности электроснабжения?

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации самостоятельной работы студента
по дисциплине
«История отрасли и введение в специальность»

для студентов направления подготовки:
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Форма обучения: заочная

Ставрополь, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины	4
2 План-график выполнения самостоятельной работы.....	6
3 Методические рекомендации по изучению теоретического материала	7
4 Методические указания по подготовке к практическим занятиям	14
Список рекомендуемой литературы	15

Введение

Самостоятельная работа является внеаудиторной и предназначена для самостоятельного изучения определенных тем дисциплины по материалам, рекомендованным преподавателем, а также в порядке подготовки к практическим занятиям.

Цель дисциплины «История отрасли и введение в специальность» – формирование согласно ООП ВО набора компетенций будущего бакалавра по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Для достижения этой цели в процессе изучения дисциплины решаются следующие задачи: ознакомление с основными понятиями и терминами изучаемой дисциплины, которыми будущий специалист будет оперировать в своей практической деятельности.

1 Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины

Основная задача высшего образования заключается в формировании творческой личности специалиста, способного к саморазвитию, самообразованию, инновационной деятельности. Решение этой задачи вряд ли возможно только путем передачи знаний в готовом виде от преподавателя к студенту. Для решения этой задачи в учебные планы всех специальностей включена самостоятельная работа, составляющая не менее 50% учебного времени студента.

В широком смысле под самостоятельной работой студентов следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов, как в учебной аудитории, так и вне ее, в контакте с преподавателем и в его отсутствие.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Содержание внеаудиторной самостоятельной работы определяется в соответствии с рекомендуемыми видами заданий согласно примерной и рабочей программ учебной дисциплины. Видами заданий для внеаудиторной самостоятельной работы по дисциплине «Электрические схемы электроустановок» являются:

- для овладения знаниями: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными

документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернета и др.;

– для закрепления и систематизации знаний: обработка текста, повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей, составление плана, составление таблиц для систематизации учебного материала, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др);

– для закрепления навыков – подготовка к практическим занятиям, оформление отчетов по практическим занятиям, выполнение дополнительных заданий, выданных преподавателем.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов. Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Следует с первых дней обучения в вузе приучать себя к целесообразному распределению занятий по месяцам и неделям семестра. При этом очень важна равномерная работа как основное условие успешных занятий в вузе.

Высшей ступенью обучения является приобретение навыков самостоятельной творческой работы, а творческому применению знаний нужно учиться параллельно с их приобретением.

Задачами самостоятельной работы студентов по дисциплине «Систему управления и сбора данных» являются:

– формирования готовности студентов к поиску, обработке и

применению информации для решения профессиональных задач;

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- развитие познавательных способностей и активности студентов, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной деятельности.

2 План-график выполнения самостоятельной работы

Общий объем самостоятельной работы в рамках изучения дисциплины «История отрасли и введение в специальность» составляет 244 академических часов.

В структуре самостоятельной работы предусмотрено самостоятельное изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным занятиям.

В таблице 2.1 приведен план график выполнения самостоятельной работы.

Таблица 2.1 – План график выполнения самостоятельной работы

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельность и студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
1 семестр					
ИД-1ОПК-1 ИД-1ПК-1 ИД-1ПК-3	Подготовка к лекции и самостоятельное изучение литературы	Собеседование	80	2.00	82
ИД-1ПК-1 ИД-1ПК-3	Выполнение практических занятий	Собеседование	68	2.00	72
ИД-1ОПК-1 ИД-1ПК-1 ИД-1ПК-3	Выполнение кейс-задания	Собеседование	16	2.00	18
ИД-1ОПК-1 ИД-1ПК-1 ИД-1ПК-3	Изучение курса «Реформирование отрасли: кейс электроэнергетики отрасли»	Собеседование	70	2.00	72
Итого за 1 семестр			236	8.00	244
Итого			236	8.00	244

3 Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Большая часть самостоятельной работы студента состоит в изучении литературы. Одна из задач студента – научиться самостоятельно работать с книгой, а это требует определенных затрат энергии и времени. Самостоятельная работа с книгой может быть успешной, если текст не только прочитан, но и законспектирован. Существует несколько форм записей, но любая форма записи не даст нужного результата, если не будет пробуждать мысли того, кто ее ведет, если отсутствует активная работа ума и формирование своих выводов из прочитанного.

Выбор формы записи зависит от индивидуальных особенностей человека, его образованности и опыта. При этом не меньшую роль играет назначение записей, то есть то, какие задачи ставит перед собой человек (для самообразования, для выступления на семинаре, для использования в будущем).

Введение записей мобилизует наряду со зрительной памятью, также и моторную память. Кроме того, у человека, систематически ведущего записи изучаемой литературы, создается свой фонд материалов для быстрого повторения и мобилизации накопленных знаний.

Все записи должны быть убористыми и компактными. Интервалы между строками должны быть достаточными, чтобы вписывать дополнения. Рекомендуется вести записи ручкой, а карандашом или ручкой другого цвета пользоваться для отметок и выделений при последующей работе. Полезно также датировать записи.

Записи могут носить различный характер: план, выписки, тезисы, аннотирование, конспектирование.

1. План - наиболее краткая формой записи. Это перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. План обычно раскрывает структуру произведения, логику автора, способствует лучшей ориентации в содержании.

Так, составленным планом можно воспользоваться, чтобы вспомнить

прочитанное или быстро отыскать в книге нужное место. Представление об основных пунктах плана дает оглавление книги, поэтому во многих случаях наименования глав и разделов можно использовать в качестве пунктов. Составление плана приучает логически мыслить, вырабатывать умение сжато и последовательно излагать суть вопроса в письменной и устной форме.

Существует два способа составления плана: работа над ним по ходу чтения и составление плана после ознакомления с произведением. При этом план получается более последовательным и стройным.

Трудность составления плана состоит в том, что надо выяснить для себя, прежде всего, построение изучаемого текста, ход мыслей автора и лишь затем изложить содержание работы кратко и ясно. При всей своей краткости план дает представление о содержании прочитанного. Следует учесть, что форма плана не исключает цитирования отдельных мет и обобщений. Различают простой и развернутый план. В отличие от простого плана развернутый план не только содержит перечисление вопросов, но и раскрывает основные идеи произведения, может включать выдержки из него, схемы, таблицы. Планом, особенно развернутым, необходимо пользоваться при написании выступления или статьи.

В целом развернутый план дает гораздо большее представление о произведении, его основных идеях, задачах, которые в нем решаются. Он может включать положения, замечания, собственные мысли студента.

Важно знать, что составление планов помогает вырабатывать способность к отвлеченному, абстрактному мышлению, но наибольшую пользу составление плана даст подготовленным лицам, которые бывают достаточно лишь взглянуть на перечень основных вопросов, чтобы воспроизвести содержание прочитанного.

2. Тезисы – более сложная и совершенная форма записи, чем составление плана.

Это сжатое изложение основных мыслей прочитанного произведения или подготовляемого выступления. Особенностью тезисов является их

утвердительный характер.

В них сосредотачивается самое главное, только выводы и обобщения, в них меньше доказательств, иллюстрации и пояснений. Тезисы не должны повторять дословно текст, но в ряде мест могут быть близки к нему, воспроизводя некоторые характерные выражения автора, важные для понимания хода его мыслей. Составление тезисов помогает глубже понять основные идеи произведения, выделить главное в нем; приучают сжато, точно и четко сформулировать свои мысли, повышает культуру речи и письма. При составлении тезисов учитывают следующее. Прежде всего, если произведение небольшое, необходимо внимательно изучать его в целом, если большое – изучать по главам и разделам. Затем, когда будут ясны основные идеи, кратко и последовательно излагать их в виде пунктов.

Различают простые и сложные, развернутые тезисы. Если записывают только утверждение чего – либо, такой тезис называют простым, а сложным тезисом будет выражение главной мысли, содержащее, кроме утверждения, еще и краткое ее доказательство.

Часто тезисы формулируются самим автором как выводы и обобщения в заключении книги или разделах книги. Нередко тезисы выделяются в тексте другим шрифтом.

Рекомендуется делать тезисные записи своими словами, причем можно записывать один абзац за другим, учитывая смысловую связь между ними. Но в большинстве случаев следует составлять сводный тезис, сложный по форме. При этом объединяется несколько утверждений, тесно связанных между собой.

Тезисы по содержанию очень близки к конспекту, но конспект носит более описательный характер, и его положения не столь категоричны, как в тезисах. Кроме того, конспект представляет собой более полную форму записи.

Следует отметить, что различие между формами записей условно, но в любой форме запись – важнейшая часть самостоятельной работы с книгой.

3. Выписки. Это записи текста из книги: теоретических положений, статистических данных, имеющих по мнению читателя важное значение.

Достоинство выписок состоит в точности воспроизведения текста книги, удобстве пользования записями при последующей работе, в накоплении обобщений и фактического материала. Выписки полезны для повторения, освежения в памяти прочитанного, для быстрой мобилизации своих знаний, когда необходимо в короткий срок вспомнить материал. Выписки выделяют из текста самое главное и тем самым помогают глубже понять его. Без них трудно обойтись при подготовке доклада, реферата, выступления. Выписки следует рассматривать как составную часть тезисов и конспектов.

Выписывать текст можно и по ходу чтения и после его завершения. В последнем случае надо замечать места, которые потом будут выписаны. Необходимо каждую выписку снабжать ссылкой на источник с указанием соответствующей страницы. Это нужно, чтобы в последствии можно было быстро найти в книге соответствующее место. Целесообразно выписывать из текста только такие места, в которых содержится самое главное, суть вопроса. Выписки должны быть ориентированы на изучение произведения в целом, а не отдельных мест, поскольку положения, вырванные из общего контакта, понимаются нередко совсем не так, как этого хотел автор. Иначе говоря, отдельно взятые, лишенные пояснений выдержки могут быть не поняты или поняты неправильно.

Выписки бывают дословные (цитаты) и «свободные», когда мысли автора излагаются своими словами. Следует учесть, что большие отрывки, которые трудно цитировать, целесообразнее в краткой форме переложить своими словами, но «яркие» и важные места лучше выписывать дословно. Каждую цитату следует заключать в кавычки. Если ее берут из середины предложения, то после вводных кавычек ставят три точки. Ставят их и в конце цитаты, если из предложения опущены последние слова.

Следует знать, что какого-либо единого метода выписок, годного для

всех случаев, не существует, поскольку у каждого человека свои особенности мышления и восприятия, свои подход к теме. Все это влияет на содержание и характер выписок.

Выписки рекомендуется хранить в картотеке, конвертах или папках, на которых следует обозначить общую тему.

4. Аннотация – еще одна форма записи, являющаяся кратким обобщением содержания книги. Ею удобно пользоваться, если имеется намерение вернуться к изучаемому произведению. Аннотация может быть необходима и для того, чтобы не забыть о нем.

Для составления аннотации надо сначала полностью прочитать и глубоко продумать произведение. При всей своей краткости аннотация может содержать отдельные фрагменты авторского текста, а не только оценку книги или статьи.

5. Резюме очень близко к аннотации. Это запись, являющаяся краткой оценкой прочитанного материала. Различие между ними состоит в том, что аннотация сжато характеризует произведение в целом, а резюме концентрирует внимание на его выводах, главных итогах.

6. Конспект – наиболее совершенная и наиболее сложная форма записи. Слово «конспект» происходит от латинского «conspectus», что означает «обзор, изложение». В правильно составленном конспекте обычно выделено самое основное в изучаемом тексте, сосредоточено внимание на наиболее существенном, в кратких и четких формулировках обобщены важные теоретические положения.

Конспект представляет собой относительно подробное, последовательное изложение содержания прочитанного. На первых порах целесообразно в записях ближе держаться тексту, прибегая зачастую к прямому цитированию автора. В дальнейшем, по мере выработки навыков конспектирования, записи будут носить более свободный и сжатый характер.

Конспект книги обычно ведется в тетради. В самом начале конспекта указывается фамилия автора, полное название произведения, издательство,

год и место издания. При цитировании обязательная ссылка на страницу книги. Если цитата взята из собрания сочинений, то необходимо указать соответствующий том. Следует помнить, что четкая ссылка на источник – непереносимое правило конспектирования. Если конспектируется статья, то указывается, где и когда она была напечатана.

Конспект подразделяется на части в соответствии с заранее продуманным планом. Пункты плана записываются в тексте или на полях конспекта. Писать его рекомендуется четко и разборчиво, так как небрежная запись с течением времени становится малопонятной для ее автора. Существует правило: конспект, составленный для себя, должен быть по возможности написан так, чтобы его легко прочитал и кто-либо другой.

Формы конспекта могут быть разными и зависят от его целевого назначения (изучение материала в целом или под определенным углом зрения, подготовка к докладу, выступлению на занятии и т.д.), а также от характера произведения (монография, статья, документ и т.п.). Если речь идет просто об изложении содержания работы, текст конспекта может быть сплошным, с выделением особо важных положений подчеркиванием или различными значками.

В случае, когда не ограничиваются переложением содержания, а фиксируют в конспекте и свои собственные суждения по данному вопросу или дополняют конспект соответствующими материалами из других источников, следует отводить место для такого рода записей. Рекомендуется разделить страницы тетради пополам по вертикали и в левой части вести конспект произведения, а в правой свои дополнительные записи, совмещая их по содержанию.

Конспектирование в большей мере, чем другие виды записей, помогает вырабатывать навыки правильного изложения в письменной форме важные теоретических и практических вопросов, умение четко их формулировать и ясно излагать своими словами.

Таким образом, составление конспекта требует вдумчивой работы,

затраты времени и труда. Зато во время конспектирования приобретаются знания, создается фонд записей.

Конспект может быть текстуальным или тематическим. В текстуальном конспекте сохраняется логика и структура изучаемого произведения, а запись ведется в соответствии с расположением материала в книге. За основу тематического конспекта берется не план произведения, а содержание какой-либо темы или проблемы.

Текстуальный конспект желательно начинать после того, как вся книга прочитана и продумана, но это, к сожалению, не всегда возможно. В первую очередь необходимо составить план произведения письменно или мысленно, поскольку в соответствии с этим планом строится дальнейшая работа. Конспект включает в себя тезисы, которые составляют его основу. Но, в отличие от тезисов, конспект содержит краткую запись не только выводов, но и доказательств, вплоть до фактического материала. Иначе говоря, конспект – это расширенные тезисы, дополненные рассуждениями и доказательствами, мыслями и соображениями составителя записи.

Как правило, конспект включает в себя и выписки, но в него могут войти отдельные места, цитируемые дословно, а также факты, примеры, цифры, таблицы и схемы, взятые из книги. Следует помнить, что работа над конспектом только тогда будет творческой, когда она не ограничена текстом изучаемого произведения. Нужно дополнять конспект данными из других источников.

В конспекте необходимо выделять отдельные места текста в зависимости от их значимости. Можно пользоваться различными способами: подчеркиваниями, вопросительными и восклицательными знаками, репликами, краткими оценками, писать на полях своих конспектов слова:

«важно», «очень важно», «верно», «характерно».

В конспект могут помещаться диаграммы, схемы, таблицы, которые придадут ему наглядность.

Составлению тематического конспекта предшествует тщательное

изучение всей литературы, подобранной для раскрытия данной темы. Бывает, что какая-либо тема рассматривается в нескольких главах или в разных местах книги. А в конспекте весь материал, относящийся к теме, будет сосредоточен в одном месте. В плане конспекта рекомендуется делать пометки, к каким источникам (вплоть до страницы) придется обратиться для раскрытия вопросов. Тематический конспект составляется обычно для того, чтобы глубже изучить определенный вопрос, подготовиться к докладу, лекции или выступлению на семинарском занятии. Такой конспект по содержанию приближается к реферату, докладу по избранной теме, особенно если включает и собственный вклад в изучение проблемы.

4 Методические указания по подготовке к практическими занятиям

В рамках самостоятельной работы предусмотрена подготовка студента к практическим занятиям. Практические занятия позволяют интегрировать теоретические знания и формировать практические умения и навыки студентов в процессе учебной деятельности.

Цели практических занятий по дисциплине «История отрасли и введение в специальность»:

- 1) закрепление теоретического материала путем систематического контроля за самостоятельной работой студентов;
- 2) формирование умений использования теоретических знаний в процессе выполнения практических занятий;
- 3) развитие аналитического мышления путем обобщения результатов практических работ;
- 4) формирование навыков оформления результатов практических занятий в виде таблиц, графиков, выводов.

На практических занятиях осуществляются следующие формы работ со студентами: индивидуальная (оценка знаний, выполненных тестовых заданий, проверка рабочих тетрадей); фронтальная (подведение итогов выполнения практических занятий).

Список рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Волкова И.О., Бурда Е.Д., Гаврикова Е.В., Суслов К.В., Косыгина А.В., Горгишели М.В. Трансформация электроэнергетики: тренды, модели, механизмы и практики управления : монография. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2020. – 354 с.
2. Ушаков, В. Я. Современные проблемы электроэнергетики: учебное пособие / В. Я. Ушаков. – Томск: ТПУ, 2014. – 447 с. – ISBN 978-5-4387-0521-5. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/62918> – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Бушуев, В. В. Мировая энергетика – 2050. Белая книга: учебное пособие / Бушуев В.В. - Москва: Энергия, Институт энергетической стратегии, 2011. - 355 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-98908-048-9
4. Юдаев, И. В. Возобновляемые источники энергии: учебник для вузов / И. В. Юдаев, Ю. В. Даус, В. В. Гамага. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 328 с. – ISBN 978-5-8114-9502- Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/195537>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Ушаков, В. Я. Современные проблемы электроэнергетики : Учебное пособие/ Ушаков В. Я. - Томск : Томский политехнический университет, 2014. - 447 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-4387-0521- 5
2. Бушуев, В. В. Мировая энергетика – 2050. Белая книга : учебное пособие / Бушуев В. В. - Москва : Энергия, Институт энергетической стратегии, 2011. - 355 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-98908-048-9
3. Бушуев, В. В. ТЭК и экономика России. Вчера, сегодня, завтра 1990-2010- 2030 : учебное пособие / Бушуев В В - Москва : Энергия
4. Основы современной энергетики : учебник : в 2 т. / под ред. Е. В. Аметистова, Т. 2, Современная электроэнергетика / под ред. А. П. Бурмана, В. А. Строева. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : МЭИ, 2008. - 632 с. : ил. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-383-00161-5. - ISBN 978-5-383-00163-9
5. Идельчик, В. И. Электрические системы и сети : учебник для вузов/ В. И. Идельчик. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 592с. : ил. – Гриф: Доп. МО. – Библиогр.: с. 585-586. – ISBN 5-283-01012-08.2
6. Распоряжение Правительства РФ от 12.04.2025 N 908-р «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2050 года»

Учебно-методическая литература:

1. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «История отрасли и введение в специальность». Ставрополь: СКФУ, 2026.

Интернет-ресурсы:

1. <http://catalog.ncfu.ru> – электронные каталоги Ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО.
2. <http://www.biblioclub.ru> – электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн».
3. <http://www.iprbookshop.ru/> – ЭБС «IPRbooks».