

Литература

1. Родзевич, П. Е. Механика материалов : электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины / П. Е. Родзевич, С. И. Кирилюк, В. В. Миренков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. – URL: <https://elib.gstu.by> (дата обращения: 06.10.2025).

**СОДЕРЖАНИЕ ОТКРЫТЫХ МАТЕРИАЛОВ КУРСА  
«ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА» ДЛЯ МАГИСТРАНТОВ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

**Д. В. Комнатный**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

В учебных планах для магистратуры электроэнергетических специальностей предусмотрено изучение технической электродинамики.

В настоящее время на всех уровнях, начиная с самого высокого государственного, ставится проблема практико-ориентированного обучения. Это распространяется и на содержание открытых онлайн-курсов, электронных учебников, видеолекций. Не составляют исключения и курсы для магистрантов, особенно заочной формы обучения. Решение этой проблемы состоит в практико-ориентированном подходе к разработке открытых материалов и учебных изданий.

В современной электроэнергетике большей частью находят применение статические и низкочастотные квазистатические электрические и магнитные поля. Следовательно, магистр соответствующей специальности должен не только знать теорию этих видов электромагнитного поля, но и владеть методами их расчета и уметь использовать их на практике. Тогда он будет подготовлен для практической деятельности в производственных, конструкторских и научных организациях. Такая подготовка особенно необходима, так как в курсе «Теоретические основы электротехники» удастся изложить в самом лучшем случае только метод формул Максвелла.

Среди аналитических методов расчета статических и квазистатических полей значительное место занимает метод разделения переменных (метод Фурье). Для облегчения расчетов указанным методом имеются специальные таблицы, охватывающие значительную часть практических случаев [1]. Пользование таблицами требует понимания основ метода разделения переменных. Задачей курса технической электродинамики должно стать формирование такого понимания. Осуществление этого достигается путем рассмотрения целесообразно подобранных обучающих задач.

Принцип подбора рассматривается в докладе для расчетов статических полей в цилиндрической системе координат. В этой системе координат решение задачи расчета потенциала поля имеет два представления в зависимости от пределов изменения координаты  $\rho$ . Если координата меняется в конечных пределах, то решение уравнения Лапласа имеет форму ряда Фурье. Если координата меняется в бесконечных пределах, то решение уравнения Лапласа имеет интегральное представление. Следовательно, раздел изучения таких расчетов является наиболее наполненным.

При рассмотрении расчета статического поля с конечными пределами изменения координаты  $\rho$  полезны следующие обучающие задачи, отражающие базовые положения метода разделения переменных. Классической задачей является задача о поле проводящего бесконечного цилиндра, внесенного во внешнее однородное поле, напряженность которого перпендикулярна оси цилиндра. Далее известна задача о расчете электростатического поля в цилиндрическом корпусе, боковая стенка которого находится под потенциалом, а днища имеют потенциал, равный нулю. Также

полезна задача о расчете электростатического поля в цилиндрическом корпусе, днище и боковые стенки которого имеют нулевой потенциал, а крышка находится под ненулевым потенциалом [2].

В завершение целесообразно перейти к решению практической задачи о расчете электростатического поля в системе двух контактов цилиндрической формы, находящихся внутри цилиндрического заземленного корпуса. Решение в учебном курсе допустимо осуществить путем сочетания метода разделения переменных и метода коллокаций. Такое решение апробировано автором. Двигаясь от простых обучающих задач к сложным, магистранты овладевают знанием метода разделения переменных на уровне, достаточном для применения таблиц для указанного метода [1]. Рассмотрение темы должно завершаться решением задачи, близкой к практике.

Расчет потенциальных полей в цилиндрической системе координат при изменении координаты  $\rho$  в бесконечных пределах требует значительно более сложного математического аппарата, чем в предыдущем случае [3]. Поэтому в курсах электроэнергетической специальности достаточно рассмотреть задачу о расчете электрического поля в многослойной электрической изоляции, если источником поля является диполь [4]. Для решения задачи используется фундаментальное решение уравнения Лапласа в интегральной форме [3]. Задача сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений методом Гаусса. Оно также апробировано автором.

Аналогично подбираются обучающие задачи для расчета электрических полей в прямоугольной, сферической, тороидальной системах координат. Таким образом, при изучении расчета электрических полей в наиболее употребительных системах координат методом разделения переменных основной упор делается на получение решения конкретной задачи математической физики, описывающей техническую ситуацию. Обязательно рассмотрение обучающей задачи, взятой из практики проектирования высоковольтных установок.

Для полярной системы координат достаточно рассмотреть интеграл Пуассона и вычисления на его основе [1]. Для эллиптической системы координат достаточно рассмотреть обучающие задачи, имеющие практическое значение, а именно: проводящий эллипсоид во внешнем электростатическом поле и проникновение поля сквозь отверстие и щель в проводящей плоскости.

Следовательно, обучающиеся получают фундаментальную подготовку, так как осваивают аналитический метод расчета электрических полей, обеспечивающий получение эффективных решений. Вместе с тем они получают и практическую подготовку, так как приобретают навыки построения математических моделей технических средств, постановки и решения задач математической физики, описывающих эти модели.

Тогда допустимо утверждать, что предложенный в докладе подход к построению открытых материалов курса «Техническая электродинамика» позволяет получить совместное решение проблем фундаментального и практико-ориентированного обучения.

#### Литература

1. Иоссель, Ю. Я. Расчет потенциальных полей в энергетике / Ю. Я. Иоссель. – М. : Энергия, 1978. – 351 с.
2. Рамо, С. Поля и волны в современной радиотехнике / С. Рамо, Дж. Уиннери. – М. ; Л. : Гостехтеориздат, 1948. – 631 с.
3. Ерофеевко, В. Т. Основы математического моделирования / В. Т. Ерофеевко, И. С. Козловская. – Минск : БГУ, 2002. – 195 с.

4. Техника высоких напряжений. Изоляция установок высокого напряжения / А. С. Серебряков, В. Л. Осокин, Д. А. Семенов, М. С. Жужин ; под общ. ред. А. С. Серебрякова. – Старый Оскол : ТМТ, 2021. – 441 с.

## РЕАЛИЗАЦИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ В ОНЛАЙН-ФОРМАТЕ

Н. А. Леонова

*Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский  
политехнический университет Петра Великого», Российская Федерация*

С 2015 г. Политехнический университет Петра Великого взаимодействует со школами и центрами дополнительного образования для проведения физико-математических программ для учащихся. Особое внимание уделено взаимодействию с «региональными школами» – образовательными организациями, находящимися в малых населенных пунктах и удаленных от федеральных образовательных учреждений. Образовательные программы проходят в различных форматах: очном, дистанционном, смешанном. Дистанционные программы реализуются через медиacentры, что делает дополнительное физико-математическое образование доступным для школьников из различных регионов. Это взаимодействие не только формирует мотивированный поток абитуриентов, готовых к современным вызовам науки, но и повышает престиж физико-математического образования среди школьников.

В данном формате университет ставит перед собой и успешно решает следующие ключевые задачи:

- повышение качества физико-математического образования школьников через интеграцию ресурсов вузов и школ;
- ликвидация разрыва между школьной программой и требованиями вуза/работодателей.

Дополнительное физическое образование реализуется при поддержке центра «Открытое образование» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого и городских медиacentров для школьников. Так, например, только в Ленинградской области с 2015 г. работают 18 медиacentров, которые посещают ученики с 5 по 11 класс. Для школьников из различных регионов Российской Федерации открыт доступ к 66 курсам на платформе «Открытое образование». Эти курсы подготовили преподаватели политехнического университета. Представим подробнее следующие курсы:

- **«Олимпиадная физика»**. Онлайн-курс «Олимпиадная физика для школьников» с 2017 г. интегрирован в образовательный процесс школ и центров дополнительного образования. В региональном центре поддержки и развития одаренных детей «Интеллект» (Ленинградская область) школьники выполняют задания дистанционного курса между специальными олимпиадными сборами, находясь уже в своих городах и школах. Образовательный уровень участников олимпиадных сборов примерно одинаковый, так как они прошли отбор и зачисление в олимпиадную сборную, поэтому задания курса по степени сложности доступны, полезны и интересны всем участникам. Важно отметить, что в курсе подробно освещаются только те вопросы, которым уделяется недостаточно внимания в школьной программе. Учитывая специфику восприятия учебного материала школьниками, специально для курса были разработаны видеолекции, конспекты лекций и практических занятий, интерактивные презентации, выполненные в программе CourseLab3, кроссворды, тесты.