www.ej.soc-journal.ru
© Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал),
Modern Research of Social Problems, № 8(64), 2016

DOI: 10.12731/2218-7405-2016-8-16-35
УДК 378

ИЗУЧЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ФУНКЦИЙ КОМПЛЕКСНОГО ПЕРЕМЕННОГО КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ

Кириллова Д.А.

В контексте современной парадигмы высшего профессионального образования, ключевую роль в подготовке инженеров играет практикоориентированность содержания образования. Это означает, в частности, что содержание дисциплин основной образовательной программы должно обеспечивать выпускника вуза не столько набором знаний в соответствующей предметной области, сколько возможностью их применения для решения профессиональных задач. С позиций этого подхода качество математической подготовки будущего профессионала характеризуется его математической компетентностью.

Цель работы: обоснование целесообразности изучения прикладных методов теории функций комплексного переменного в качестве средства формирования математической компетентности инженеров по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Она вытекает из противоречия между значительной ролью математических дисциплин в подготовке будущих инженеров и недостаточным уровнем их математической подготовленности.

Ключевые слова: *высшее образование; математическая компетентность, комплексный потенциал, векторное поле.*

THE STUDY OF APPLIED METHODS OF THE COMPLEX FUNCTION THEORY AS A MEANS OF FORMATION OF MATHEMATICAL COMPETENCE OF FUTURE ENGINEERS

Kirillova D.A.

In the context of the modern paradigm of higher education a practical orientation of the content of education plays a key role in the train-

ing of engineers. This means in particular that in the study subjects to students is important not only to gain knowledge but also learn how to apply them to solve professional problems. From the standpoint of this approach, the quality of mathematical preparation of the future professional is characterized by his mathematical competence.

The aim of the research is justification for advisability of studying the application of methods of the complex functions as a means of formation of mathematical competence of engineers in a direction "Electric Power Industry and Electrical Engineering". The aim follows from the contradiction between the significant role of mathematical disciplines in the training of future engineers and insufficient level of their mathematical preparedness.

Keywords: *higher education; mathematical competence; complex potential; vector field.*

Введение

Коренные изменения, происходящие в системе российского образования, предопределяют необходимость и соответствующей модернизации системы профессиональной подготовки специалистов во всех областях.

Одна из главных идей реформы системы высшего образования состоит в усилении практической ориентации результатов профессионального образования. Это означает, в частности, что содержание дисциплин основной образовательной программы должно обеспечивать выпускника вуза не столько набором знаний в соответствующей предметной области, сколько возможностью их применения для решения профессиональных задач. При этом невозможно переоценить значимость математической подготовки инженеров для успешного овладения профессией по направлению Электроэнергетика и электротехника.

Различные аспекты профессиональной направленности преподавания математики изучаются, например, в работах: Е.А. Василевской, Н.Я. Виленкина, Б.В. Гнеденко, В.А. Далингера, О.М. Калуковой, Л.Д. Кудрявцева, А.Г. Мордковича, А.Д. Мышкис, С.В. Плотниковой и других.

С позиций компетентностного подхода качество математической подготовки будущего профессионала характеризуется его математической компетентностью [1]. Вопросы формирования математической компетентности у студентов, обучающихся по инженерным направлениям, широко представлены в диссертационных работах последних лет М.С. Аммосовой, О.А. Валихановой, Г.И. Илларионовой, Л.К. Иляшенко, М.М. Миншина, Я.Г. Стельмах, В.А. Шершневой и других.

Например, Я.Г. Стельмах рассматривает профессиональную математическую компетентность будущих инженеров, как интегративную совокупность, включающую в себя логико-аналитическую, визуально-образную, информационно-компьютерную, исследовательскую, креативную и прогностическую компоненты [9].

Согласно определению В.А. Шершневой «математическая компетентность – интегративное динамичное свойство личности студента, характеризующее его способность и готовность использовать в профессиональной деятельности методы математического моделирования» [10].

Л.К. Иляшенко трактует математическую компетентность как единство гносеологического и аксиологического компонентов, обеспечивающих инженеру способность решать теоретические и инженерно-практические задачи, значимые в профессиональной деятельности [2].

М.М. Миншин определяет профессионально-прикладную математическую компетентность инженера по программному обеспечению вычислительной техники и автоматизированных систем как системное личностное новообразование, включающее способности к алгоритмическому мышлению, готовность к творческому применению математического инструментария для решения инженерно-практических задач в профессиональной деятельности и мотивационную потребность в непрерывном математическом самообразовании и саморазвитии [5].

Суть понятия «математическая компетентность» будущего специалиста технического профиля (по программам ВПО и СПО) исследуется так же в работах Е.М. Петровой. Она формулирует свое определение математической компетентности будущего специалиста технического профиля – «это целостное образование личности, отражающее готовность к изучению дисциплин, требующих математической подготовки, а также способность использовать свои математические знания для разрешения различного рода практических и теоретических проблем и задач, встречающихся в своей профессиональной деятельности» [7].

Подобное многообразие взглядов говорит о наличии интереса со стороны педагогов как к содержанию понятия «математическая компетентность», так и к путям ее формирования у студентов, обучающихся, в частности, и по инженерным направлениям. В то же время, различные подходы к определению математической компетентности объединяет стремление авторов к обеспечению высокого качества математического образования будущего профессионала, направленное на успешное выполнение профессиональных задач. То есть математическая компетентность, как свойство личности инженера включает в себя способности, позволяющие ему:

- формулировать конкретные физические задачи на языке математических моделей;
- исследовать эти модели;
- интерпретировать полученные результаты в терминах поставленной задачи.

На практике же оказывается, что студенты инженерных направлений редко осознают важность математических знаний в овладении будущей профессией, испытывают значительные затруднения в использовании их для решения задач прикладного содержания при освоении специальных дисциплин. За сюжетными условиями задачи студенты не улавливают ее математической сути.

Таким образом, эффективное формирование математической компетентности студентов по направлению Электроэнергетика и электротехника связано с необходимостью преодоления противоречия между значимостью математических дисциплин в подготовке будущих инженеров и недостаточным уровнем их математической подготовленности.

Результаты

Один из возможных способов на пути разрешения указанного противоречия – это разработка дисциплин, демонстрирующих непосредственно прикладные возможности математики. Тем более что Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (ФГОС ВО) предоставляют вузам достаточную степень свободы, которая позволяет вводить в учебный план новые курсы, способствующие наиболее эффективной подготовке профессионалов, отвечающих современным требованиям.

Среди таковых предлагается курс «Приложения теории функций комплексного переменного в электростатике», содержание которого основано на рассмотрении математических моделей физических задач.

Выбор методов теории функций комплексного переменного обусловлен универсальностью ее конструкций, которые служат основными моделями, как различных разделов математики, так и многих прикладных наук.

В рамках аудиторного изучения ограничимся рассмотрением класса задач электростатики, связанного с изучением плоского векторного поля, описываемого при помощи комплексного потенциала. Изучение такого поля в области сложной формы часто удается существенно упростить путем конформного отображения этой области на более простую. Более того, нередко комплексный потенциал плоского векторного поля в сложной по конфигурации области удается построить именно при помощи ее конформного отображения на каноническую область. Поэтому значительную роль в данном курсе играет геометрическая теория аналитических функций.

Содержание дисциплины «Приложения теории функций комплексного переменного в электростатике» необходимо строится на базовых понятиях ТФКП, изучаемых студентами в рамках дисциплины базовой части дисциплинарного блока «Комплексный анализ».

Среди наиболее важных принципов построения курса «Приложения теории функций комплексного переменного в электростатике» выделим:

- конкретизация и визуализация абстрактных математических понятий и теоретических знаний;
- акцент внимания на взаимосвязи теоретических вопросов математики с приложениями теории к изучению физических процессов.

В связи с актуальной необходимостью использования компьютерных технологий в современном учебном процессе отметим возможность внедрения в процесс изучения курса «Приложения теории функций комплексного переменного в электростатике» вопросов, связанных с демонстрацией вычислительных и графических возможностей различных математических пакетов (Mathematica, Maple, Matlab, Mathcad).

Цель дисциплины – дать современные теоретические знания и практические навыки в области физических приложений методов теории функций комплексного переменного, достаточные для изучения специальных и прикладных дисциплин, а также проведения собственных научных исследований в прикладных областях.

Для достижения заявленной цели необходимо решить следующие задачи:

- ♦ систематизировать знания об аналитических функциях и конформных отображениях;
- ♦ сформировать представления об основных идеях, на которых строятся физические приложения ТФКП;
- ♦ познакомить с примерами применения геометрической теории функций комплексного переменного в решении практических задач;
- ♦ выработать умения и навыки решения некоторых физических задач с применением методов ТФКП;
- ♦ познакомить с современными направлениями развития прикладных аспектов комплексного анализа.

Дисциплина «Приложения теории функций комплексного переменного в электростатике» может быть дисциплиной по выбору вариативной части дисциплинарного блока учебного плана по направлению Электроэнергетика и электротехника. Математическая составляющая дисциплины «Приложения теории функций комплексного переменного в электростатике» основывается на базовых знаниях, полученных в ходе изучения таких математических дисциплин, как «Комплексный анализ», «Алгебра и геометрия», «Математический анализ» и «Дифференциальные уравнения». Естественно также включение данной дисциплины в учебные план после базового курса физики, возможно параллельно с курсом углубленного изучения физических явлений, описываемых векторными полями.

Следует учесть, что одним из ключевых методов, на которых строятся практические приложения теории функций комплексного переменного в данном курсе, – метод конформных отображений, поэтому в случае отсутствия раздела «Геометрические методы ТФКП» в курсе «Комплексного анализа», его следует предусмотреть в качестве первого раздела при изучении данной дисциплины.

Для начала изучения данной дисциплина студент должен знать и уметь:

- понятие комплексного числа и различные формы представления комплексных чисел;
- понятия комплексной плоскости и сферы Римана;
- способы задания множеств на комплексной плоскости;
- понятия аналитической функции, аналитического продолжения, поверхности Римана, конформного отображения;
- уметь интегрировать функции комплексного переменного, владеть опытом применения теоремы Коши, формул Коши, формулы Ньютона-Лейбница;
- уметь представлять дифференцируемые функции рядами (ряд Тейлора, ряд Лорана);
- исследовать особые точки функции, находить вычеты в особых точках;
- уметь строить конформные отображения с помощью элементарных функций.

Для понимания этой дисциплины необходимо не только знание фактического материала, но и определенная культура математического мышления.

Изучение дисциплины направлено, в основном, на формирование второй общепрофессиональной компетенции (в соответствии с ФГОС ВО по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника): «способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач» [8].

Содержание дисциплины включает в себя следующие темы:

1. Плоско-параллельные векторные поля и их характеристики.
2. Виды плоских полей.
3. Описание плоских полей с помощью комплексного потенциала.
4. Эквипотенциальные лини. Линии уровня. Критические точки.
5. Особые точки векторных полей.
6. Физическое толкование полюсов аналитической функции
7. Качественные сведения о поведении линий тока. Построение векторного поля по заданным особым точкам.
8. Метод конформных отображений.
9. Комплексный потенциал в электростатике.
10. Электростатическое поле в полосе.
11. Электростатическое поле в кольце.
12. Электростатическое поле внутри угла.
13. Приложения интегральных представлений регулярных функций к теории поля (электростатическая интерпретация).
14. Расчет поля у краев конденсатора.
15. Поле электродов в форме углов.

Основная идея данного курса в том, чтобы выработать у студентов понимание единства физических и математических моделей задач электростатики. Сделать это в рамках изучения математических дисциплин практически невозможно, так как математика как наука изучает количественные отношения и пространственные формы действительного мира, причем объектами изучения в математике являются именно абстрактные объекты, а не реальные явления. Говоря об ориентации на практическую составляющую обучения, необходимо усилить акцент на реальных процессах, исследуемых математическими методами. Это означает лишь то, что при изучении математического понятия следует больше времени уделить описанию природы объектов, которые оно моделирует и ни в коем случае не отменяет необходимости изучения содержания самого математического понятия. Введение в программы математических дисциплин достаточного числа практикоориентированных задач позволяет во многом преодолеть разрыв между знанием основных математических моделей и способностью их использования в решении профессиональных задач, но не снимает проблемы полностью [3].

Для формирования математической компетенции, а именно, для овладения будущим инженером опытом перевода физической задачи на математический язык и, обратно, интерпретации результатов исследования математической модели в терминах решаемой задачи, необходимы дисциплины, непосредственно исследующие связи между физическими явлениями и математическими понятиями. То есть дисциплины, на которых одно и то же явление рассматривается с точки зрения разных наук. В курсе «Приложения теории функций комплексного переменного в электростатике» предметом такого разностороннего исследования служат поля (физические поля – векторные поля).

Векторная величина – это физическая величина, характеризуемая: 1) неотрицательным скаляром; 2) направлением в пространстве. Математической моделью векторной величины является вектор – направленный отрезок. Если каждой точке некоторой области поставлен в соответствие вектор (векторная величина), то говорят, что в этой области задано векторное поле. Обычно область берется в трехмерном пространстве, а в качестве вектора рассматривается та или иная физическая величина (сила, скорость и т.п.). Будем рассматривать стационарные плоско-параллельные векторные поля. То есть, векторы поля не зависят от времени и параллельны некоторой плоскости P. Причем во всех точках любой прямой, перпендикулярной этой плоскости, векторы поля равны.

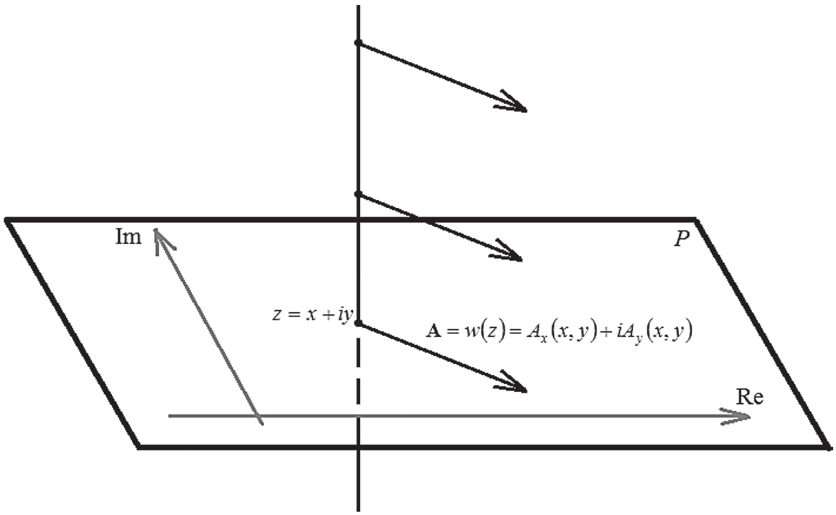

Рис. 1

Введем в плоскости P декартову систему координат Oxy (рис. 1), тогда точка (x, y) в плоскости Oxy характеризуется комплексным числом $z = x + iy$, а вектор поля $\mathbf{A}$ с компонентами $\{A_x, A_y\}$ комплексным числом

$$w = A_x(x, y) + iA_y(x, y),$$

при этом, $A_x = A_x(x, y)$, $A_y = A_y(x, y)$ – являются известными функциями x и y. То есть плоское стационарное векторное поле может быть описано с помощью комплексных чисел $z = x + iy$ и функции комплексного переменного:

$$\mathbf{A} = w(z) = A_x(x, y) + iA_y(x, y).$$

Известно, что для наиболее важных практических полей, оказывается возможным построить описывающую поле аналитическую функцию, так называемый, комплексный потенциал поля.

Рассматриваемый класс задач характерен тем, что векторная функция $\mathbf{A}(x, y) = A_x(x, y) + iA_y(x, y)$, задающая в некоторой области D на плоскости векторное поле, не зависит от времени и связана с потенциальной функцией $u(x, y)$ этого поля линейным соотношением

$$\mathbf{A}(x, y) = \beta\,\mathbf{grad}\; u(x, y),\ (x, y) \in D \tag{1}$$

Для электростатического поля функция $\mathbf{A}(x, y)$ описывает вектор напряженности, а функция $u(x, y)$ – распределение в D потенциала этого поля, в этом случае $\beta = -1$. Если среда в области D обладает электрической проводимостью с коэффициентом σ, то равенство (1) сводится к соотношению $\mathbf{J}(x, y) = -\sigma\mathbf{grad}\, u(x, y)$, устанавливающему связь электрического потенциала $U(z)$ с вектором $\mathbf{J}(x, y)$ плотности электрического тока, то есть дает обобщение известного закона Ома.

Помимо (1) для рассматриваемого класса задач справедливо равенство

$$\operatorname{div} \mathbf{A}\,(x, y) = 0,\ (x, y) \in D, \qquad (2)$$

отражающее закон сохранения заряда. Равенства (1) и (2) означают, что рассматриваемое плоское векторное поле является лапласовым и позволяют ввести для него комплексный потенциал.

Рассмотрим пример построения векторного поля, которое описывает напряженность магнитного поля, создаваемого постоянным током силы Г, протекающим по прямолинейному проводнику, проходящему через нуль, перпендикулярно заданной плоскости.

Циркуляцией вектора поля **A** вдоль замкнутого контура C называется криволинейный интеграл

$$\Gamma_C = \int_C A_s(x, y)ds,$$

где $A_s(x, y) = |\mathbf{A}|\cdot\cos\alpha$ – проекция вектора $\mathbf{A}\,(x, y)$ на положительное направление касательной к дуге C в точке (x, y), ds – элемент дуги кривой C (рис. 2).

Для электростатического поля этот линейный интеграл выражает работу этого поля при перемещении вдоль кривой единичного заряда. Вводя вектор $\mathbf{ds} = dx + idy$, $|\mathbf{ds}| = ds = \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2}$, запишем скалярное произведение:

$$A_s(x, y)ds = |\mathbf{A}|\cdot|\mathbf{ds}|\cdot\cos\alpha = (\mathbf{A}, \mathbf{ds}) = A_x(x, y)ds + A_y(x, y)ds,$$

откуда

$$\Gamma_C = \int_C (\mathbf{A}, \mathbf{ds}) = \int_C A_x(x, y)dx + A_y(x, y)dy.$$

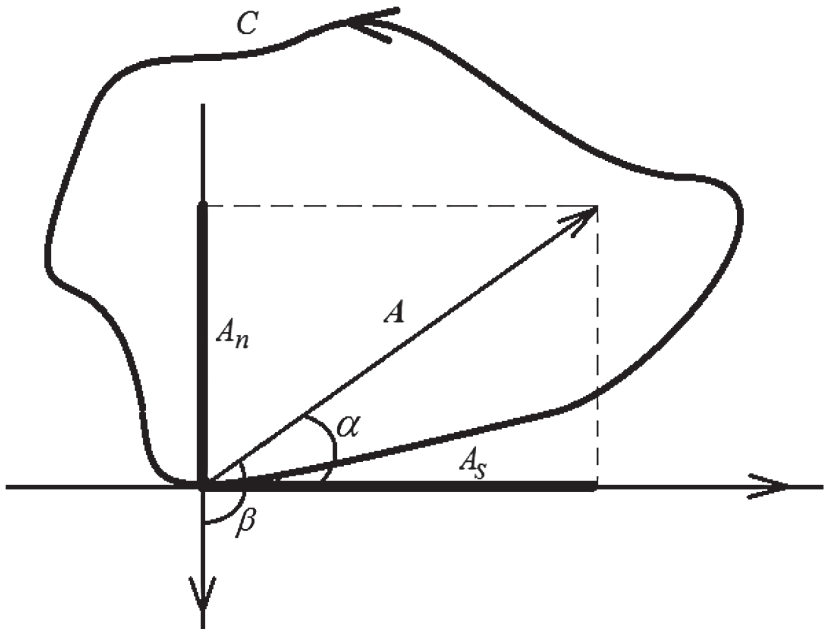

Рис. 2

Если в некоторой односвязной области циркуляция по любому замкнутому контуру равна нулю, то подынтегральное выражение $A_x(x, y)ds + A_y(x, y)ds$ в этой области является полным дифференциалом некоторой функции $u(x, y)$ называемой потенциальной функцией. По отношению к функции $u(x, y)$ вектор **A** называется градиентом и обозначается

$$\mathbf{A} = \mathbf{grad}\ u.$$

Справедливо и обратное утверждение: если в $\int_C A_x(x, y)dx + A_y(x, y)dy$ подынтегральное выражение является полным дифференциалом некоторой функции $u(x, y)$ в односвязной области:

$$du = A_x(x, y)dx + A_y(x, y)dy,$$

$$A_x(x, y) = \frac{\partial u}{\partial x},\ A_y(x, y) = \frac{\partial u}{\partial y},$$

то циркуляция по любому замкнутому контуру C в этой области равна нулю. В рассматриваемом случае, то есть при **A** = **grad** u, векторное поле называется безвихревым или потенциальным.

Для того чтобы в $\int_C A_x(x,y)dx + A_y(x,y)dy$ подынтегральное выражение являлось полным дифференциалом необходимо и достаточно, чтобы

$$\frac{\partial A_x(x,y)}{\partial y} = \frac{\partial A_y(x,y)}{\partial x}.$$

Поверхностная плотность циркуляции, то есть предел отношения циркуляции вдоль кривой C к площади S, ограниченной этой кривой, взятый в предположении, что S стягивается к точке z, называется ***ротором*** или ***вихрем*** плоского векторного поля **A** в точке z:

$$\operatorname{rot}\mathbf{A} := \lim_{C \to z} \frac{1}{S} \int_C (\mathbf{A}, \mathbf{ds}),$$

и вычисляется по формуле:

$$\operatorname{rot}\mathbf{A} = \frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y}.$$

То есть в каждой точке потенциального поля rot **A** = 0.

Если последнее условие выполняется во всех точках рассматриваемого поля, за исключением конечного числа точек (в которых условие нарушается или теряет смысл из-за обращения в бесконечность хотя бы одной из частных производных), то циркуляция по замкнутому контуру, обходящему одну или несколько из этих точек, может быть отлична от нуля. Такая из точек называется вихревой, если циркуляция по контуру, охватывающему только эту точку, не равна нулю. Если при этом контур C однократно обходит эту точку, то Γ_C называется интенсивностью вихря.

Используя введенные понятия, построим векторное поле, которое описывает напряженность магнитного поля, создаваемого постоянным током силы Г, протекающим по прямолинейному проводнику перпендикулярно заданной плоскости. То есть в поле имеется единственный точечный вихрь интенсивности Г, расположим его в нуле, тогда из соображений симметрии ясно, что вектор такого поля в точке $z = x + iy = re^{i\theta}$ равен

$$\mathbf{A} = \varphi(r)\cdot\frac{z}{|z|}.$$

Вычислим $\int\limits_{|z|=r}(\mathbf{A},\mathbf{ds})$, который дает интенсивность Г рассматриваемого вихря. Пусть $\mathbf{s^0} = \frac{zi}{|z|}$ – единичный вектор касательной к окружности $|z| = r$ и ds – дифференциал дуги окружности $|z| = r$ в точке $z = x + iy = re^{i\theta}$. Тогда

$$\int\limits_{|z|=r}(\mathbf{A},\mathbf{ds}) = \int\limits_{|z|=r}\left(\mathbf{A},\mathbf{s}^0\right)ds = \int\limits_{|z|=r}\left(\varphi(r)\cdot\frac{z}{|z|},\frac{zi}{|z|}\right)ds = \int\limits_{|z|=r}\frac{\varphi(r)}{i}\left(\frac{zi}{|z|},\frac{zi}{|z|}\right)ds = \frac{\varphi(r)}{i}\int\limits_{|z|=r}ds =$$

$$= \frac{\varphi(r)}{i}\int\limits_0^{2\pi} r\,d\theta = \frac{\varphi(r)}{i}\cdot 2\pi r.$$

Откуда $\Gamma = \frac{\varphi(r)}{i}\cdot 2\pi r$, значит, $\varphi(r) = \frac{\Gamma i}{2\pi r} = \frac{\Gamma i}{2\pi|z|}$ и вектор построенного поля в точке $z = x + iy$ равен $\mathbf{A} = \frac{\Gamma}{2\pi}\cdot\frac{i}{\bar{z}}$.

Дальнейшее изучение этого поля возможно методами теории функций комплексного переменного. Для векторного поля $\mathbf{A} = A_x(x, y) + iA_y(x, y)$ соответствующий ему комплексный потенциал $f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$ определяется из условий

$$A_x(x,y) = \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y},\; A_y(x,y) = \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}.$$

Принимая во внимание, что $f'(z) = \frac{\partial u}{\partial x} + i\frac{\partial v}{\partial x} = A_x(x,y) - iA_y(x,y)$, получим:

$$\mathbf{A} = w(z) = A_x(x,y) + iA_y(x,y) = \overline{f'(z)}.$$

Следовательно, $|\mathbf{A}(x, y)| = |f'(z)|$, а аргумент вектора $\mathbf{A}(x, y)$отличается от аргумента вектора $f'(z)$ знаком. Линии уровня функций $u(x, y)$ и $v(x, y)$:

$$u(x, y) = c_1 \text{ и } v(x, y) = c_2$$

называют соответственно эквипотенциальными линиями (линиями равного потенциала) и линиями тока (то есть кривыми, в каждой своей точке касающимися соответствующего вектора поля), они образуют ортогональную сеть, так как их образами в плоскости ς при сохраняющем углы конформном отображении $W = f(z)$ являются взаимно-ортогональные семейства прямых, параллельных осям координат $u = c_1$ и $u = v_1 = c_2$.

То есть для построения линий уровня и эквипотенциальных линий векторного поля **A**, заданного своим комплексным потенциалом $f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$ надо в плоскости $z = x + iy$ изобразить прообраз координатной сетки $\varsigma = u + iv$ при отображении, задаваемом функцией $f(z) = W$.

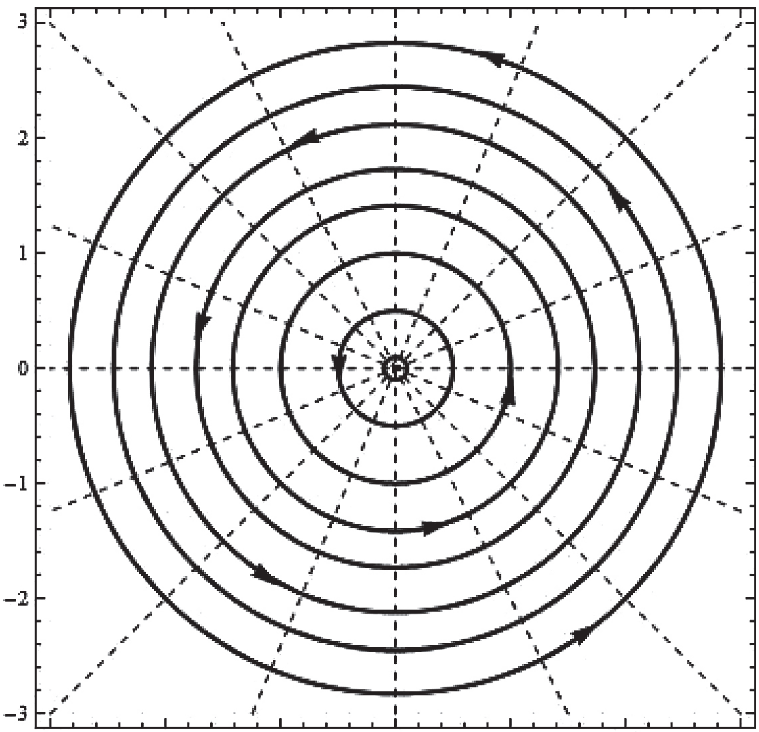

Рис. 3

Для поля, построенного выше, комплексный потенциал:

$$f(z) = \frac{\Gamma}{2\pi i} \cdot Ln\, z + C,\ C = a + b.$$

Потенциальная функция и функция тока:

$$u = \frac{\Gamma}{2\pi} \cdot Arg\ z + a,\ v = -\frac{\Gamma}{2\pi} \cdot Ln|z| + b.$$

На рисунке 3 изображены сплошными линиями – линии тока, пунктиром – линии равного потенциала:

Линии равного потенциала – лучи, выходящие из нуля, а линии тока – это окружности с центром в нуле, на рисунке 3 изображен случай $\Gamma > 0$, при отрицательной интенсивности вихря меняется направление линий тока. Интенсивность вихря Γ равна циркуляции векторного поля по любому простому замкнутому контуру C, охватывающему вихрь и обходимому в положительном направлении [4, 6].

Выбор направления линий тока обусловлен тем, что при движении вдоль линии тока потенциал должен расти. Действительно, если $\Gamma > 0$, то потенциалам $u_1 < u_2$ соответствуют лучи $\arg z = \theta_1$ и $\arg z = \theta_2$, причем

$$\frac{\Gamma}{2\pi} \cdot \theta_1 + a < \frac{\Gamma}{2\pi} \cdot \theta_2 + a\ ,$$

$$\theta_1 < \theta_2.$$

Если же $\Gamma < 0$, то потенциалам $u_1 < u_2$ лучи $\arg z = \theta_1$ и $\arg z = \theta_2$, причем

$$\frac{\Gamma}{2\pi} \cdot \theta_1 + a < \frac{\Gamma}{2\pi} \cdot \theta_2 + a\ ,$$

$$\theta_1 > \theta_2.$$

Аналогично, изучение всех тем курса построено на непрерывном сопоставлении и соотнесении физических полей и их математических моделей – векторных полей, что призвано привести к осознанию простой истины: мир математических формул – это язык, позволяющий исследовать окружающий нас мир физической реальности.

Заключение

Прикладные возможности математических дисциплин практически безграничны, но их глубокое изучение в рамках дисциплин математического блока невозможно. В тоже время, наличие в ФГОС ВО вариативного блока позволяет вузам вводить в учебные планы курсы по выбору, демонстрирующие применение математических методов для решения профессиональных задач в различных направлениях подготовки инженеров. Для студентов, обучающихся по направлению Электроэнергетика и электротехника, такой дисциплиной может быть «Приложения теории функций комплексного переменного в электростатике». Ее содержание ориентировано на обеспечение высокого качества математического образования будущего профессионала, направленное на успешное выполнение профессиональных задач, то есть на формирование математической компетентности будущих инженеров.

В заключении отметим, что предлагаемая дисциплина ориентирована на студентов с высоким уровнем подготовки в области математики, ее изучение возможно не только на старших курсах бакалавриата, но и в магистратуре по на правлению Электроэнергетика и электротехника.

Список литературы

1. Валиханова О.А. Формирование информационно-математической компетентности студентов инженерных вузов в обучении математике с использованием комплекса прикладных задач: дис… канд. пед. наук. Красноярск, 2008. 183 с.
2. Иляшенко Л.К. Базовые компоненты математической компетентности будущих инженеров по нефтегазовому делу // Наука и бизнес: пути развития. 2014. №10 (40). С. 13–17.
3. Кириллова Д.А. Кейс-задачи как основа фонда оценочных средств по математическому анализу для направления 01.03.02 Приклад-

ная математика и информатика [Электронный ресурс] // Современные исследования социальных проблем. 2015. №10. С. 430–446. DOI: http://dx.doi.org/10.12731/2218-7405-2015-10-40
4. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. 6-е изд., стер. СПб.: Лань, 2002. 688 с.
5. Миншин М.М. Формирование профессионально-прикладной математической компетентности будущих инженеров: дис… канд. пед. наук. Тольятти, 2011. 233 с.
6. Морозова В.Д. Теория функций комплексного переменного: Учеб. для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. 3-е изд., исправл. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 520 с.
7. Петрова Е.М. Понятие «математическая компетентность будущего специалиста технического профиля» в контексте компетентностного подхода // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 1. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=5504 (дата обращения: 28.07.2016).
8. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 03.09.2015 г. № 955 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата)»; URL: http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/130302.pdf (дата обращения: 09.10.2016).
9. Стельмах Я.Г. Формирование профессиональной математической компетентности студентов – будущих инженеров: дис… канд. пед. наук. Самара, 2011. 233 с.
10. Шершнева В.А. Формирование математической компетентности студентов инженерного вуза на основе полипарадигмального подхода: Монография. Красноярск: Изд-во Сибирского государственного аэрокосмического ун-та, 2011. 210 с.

References

1. Valihanova O.A. *Formirovanie informacionno-matematicheskoj kompetentnosti studentov inzhenernyh vuzov v obuchenii matematike s ispol’zovaniem kompleksa prikladnyh zadach* [Formation of infor-

mation-mathematical competence of students of engineering colleges in process of teaching mathematics by using of the complex applied tasks]. 2008. 183 p.
2. Iljashenko L.K. *Nauka i biznes: puti razvitija* [Science and Business: Ways of Development], no. 10 (40) (2014): 13–17.
3. Kirillova D.A. *Sovremennye issledovanija social'nyh problem* [Modern Research of Social Problems], no. 10 (2015): 430–446
4. Lavrent'ev M.A., Shabat B.V. *Metody teorii funkcij kompleksnogo peremennogo* [Methods of the theory of functions of complex variable]. St. Petersburg, Lan', 2002. 688 p.
5. Minshin M.M. *Formirovanie professional'no-prikladnoj matematicheskoj kompetentnosti budushhih inzhenerov* [Formation of professionally-applied mathematical competence of future engineers], Tol'jatti, 2011. 233 p.
6. Morozova V.D. *Teorija funkcij kompleksnogo peremennogo*, [The theory of functions of a complex variable]. Moscow, Izd-vo MGTU im. N.Je. Baumana, 2009. 520 p.
7. Petrova E.M. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija* [Modern problems of science and education], no. 1 (2012). http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=5504 (accessed July 28, 2016).
8. *Prikaz Ministerstva obrazovanija i nauki Rossijskoj Federacii ot 03.09.2015 g. № 955 «Ob utverzhdenii federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta vysshego obrazovanija po napravleniju podgotovki 13.03.02 Jelektrojenergetika i jelektrotehnika (uroven' bakalavriata)»;* [Order of Ministry of Education and Science of the Russian Federation of 03.09.2015, № 955 "On approval of the federal state educational standard of higher education in the direction of preparation 13.03.02 Electric Power Industry and Electrical Engineering (Bachelor level)"] URL: http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/130302.pdf (accessed October 9, 2016)
9. Stel'mah Ja.G. *Formirovanie professional'noj matematicheskoj kompetentnosti studentov – budushhih inzhenerov* [Formation of professional mathematical competence of students – the future engineers]. Samara, 2011. 233 p.

10. Shershneva V.A. *Formirovanie matematicheskoj kompetentnosti studentov inzhenernogo vuza na osnove poliparadigmal'nogo podhoda* [Formation of mathematical competence of students of engineering high school based on the polyparadigmal approach]. Krasnojarsk, Izd-vo Sibirskogo gosudarstvennogo ajerokosmicheskogo un-ta, 2011. 210 p.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Кириллова Дина Александровна, доцент кафедры информационных систем, математики и методик обучения, к.ф.-м.н.
Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема
ул. Широкая, 70а, г. Биробиджан, 679015, Российская Федерация
dina_kir_03@mail.ru
SPIN-код: 7092-3960

DATA ABOUT THE AUTHOR

Kirillova Dina Aleksandrovna, Associate Professor of the Department of Information Systems, Mathematics and Methods of Teaching, Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Sholom-Aleichem Priamursky State University
70A, Shyrokaya St., Birobidzhan, 679015, Russian Federation
dina_kir_03@mail.ru
SPIN-code: 7092-3960