

В.С. Корнилов

Обучение обратным задачам для дифференциальных уравнений как фактор развития научно- познавательного потенциала студентов

В статье автор обращает внимание читателя на то, что, осваивая в процессе обучения теорию и методологию исследования обратных задач для дифференциальных уравнений, студенты не только формируют фундаментальные знания в области обратных задач, прикладной и вычислительной математики, математического моделирования процессов и явлений, но и развивают одну из важных компонент творческих математических способностей — научно-познавательный потенциал.

Ключевые слова: научно-познавательный потенциал студентов; математические творческие способности студентов; обучение обратным задачам для дифференциальных уравнений; прикладные математические задачи.

В процессе обучения на физико-математических направлениях подготовки высших учебных заведений у студентов формируются не только фундаментальные знания в области математики, физики, естествознания, но и развиваются математические творческие способности, позволяющие студентам после окончания обучения при работе например, в научно-исследовательских учреждениях, успешно решать разнообразные сложные математические задачи при реализации на практике прикладных исследований.

Психолого-педагогическим аспектам развития математических творческих способностей студентов посвящены работы авторов разных профессий — педагогов, психологов, математиков, физиков, философов и др. Отметим таких авторов, как А.П. Акимов, И.М. Блехман, Л. Г. Вяткин, Г.С. Засобин, А.Н. Колмогоров, В.А. Кретецкий, Т.В. Кудрявцев, З.Ф. Леонов, А.Н. Лук, А.Д. Мышкис, Т.В. Мясникова, Я.Г. Пановко, О.Г. Ридецкая, С.Л. Рубинштейн, В.Г. Рындак, Б.М. Теплов, Т.И. Торгашина, В.Д. Шадриков, Б.Д. Эльконин. Есть, конечно, и многие другие авторы (см., например, [2; 13; 17; 19]).

Одной из компонент математических творческих способностей студентов является научно-познавательный потенциал, позволяющий в процессе решения различных прикладных задач самостоятельно осваивать новые предметные и научные знания, глубже осознавать основные законы природы, развивать научное мировоззрение. Это во многом имеет отношение к преподаванию обратных задач для дифференциальных уравнений (далее — ОЗДУ).

ОЗДУ преподаются студентам старших курсов физико-математических специальностей, когда уже предполагается наличие у них фундаментальных знаний по многим дисциплинам прикладной и вычислительной математики, так как математические модели ОЗДУ являются нетипичными математическими задачами, как правило, некорректными, поиск нешаблонных решений которых предполагает глубокий анализ самого исследуемого физического процесса и его причинно-следственных связей, требует рационального мышления и творческих подходов как для построения системы интегральных уравнений ОЗДУ, так и в дальнейшем для доказательства теорем существования, единственности и условной корректности решения ОЗДУ (см., например, [1; 3–12; 14–16; 18; 20–22]).

При исследовании математических моделей ОЗДУ, в зависимости от их типов, видов и постановок, студенты приобретают умения и навыки формировать новые научные знания об окружающем мире, о происходящих в нем физических процессах и явлениях и их причинно-следственных связях.

Изложим вкратце несколько примеров.

1. При исследовании математических моделей обратных задач сейсмологии студенты приобретают научные знания о сейсмологии, изучающей природу упругих колебаний Земли. В зависимости от особенностей в постановке таких обратных задач студентам приходится анализировать и оперировать информацией о свойствах источников упругих полей, о структуре земных недр, через которые распространяются сейсмические волны (см., например, [1; 14–16]).

2. При исследовании математических моделей обратных задач гравиметрии и магнитометрии студенты формируют новые научные знания, например о характеристиках источников по наблюдаемому на поверхности Земли гравитационному полю, о продолжении потенциальных полей в сторону источников (см., например, [1; 14–16]).

3. При исследовании математических моделей обратных задач астрофизики студенты приобретают научные знания об интерпретации наблюдений тесных двойных систем, о движении пары звезд под воздействием взаимного притяжения, о важных характеристиках звезд и др. (см., например, [3]).

4. При исследовании математических моделей обратных задач обработки фотоизображений студенты получают научные знания в области распознавания образов, реконструкции смазанных и дефокусированных изображений, томографии (см., например, [14]).

5. При исследовании математических моделей обратных задач электродинамики студенты получают научные знания об обработке и интерпретации результатов измерения электромагнитного излучения, создаваемого различными объектами, об источниках электромагнитных полей, о формах тел, на которых происходит рассеяние поля, о неоднородностях земной среды, о синтезе электромагнитного поля и др. (см., например, [1; 15; 16]).

6. При исследовании математических моделей обратных задач атмосферной оптики студенты получают научные знания о физическом состоянии

атмосферы, о концентрации поглощающих и рассеивающих субстанций, размерах и формах частиц аэрозоля, их составе и структуре, о параметрах тонкой структуры спектра, об интенсивности излучения и др. (см., например, [20]).

7. При исследовании математических моделей обратных задач определения плотности тепловых источников студенты приобретают научные знания о плотности радиоактивных источников тепла, о тепловом излучении на поверхности Земли, о периоде полураспада радиоактивных элементов и др. (см., например, [16]).

8. При исследовании математических моделей обратных задач для дифференциальных уравнений упругости студенты осваивают научные знания в области линейной теории упругости, в частности о шаровой изотропности, идеальной упругости, линейной зависимости между деформацией и напряжением, малой деформации, внешних поверхностных и объемных силах, естественном состоянии тела и др. (см., например, [22]).

При нахождении решений математических моделей ОЗДУ студенты также приобретают новые научные знания в предметных областях, которые не входят в содержание традиционных математических дисциплин прикладной и вычислительной математики, а могут быть приобретены только в процессе преподавания специальных курсов. Для наглядности приведем следующие примеры.

1. При исследовании математических моделей обратных спектральных задач студенты приобретают научные знания в области спектрального анализа, заключающегося в определении операторов по некоторым их спектральным характеристикам. Студенты осознают, что такие математические модели обратных задач играют большую роль в приложениях физики, квантовой механики, геофизики, метеорологии, радиоэлектроники, теории упругости и других приложениях. В процессе решения таких обратных задач студенты осваивают метод спектральных отображений, метод эталонных моделей, метод оператора преобразования и другие математические методы (см., например, [21]).

2. При исследовании математических моделей динамических обратных задач для гиперболических уравнений студенты осваивают идею метода операторных уравнений Вольтерра, оптимизационного метода, метода линеаризации, метода обращения разностной схемы и других методов. Нарбатывают умения и навыки оперировать функциональными пространствами, выполнять математические операции над обобщенными функциями, линейными операторами. Приобретают опыт применения метода С.Л. Соболева, метода шкал банаховых пространств аналитических функций, методов интегральной геометрии, методов тензорного анализа, теоремы С.В. Ковалевской, теоремы С. Банаха и других методов и теорем при поиске решений ОЗДУ (см., например, [1; 15; 16]).

3. При исследовании математических моделей обратных краевых задач аэрогидродинамики студенты приобретают предметные научные знания,

например в области проектирования крыловых профилей, которые должны обладать нужными характеристиками, осваивают такие фундаментальные понятия, как источник, вихрь, сток, геометрия профиля, обтекающий профиль, поток заторможенных слоев, осваивают методы аэродинамического проектирования и другие методы. Студенты при решении таких обратных задач осваивают математические методы определения формы крылового профиля при известном на его контуре распределении скорости, методы течения идеальной жидкости, методы теории аналитических функций и другие методы (см., например, [4]).

4. При исследовании математических моделей ОЗДУ при помощи приближенных методов студенты приобретают глубокие научные знания в области вычислительной математики. Среди таких научных знаний — теория разностных схем, конечно-разностные методы, метод прогонки, итерационные методы, метод регуляризации А.Н. Тихонова, метод Ньютона-Конторовича, градиентные методы, дискретный аналог операторного уравнения Вольтерра с ограничено липшиц-непрерывным ядром. Осваивают методы оценок погрешности приближенных решений ОЗДУ к точным решениям и другие методы. При этом студенты широко применяют компьютерные технологии для реализации вычислительных алгоритмов поиска приближенных решений ОЗДУ, которые наглядно демонстрируют студентам свою эффективность и мобильность в исследовании прикладных задач (см., например, [18]).

Большой вклад в развитие научно-познавательного потенциала студентов в обучении ОЗДУ вносит их самостоятельная работа, в процессе которой не только прорабатывается новый учебный материал, даваемый на занятиях, но и изучается специальная научная литература — научные статьи, материалы научных конференций, опубликованные на русском и английском языках. При этом студенты осваивают научный стиль изложения научного материала в такой специальной литературе, который существенно отличается от стиля изложения материала в учебниках и учебно-методических пособиях.

Во время самостоятельной работы студенты исследуют вопросы корректности решений разнообразных ОЗДУ, которые рекомендованы преподавателем. Нарбатывают умения и навыки самостоятельно формулировать логические выводы по результатам исследования ОЗДУ. В процессе проведения такой научной работы у студентов могут рождаться и собственные идеи и подходы к исследованию ОЗДУ.

Очевидно, что при таком курсе обучения у студентов формируются как фундаментальные научные знания по ОЗДУ, прикладной математике, вычислительной математике, так и развивается научно-познавательный потенциал, который поможет осваивать им новые научные знания и применять их в своей дальнейшей профессиональной деятельности.

Литература

1. *Белишев М.И., Благовещенский А.С.* Динамические обратные задачи теории волн: монография. СПб.: СПбГУ, 1999. 266 с.
2. *Вяткин Л.Г., Ольнева А.Б., Турчин Г.Д.* Уровни познавательной самостоятельности студентов педагогических вузов // Актуальные вопросы региональной педагогики: сб. науч. тр. Саратов, 2002. С. 35–38.
3. *Гончарский А.В., Черепашук А.М., Ягода А.Г.* Численные методы решения обратных задач астрофизики: монография. М.: Наука, 1978. 335 с.
4. *Елизаров А.М., Ильинский Н.Б., Поташев А.В.* Обратные краевые задачи аэрогидродинамики: монография. М.: Наука, 1994. 440 с.
5. *Корнилов В.С.* Некоторые обратные задачи идентификации параметров математических моделей: учеб. пособие. М.: МГПУ, 2005. 359 с.
6. *Корнилов В.С.* Обучение обратным задачам для дифференциальных уравнений как фактор гуманитаризации математического образования: монография. М.: МГПУ, 2006. 320 с.
7. *Корнилов В.С.* Психологические аспекты обучения обратным задачам для дифференциальных уравнений // Наука и школа. 2008. № 3. С. 45–46.
8. *Корнилов В.С.* Обучение студентов обратным задачам математической физики как фактор формирования фундаментальных знаний по интегральным уравнениям // Бюллетень лаборатории математического, естественнонаучного образования и информатизации: рецензируемый сборник научных трудов. Т. VI. Самара: Самарский филиал МГПУ, 2015. С. 251–257.
9. *Корнилов В.С.* Реализация научно-образовательного потенциала обучения студентов вузов обратным задачам для дифференциальных уравнений // Казанский педагогический журнал. 2016. № 6. С. 55–59.
10. *Корнилов В.С.* Базовые понятия информатики в содержании обучения обратным задачам для дифференциальных уравнений // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Информатизация образования». 2016. № 1. С. 70–84.
11. *Корнилов В.С.* Теория и методика обучения обратным задачам для дифференциальных уравнений: монография. М.: ОнтоПринт, 2017. 500 с.
12. *Корнилов В.С.* Формирование фундаментальных знаний по математическому моделированию при обучении обратным задачам для дифференциальных уравнений // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия «Информатика и информатизация образования». 2017. № 1 (39). С. 92–99.
13. *Мясникова Т.В.* Творческий потенциал студента и его развитие в условиях студенческого научного общества // Молодой ученый. 2014. № 18. С. 614–616.
14. Некорректные задачи естествознания: сб. научн. тр. / под ред. А.Н. Тихонова, А.В. Гончарского. М.: МГУ, 1987. 299 с.
15. *Романов В.Г.* Обратные задачи для дифференциальных уравнений: спецкурс для студентов НГУ. Новосибирск: НГУ, 1973. 252 с.
16. *Романов В.Г.* Обратные задачи математической физики: монография. М.: Наука, 1984. 263 с.
17. *Рындак В. Г.* Непрерывное образование и развитие творческого потенциала учителя (теоретическое взаимодействие): монография. М.: Педагогический вестник, 1997. 244 с.
18. *Самарский А.А., Вабишев П.Н.* Численные методы решения обратных задач математической физики: монография. М.: УРСС, 2004. 478 с.

19. *Торгашина Т.И.* Научно-исследовательская работа студентов педагогического вуза как средство развития их творческого потенциала: дис... канд. пед. наук. Волгоград, 1999. 209 с.
20. *Трофимов Ю.М., Поляков А.В.* Математические аспекты решения обратных задач атмосферной оптики: учеб. пособие. СПб.: СПбГУ, 2001. 188 с.
21. *Юрко В.А.* Введение в теорию обратных спектральных задач: монография. М.: Физматлит, 2007. 384 с.
22. *Яхно В.Г.* Обратные задачи для дифференциальных уравнений упругости: монография. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1990. 303 с.

Literatura

1. *Belishev M.I., Blagoveshhenskij A.S.* Dinamicheskie obratny'e zadachi teorii voln: monografiya. SPb.: SPbGU, 1999. 266 s.
2. *Vyatkin L.G., Ol'neva A.B., Turchin G.D.* Urovni poznavatel'noj samostoyatel'nosti studentov pedagogicheskix vuzov // Aktual'ny'e voprosy' regional'noj pedagogiki: sb. nauch. tr. Saratov, 2002. S. 35–38.
3. *Gonchariskij A.V., Cherepashhuk A.M., Yagoda A.G.* Chislenny'e metody' resheniya obratny'x zadach astrofiziki: monografiya. M.: Nauka, 1978. 335 s.
4. *Elizarov A.M., Il'inskij N.B., Potashev A.V.* Obratny'e kraevy'e zadachi ae'ro-gidrodinamiki: monografiya. M.: Nauka, 1994. 440 s.
5. *Kornilov V.S.* Nekotory'e obratny'e zadachi identifikacii parametrov matematicheskix modelej: ucheb. posobie. M.: MGPU, 2005. 359 s.
6. *Kornilov V.S.* Obuchenie obratny'm zadacham dlya differencial'ny'x uravnenij kak faktor gumanitarizacii matematicheskogo obrazovaniya: monografiya. M.: MGPU, 2006. 320 s.
7. *Kornilov V.S.* Psixologicheskie aspekty' obucheniya obratnym zadacham dlya differencial'ny'x uravnenij // Nauka i shkola. 2008. № 3. S. 45–46.
8. *Kornilov V.S.* Obuchenie studentov obratny'm zadacham matematicheskoy fiziki kak faktor formirovaniya fundamental'ny'x znaniy po integral'ny'm uravneniyam // Byulleten' laboratorii matematicheskogo, estestvennonauchnogo obrazovaniya i informatizacii: recenziruemyj sbornik nauchny'x trudov. T. VI. Samara: Samarskij filial MGPU, 2015. S. 251–257.
9. *Kornilov V.S.* Realizaciya nauchno-obrazovatel'nogo potentsiala obucheniya studentov vuzov obratny'm zadacham dlya differencial'ny'x uravnenij // Kazanskij pedagogicheskij zhurnal. 2016. № 6. S. 55–59.
10. *Kornilov V.S.* Bazovy'e ponyatiya informatiki v sodержanii obucheniya obratny'm zadacham dlya differencial'ny'x uravnenij // Vestnik Rossijskogo universiteta družby' narodov. Seriya «Informatizaciya obrazovaniya». 2016. № 1. S. 70–84.
11. *Kornilov V.S.* Teoriya i metodika obucheniya obratnym zadacham dlya differencial'ny'x uravnenij: monografiya. M.: OntoPrint, 2017. 500 s.
12. *Kornilov V.S.* Formirovanie fundamental'ny'x znaniy po matematicheskomu modelirovaniyu pri obuchenii obratny'm zadacham dlya differencial'ny'x uravnenij // Vestnik Moskovskogo gorodskogo pedagogicheskogo universiteta. Seriya «Informatika i informatizaciya obrazovaniya». 2017. № 1 (39). S. 92–99.
13. *Myasnikova T.V.* Tvorcheskij potentsial studenta i ego razvitie v usloviyax studentcheskogo nauchnogo obshhestva // Molodoj ucheny'j. 2014. № 18. S. 614–616.
14. Nekorrektny'e zadachi estestvoznaniya: sb. nauchn. tr. / pod red. A.N. Tixonova, A.V. Gonchar'skogo. M.: MGU, 1987. 299 s.

15. *Romanov V.G.* Obratny'e zadachi dlya differencial'ny'x uravnenij: speczkurs dlya studentov NGU. Novosibirsk: NGU, 1973. 252 s.
16. *Romanov V.G.* Obratny'e zadachi matematicheskoy fiziki: monografiya. M.: Nauka, 1984. 263 s.
17. *Ry'ndak V.G.* Neprery'vnoe obrazovanie i razvitie tvorcheskogo potentsiala uchitelya (teoreticheskoe vzaimodejstvie): monografiya. M.: Pedagogicheskij vestnik, 1997. 244 s.
18. *Samarskij A.A., Vabishevich P.N.* Chislenny'e metody' resheniya obratny'x zadach matematicheskoy fiziki: monografiya. M.: URSS, 2004. 478 c.
19. *Torgashina T.I.* Nauchno-issledovatel'skaya rabota studentov pedagogicheskogo vuza kak sredstvo razvitiya ix tvorcheskogo potentsiala: dis. ... kand. ped. nauk. Volgograd, 1999. 209 s.
20. *Trofimov Yu.M., Polyakov A.V.* Matematicheskie aspekty' resheniya obratny'x zadach atmosfernoj optiki: ucheb. posobie. SPb.: SPbGU, 2001. 188 s.
21. *Yurko V.A.* Vvedenie v teoriyu obratny'x spektral'ny'x zadach: monografiya. M.: Fizmatlit, 2007. 384 c.
22. *Yaxno V.G.* Obratny'e zadachi dlya differencial'ny'x uravnenij uprugosti: monografiya. Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe otdelenie, 1990. 303 s.

V.S. Kornilov

Teaching Inverse Problems for Differential Equations as a Factor of Development of Scientific and Cognitive Potential of Students

In the article, the author draws the reader's attention to the fact that, learning the theory and methodology of studying inverse problems for differential equations in the process of teaching, students not only form fundamental knowledge in the field of inverse problems, applied and computational mathematics, mathematical modeling of processes and phenomena, but also develop one of the important components of creative mathematical abilities is the scientific and cognitive potential.

Keywords: scientific and cognitive potential of students; mathematical creative abilities of students; learning inverse problems for differential equations; applied mathematical problems.