

УДК: 37.022

DOI: 10.25629/НС.2023.02.17

ПРОПЕДЕВТИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Половникова Л.Б.

Тюменский индустриальный университет

Аннотация. В статье рассматривается методическое решение взаимосвязи дисциплин Физика и Электротехника. Представлены результаты проведенного исследования с обучающимися направления подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль): Энергоснабжение по изучению взаимосвязи дисциплин Электротехника и Физика. В процессе работы проверена гипотеза исследования: методика проведения занятий по формированию системных знаний физических теорий с использованием знаний методов познавательной деятельности, выражающие взаимосвязь эмпирического и теоретического уровня познания позволит подготовить обучающихся к эффективному овладению методов расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях в Электротехнике. Цель исследования: оценить эффективность изучения Электротехники на основе системных знаний физических теорий была реализована с использованием эмпирических и теоретических методов. Использование представлений о физической теории, как системы научных знаний определенной структуры, послужило основой для пропедевтики электрического моделирования переходных процессов, используемых в Электротехнике. В ходе проведенного исследования, мы установили, что методика проведения занятий по формированию системных знаний физических теорий с использованием знаний методов познавательной деятельности, выражающие взаимосвязь эмпирического и теоретического уровня познания позволяет подготовить обучающихся к эффективному овладению методов расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях в Электротехнике.

Методический подход по формированию познавательных действий при решении физических задач на основе демонстрации преемственности физики и технических дисциплин может быть использован преподавателями средних профессиональных учебных заведений, а также преподавателями ВУЗов.

Ключевые слова: физика, профессиональная подготовка инженера, преемственность, физическая теория, электротехника, переходные процессы.

Введение в проблему

От системности и фундаментальности физико-математической подготовки зависит и качество освоения технических дисциплин у обучающихся инженерных направлений подготовки в техническом ВУЗе: Теоретическая механика, Сопротивление материалов, Теоретические основы электротехники [1], Электрические машины, Электрические и электронные аппараты, Электротехника и др. Физика – базовая дисциплина для формирования учебных и общепрофессиональных компетенций, а в дальнейшем и основа для формирования предметных компетенций у обучающихся [15]. В ее задачи входит: формирование у обучающихся теоретического мышления и современного естественнонаучного мировоззрения, в частности, правильного понимания границ применимости физических теорий и умения оценивать степень достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных или математических методов исследования; выработка у обучающихся приемов и навыков решения конкретных задач из разных областей физики, помогающих студентам в дальнейшем решать инженерные задачи.

Нами проведено исследование с обучающимися направления подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль): Энергоснабжение по изучению взаимосвязи дисциплин Электротехника и Физика [11].

В курсе Электротехника осуществляется анализ явлений, происходящих в электрических и магнитных цепях. Изучаются вопросы, связанные с установившимися и переходными процессами, периодическими несинусоидальными токами в линейных электрических цепях [2,6,7].

Гипотеза исследования: методика проведения занятий по формированию системных знаний физических теорий с использованием знаний методов познавательной деятельности, выражающие взаимосвязь эмпирического и теоретического уровня познания позволит подготовить обучающихся к эффективному овладению методов расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях в Электротехнике.

Цель исследования

Оценить эффективность изучения Электротехники на основе системных знаний физических теорий.

Материал и методы исследования

В ходе изучения физических теорий обучающиеся должны иметь четкое представление о структуре теории, как системы научного познания природы. Любая физическая теория может быть представлена следующими компонентами в соответствии с логикой научного познания (рис. 1).

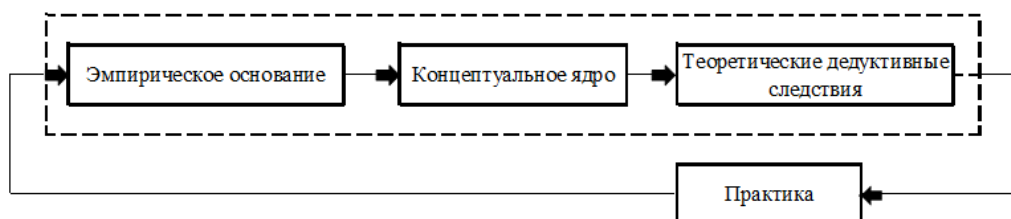


Рисунок 1 – Содержательная структура физической теории, как системы научных знаний

У каждого элемента свой логический генезис, в частности, теоретические дедуктивные следствия ядра физической теории, описывая состояние механических систем, являются обобщениями второго уровня и по сути являются частными сущностными физическими законами. Они выступают следствиями фундаментальных законов и вывод их осуществляется на основе дополнительных моделей, введением новых утверждений. Полученные на основе дедуктивного вывода они призваны решить функции физической теории: предсказательную и объяснительную [4].

Остановимся в качестве примера на дедуктивном следствии ядра физической теории «Элементы теории колебаний». Рассматривая механические колебательные явления, как пример дедуктивном следствии ядра физической теории «Классическая механика» следует показать аналогии и указать обучающимся общие закономерности их описания [3,8]. В ходе обсуждения этих вопросов мы обращаемся в таблице (табл. 1), отражающей аналогию механических и электрических величин.

Аналогии между механическими и электрическими колебаниями готовят обучающихся уже при изучении физики к пониманию электрического моделирования переходных процессов механических, и других систем при дальнейшем изучении Электротехники.

Пропедевтический подход определения параметров механической колебательной системы через эквивалентную электрическую схемы можно продемонстрировать на примерах решения задач теории колебаний с использованием аналогии между механическими и электрическими колебаниями.

Таблица 1– Аналогия между механическими и электрическими колебаниями

Механические величины	Электрические величины
Координата x	Заряд q
Время t	Время t
Скорость v	Сила тока $i = \frac{dq}{dt}$
Ускорение $a = \frac{dv}{dt}$	Скорость изменения силы тока $i' = \frac{di}{dt}$
Масса m	Индуктивность L
Жёсткость пружины k	Обратная величина емкости $\frac{1}{C}$
Модуль силы упругости $F = k \cdot x$	Напряжение на конденсаторе $U = \frac{q}{C}$
Сила $F = m \cdot a$	Напряжение на катушке индуктивности $U = L \frac{di}{dt}$
Работа силы $A = F \cdot x$	Работа источника $A = E$
Потенциальная энергия $W_{\text{п}} = \frac{k \cdot x^2}{2}$	Электрическая энергия конденсатора $W_{\text{эл}} = \frac{q^2}{2C}$
Кинетическая энергия $W_{\text{к}} = \frac{m \cdot v^2}{2}$	Магнитная энергия катушки индуктивности $W_{\text{м}} = \frac{L \cdot i^2}{2}$

Приведем пример задачи, предлагаемую обучающимся и методику решения.

Задача. Найти период колебательной системы на рис. 2 (а) [9].

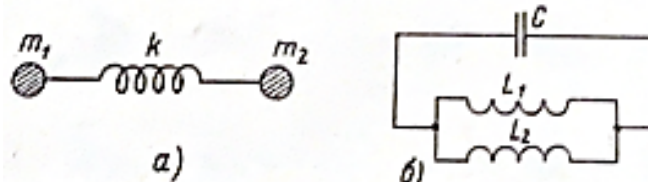


Рисунок 2 – Аналогия между механической системой и ее эквивалентной электрической схемой

Схема состоит из двух катушек, имеющие индуктивности L_1 и L_2 , один конденсатор емкостью C .

Анализ механической системы показывает, что если x – сокращение (или удлинение) пружины, то $x = x_1 + x_2$, где x_1 и x_2 – смещения первого и второго грузов соответственно. Пользуясь аналогией, заключаем, что в электрической цепи заряд $q = q_1 + q_2$, где q_1 и q_2 – заряды, протекающие через катушки индуктивностей L_1 и L_2 . Из этого следует, что

$$i = i_1 + i_2,$$

(1)

где $i = \frac{dq}{dt}$ – мгновенное значение суммарной силы тока,

$i_1 = \frac{dq_1}{dt}$ и $i_2 = \frac{dq_2}{dt}$ – мгновенные значения силы тока в катушках.

Соотношение (1) позволяет сделать вывод, что катушки соединены параллельно и теперь уже можно начертить электрическую систему эквивалентную механической колебательной системе рис. 2(б). Период, полученной электрической схемы, определяется по формуле Томсона:

$$T = 2\pi\sqrt{L_{\text{общ}}C}.$$

Для нахождения $L_{\text{общ}}$ следует учесть что, при параллельном соединении катушек напряжение на них одинаково, т.е.

$$u = u_1 = u_2 \quad (2)$$

Полагаем также, что катушки находятся на таком расстоянии друг от друга, что взаимной индукцией можно пренебречь, а их активное сопротивление ничтожно мало.

Исходя из соотношений (1), (2) и формулы $u = L \frac{di}{dt}$, можно показать, что при параллельном соединении катушек

$$\frac{1}{L_{\text{общ}}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

Откуда

$$L_{\text{общ}} = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$

Следовательно, период колебаний электрической схемы

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L_1 L_2 C}{L_1 + L_2}},$$

а исходной механической

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)k}}.$$

Превращения энергии в колебательной системе возможно показать через решение следующей задачи.

Задача. К нерастянутой пружине, верхний конец которой закреплен, имеющей жёсткость k , подвесили тело массой m . Пренебрегая массой пружины, найти ее максимальное натяжение и амплитуду колебаний. Найти аналогичные величины для эквивалентной электрической системы [10].

Выяснив, что в механической колебательной системе (вертикальный маятник) действует сила тяжести F_T , постоянная по модулю и направлению, которой в электрической системе соответствует источник постоянного напряжения, получаем эквивалентную электрическую систему (рис. 3). Так как смещению соответствует заряд, а силе натяжения – напряжение, то для эквивалентной электрической схемы нужно будет найти амплитудное значение заряда на конденсаторе и максимальное напряжение на нем.

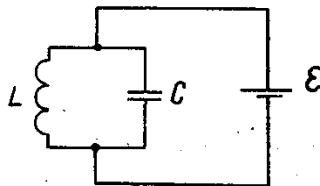


Рисунок 3 – Эквивалентная электрическая система

Решение задачи.

Решение задачи следует провести для механической и электрической системы.

Для вертикального маятника

1. Система выводится из равновесия внешней силой F_T , работа которой сообщает системе дополнительную энергию. Эта запасенная энергия и будет переходить их кинетической энергии в потенциальную и обратно, она равна

$$A = F_T x_{max} = \frac{kx_{max}^2}{2},$$

где $x_{max} = \frac{2F_T}{k}$ – максимальное удлинение пружины.

2. Максимальная сила натяжения по модулю равна $F_{max} = 2F_T$.

3. В положении равновесия вертикальный маятник (в отличие от горизонтальной пружины) растянут на x_1 . Поэтому

$$F_T = F_{нат} = kx_1 \quad x_1 = \frac{F_T}{k}.$$

4. Амплитуда колебаний определяется максимальным смещением от положения равновесия:

$$x_0 = x_{max} - x_1; \quad x_0 = \frac{F_T}{k}$$

Для колебательного контура с ЭДС

1. Система выводится из равновесия источником тока, работа которого сообщает дополнительную энергию. Эта энергия в процессе колебаний переходит из энергии магнитного поля в энергию электрического поля и обратно, она равна

$$A = Eq_{max} = \frac{q_{max}^2}{2C},$$

где $q_{max} = 2EC$ – максимальный заряд на конденсаторе.

2. Максимальное напряжение на конденсаторе равно $U_{max} = 2E$.

3. В положении равновесия конденсатор (в отличие от колебательной системы без источника тока) имеет заряд q . Поэтому

$$\varepsilon = U = \frac{q_1}{C}; \quad q_1 = \varepsilon C.$$

4. Амплитудное значение заряда определяется максимальным изменением заряда по сравнению с зарядом в равновесии:

$$q_0 = q_{max} - q_1 = \varepsilon C.$$

Решение этой задачи позволяет сделать выводы об особенностях колебательной системы с источником тока.

1. В положении равновесия заряд на конденсаторе отличен от 0 и равен $q = \varepsilon C$.

2. Через $t = \frac{1}{2}T$ напряжение и заряд конденсатора максимальны: $U_{max} = 2\varepsilon$.

3. Через $t = \frac{3}{4}T$ заряд на конденсаторе минимален; так как $q_{min} = q_1 - q_0$, то $q_{min} = 0$. Значит перезарядки конденсатора не происходит.

Анализ этих задач готовит обучающихся к усвоению к эффективному овладению методов расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях в Электротехнике.

Процессы, протекающие в электромагнитных, механических и тепловых системах при переходе из одного установившегося (стационарного) состояния к другому, при котором энергия системы (соответственно энергия электрического и магнитного полей, кинетическая и тепловая энергия и обуславливающие их величины – напряжение, ток, скорость и температура) изменяется, называются в Электротехнике переходными или неустановившимися процессами [12,13].

Процесс перехода от одного установившегося состояния к другому протекает не мгновенно (скачком), а постепенно, в силу того, что энергия не может изменяться скачком, и, следовательно, не может скачком изменяться ее величина. Если предположить, что энергия изменилась мгновенно за время $t = 0$, то мощность, необходимая для этого,

$$P = \frac{dw}{dt} = \frac{w}{0} = \infty$$

оказалась бы равной бесконечности, источников же с бесконечной мощностью в природе не существует.

Поскольку в электрических цепях энергия меняться не может мгновенно, не может изменяться мгновенно ток в индуктивности и напряжение на емкости ($W_L = \frac{I^2 L}{2}$ – энергия индуктивного и $W_C = \frac{CU^2}{2}$ емкостного элементов). Из этого следует два положения коммутации в Электротехнике.

Первый закон коммутации: ток в ветви с индуктивностью после коммутации $i_L(0_+)$ (включение, отключение, изменение параметров цепи) при $t = 0_+$ имеет то же значение, что и до коммутации

$$i_L(0_-) : i_L(0_+) = i_L(0_-).$$

Второй закон коммутации: напряжение на емкости после коммутации $u_C(0_+)$ при $t = 0_+$ имеет такое же значение, что и до коммутации

$$u_C(0_-) : u_C(0_+) = u_C(0_-).$$

Аналогичные законы есть и в механике, например, скорость тела (массы) после начала действия силы при $t=0$ равна скорости до начала действия силы.

Общность переходных процессов в механических системах и электрических цепях можно проиллюстрировать следующим примером протекания процесса при действии силы F на тело массы m и при включении индуктивного элемента с индуктивностью L к источнику с постоянным напряжением.

Сила, действующая на тело, связана с массой и ускорением вторым законом Ньютона:

$$F = \frac{mdv}{dt},$$

откуда следует, что постоянно действующая сила вызывает у тела ускорение:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{F}{m}.$$

Скачкообразное изменение скорости тела, когда $\frac{dv}{dt} = \infty$, невозможно, так как сила имеет конечное, а не бесконечно большое значение.

При включении идеальной катушки ($r=0$) с индуктивностью L , под действием напряжения сети в ней возникает ток и ЭДС самоиндукции. Из выражения, составленного по второму закону Кирхгофа,

$$U = -e = \frac{Ldi}{dt},$$

следует что скорость нарастания тока равна

$$\frac{di}{dt} = \frac{U}{L},$$

откуда

$$i = \frac{U}{L}t + A.$$

Сопоставляя $F = \frac{mdv}{dt}$ и $U = -e = Ldi/dt$, можно сделать вывод, что индуктивность по своему действию аналогична массе в механике. Показанный пример, иллюстрирует наглядно аналогию между электрическими и механическими величинами.

В инженерной практике разработка сложных механических, гидравлических, тепловых и других систем связана определенными трудностями, в частности, невозможности получить требуемые описывающие систему величины и провести экспериментальные исследования, так как ее нельзя создать натурально. Поэтому создают физические модели системы, наиболее простыми и универсальными моделями являются электрические модели, в состав которых входят

резистивные, емкостные и индуктивные элементы, в них аналогами исследуемых величин являются ток, напряжение, индуктивность и емкость. Такие модели не требуют технических затрат. Создание же механической модели имеет капитальные затраты и значительные трудности.

Условие соответствия моделей – одинаковое математическое описание.

Рассмотрим электрическую модель механической системы, состоящей из тела 2 с массой m , пружины 1 и воздушного демпфера 3- поршень, расплoженный в цилиндре (рис. 4).

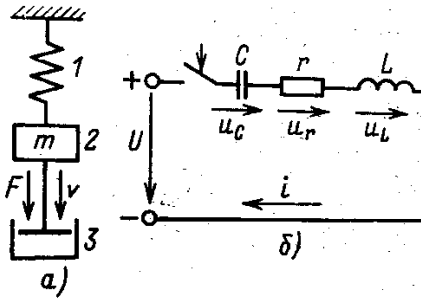


Рисунок 4 – Механическая система (а) и ее электрическая модель (б)

Пусть тело 2 удерживается внешней силой в неподвижном состоянии, когда пружина была 1 была ненапряженной. При отсутствии внешней силы система придет в движение под действием силы тяжести. Тело начнет движение вниз, растягивая пружину, при этом появляется демпфирующая сила демпфера. Возникает переходный процесс, который постепенно затухнет, и система придет в неподвижное состояние. Электрическая модель механической системы будет представлена электрической схемой с элементами резистивным, индуктивным и емкостным, изображенное на рис. 4 (б), потому что дифференциальное уравнение переходного процесса этой цепи при подключении ее к источнику с постоянным напряжением аналогично дифференциальному уравнению переходного процесса механической системы.

Уравнение движения механической системы имеет вид

$$F - F_1 - F_2 = m \frac{dv}{dt},$$

где F - сила тяжести массы, $F_1 = k_1x$ - упругая сила пружины, $F_2 = k_2v$ - сила развивая демпфером; x - перемещение тела от начального положения; v – скорость тела.

Итак, для механической системы

$$F = k_1x + k_2v + m \frac{dv}{dt}.$$

Уравнение переходного процесса электрической цепи

$$U = u_c + u_r + u_L = \frac{1}{C} \int idt + ir + L \frac{di}{dt}$$

Из этих двух уравнений следует, что напряжение U , приложенное к цепи, является аналогом силы F , приложенной к механической системе, а напряжение u_c на емкости– аналогом силы, развиваемой пружиной, ток в цепи i – аналогом скорости v , u_r – аналогом силы, возникающей в демпфере, L индуктивность – аналогом массы тела m .

Таким образом, благодаря единству уравнений электрической цепи и механической системы исследование явлений в механической системе можно проводить с помощью исследования переходных процессов электрической цепи. Но для того, чтобы результаты решения уравнения электрической цепи полностью отображали характер и длительность переходного процесса механической системы, необходимы соотношения между параметрами механической системы и ее электрической моделью. Соотношения устанавливаются масштабными коэффициентами, которые получают почленным делением уравнения переходного процесса

электрической цепи на уравнение движения механической системы. В результате получают уравнение с масштабными коэффициентами, которое полностью отображает характер и длительность переходного процесса механической системы

$$\frac{U}{m_F} = \frac{u_C}{m_F} + \frac{ri}{m_{k2}m_v} + \frac{L}{m_m} \frac{di}{dv/dt}$$

Таким образом, аналогии играют определенную роль в постижении общих свойств физического мира и готовят обучающихся к освоению дальнейшей информации, к будущей инженерной деятельности.

Результаты исследования и их обсуждение

В педагогическом исследовании проходила оценка качества знаний и полноту освоения Электротехники на основе сформированных познавательных действий при решении физических задач, в частности проведения аналогий между механическими и электрическими колебаниями.

Результат решения любой физической задачи следует также рассматривать как дедуктивное следствие основных (фундаментальных) законов физической теории [5,14]. В ходе решения задач формируются знания методов познавательной деятельности, выражающие взаимосвязь эмпирического и теоретического уровня познания и это, позволяет дать базу обучающимся к эффективному овладению методов расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях в дальнейшем при изучении Электротехники.

Для эксперимента использовались теоретические и эмпирические методы: анализ учебной литературы, опросы, диагностические контрольные работы уровня характера. Результаты исследования были рассмотрены на заседаниях кафедры Электроэнергетики филиала ТИУ в г. Тобольске, on-line постерной конференции «Наукам без границ», на IV Международной научно-практической конференции «Инновации. Интеллект. Культура».

Исследование проходило с 2015–2021 год, в нем приняло участие 150 обучающихся направления подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль): Энергоснабжение по изучению. Отметим, что качество выполнения контрольных заданий у обучающихся по Электротехнике по использованию методов расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях составило в 87 %.

Изучая эффективность использования метода аналогий проводился опрос. Сбор данных осуществлялся методом анкетирования.

Большая часть оппонентов отмечает, что изучение теории колебаний с использованием аналогий между механическими и электрическими колебаниями определило лучшее понимание расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях в Электротехнике – 56 % от общего числа опрошенных.

Выводы

В ходе проведенного исследования, мы установили, что методика проведения занятий по формированию системных знаний физических теорий с использованием знаний методов познавательной деятельности, выражающие взаимосвязь эмпирического и теоретического уровня познания позволяет подготовить обучающихся к эффективному овладению методов расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях в Электротехнике.

Наши выводы подтверждаются экспериментальными данными, по оценке эффективности изучения Электротехники на основе системных знаний физических теорий. От системности и фундаментальности физико-математической подготовки зависит качество освоения технических дисциплин у обучающихся инженерных направлений подготовки в техническом ВУЗе. Выработка у обучающихся приемов и навыков решения конкретных задач из разных областей физики, помогает обучающимся в дальнейшем решать инженерные задачи.

Методический подход по формированию познавательных действий при решении физических задач на основе демонстрации преемственности физики и технических дисциплин может быть использован преподавателями средних профессиональных учебных заведений, а также преподавателями ВУЗов.

Библиография

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. В 2 т. Том 1. Электрические цепи : учебник для вузов / Л. А. Бессонов. – 12-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 831 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-10731-9. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/495129>.
2. Ермуратский, П. В. Электротехника и электроника / П. В. Ермуратский, Г. П. Лычкина, Ю. Б. Минкин. – 2-е изд. – Саратов: Профобразование, 2019. – 416 с. – ISBN 978-5-4488-0135-8. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/88013.html>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
3. Зисман, Г. А. Курс общей физики. В 3 т. : учебное пособие для вузов : в 3 томах / Г. А. Зисман, О. М. Тодес. – 9-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021 – Том 1: Механика. Молекулярная физика. Колебания и волны – 2021. – 340 с. – ISBN 978-5-8114-7648-0. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/163406>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Казаков Р.Х. Концепция состояния физической системы как фактор формирования системного курса общей физики. Мир науки, культуры и образования. 2015; 2 (51).
5. Казаков Р.Х., Муратов К.Р. Профессиональная направленность физических задач как дедуктивных следствий фундаментальных физических теорий. Мир науки, культуры и образования. 2017; 6 (67).
6. Кузовкин, В. А. Электротехника и электроника : учебник для вузов / В. А. Кузовкин, В.В. Филатов. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 431 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-08114-5. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/468688>.
7. Новожилов, О. П. Электротехника и электроника : учебник для вузов / О. П. Новожилов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 653 с. – (Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-9916-2941-6. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/482663>.
8. Половникова Л.Б. Делутивные следствия ядра классической механики как иллюстрация функций физической теории // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 6-1. С. 188-192.
9. Половникова, Л. Б. Задачи и примеры решений по курсу физики [Текст]: учебное пособие / Л. Б. Половникова. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015 – 231 с.
10. Савельев, И.В. Сборник вопросов и задач по общей физике: учебное пособие / И.В. Савельев. – 9-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 292 с. – ISBN 978-5-8114-4714-5. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/125441>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
11. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. – Приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 N 144 (ред. от 08.02.2021). – <https://www.consultant.ru>.
12. Электротехника в 2 ч. Часть 1 : учебное пособие для академического бакалавриата / А.Н. Аблин [и др.] ; под редакцией Ю. Л. Хотунцева. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л, Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 243 с. – (Бакалавр. 2019 УП Лб, ЭР 17 100 БИК ЭБС Юрайт Академический курс). – ISBN 978-5-534-06206-9. – Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL: <https://www.biblioC online.ru/bcode/441277>.

13. Электротехника в 2 ч. Часть 2 : учебное пособие для вузов / А. Н. Аблин [и др.]; под редакцией Ю. Л. Хотунцева. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 257 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-06208-3. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/498938>.

14. Alley J. Physics in Undergraduate Engineering Education Report of a Survey// American Journal of Physics. – 2013. – V.40, №8. – P. 1063–1069.

15. Efremova N.A., Rudkovskaya V.F., Skljarova E.A. The importance of fundamental approach to studying physics at university // European journal of natural history. – London, 2007. – № 2. – С. 120–122.

PROPADEUTICS OF ELECTRICAL SIMULATION OF TRANSIENT PROCESSES

Polovnikova L.B.

Tyumen Industrial University

Abstract. The article discusses the methodological solution of the relationship between the disciplines of Physics and Electrical Engineering. The results of the study with students of the training direction 13.03.02 – Electric Power and Electrical Engineering, focus (profile): Power Supply to study the relationship between the disciplines of Electrical Engineering and Physics are presented. In the process of work, the research hypothesis was tested: the methodology for conducting classes on the formation of systemic knowledge of physical theories using the knowledge of methods of cognitive activity, expressing the relationship between the empirical and theoretical level of knowledge, will prepare students for the effective mastery of methods for calculating transient and steady processes in linear and non-linear electrical circuits in Electrical Engineering. The purpose of the study: to evaluate the effectiveness of the study of Electrical Engineering based on systemic knowledge of physical theories was implemented using empirical and theoretical methods. The use of ideas about physical theory as a system of scientific knowledge of a certain structure served as the basis for the propaedeutic of electrical modeling of transient processes used in Electrical Engineering. In the course of the study, we found that the methodology for conducting classes on the formation of systemic knowledge of physical theories using the knowledge of methods of cognitive activity, expressing the relationship between the empirical and theoretical level of knowledge, allows students to prepare students for the effective mastery of methods for calculating transient and steady processes in linear and nonlinear electrical circuits in Electrical Engineering.

A methodical approach to the formation of cognitive actions in solving physical problems based on the demonstration of the continuity of physics and technical disciplines can be used by teachers of secondary vocational schools, as well as teachers of universities.

Key words: physics, professional training of an engineer, succession, physical theory, electrical engineering, transients.