

РАЗВИТИЕ У СТУДЕНТОВ ПРЕДМЕТНЫХ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ ОБРАТНЫМ ЗАДАЧАМ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

*Корнилов В.С.¹

*¹д.п.н., профессор, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия, e-mail: vs_kornilov@mgpu.ru

Аннотация. Студентов вузов в процессе обучения должны знакомить с современными достижениями мировой науки об окружающем мире. Одним из эффективных научных методов исследования окружающего мира является научный метод, основу которого составляет математическое моделирование. Математические модели, с научной точки зрения, имеют важные свойства. Среди таких свойств важно подчеркнуть их научно-познавательный потенциал, а также свойство универсальности.

Привлечение математических моделей обратных задач в целях решения дифференциальных уравнений предоставляет возможность мобильного и эффективного исследования разнообразных объектов, процессов и явлений. Подобные процессы могут происходить не только в доступных исследователю местах (земная среда, водная среда, воздушное пространство), но и там, куда исследователю трудно попасть или вообще невозможно (дно мирового океана, глубинная земная среда, космическое пространство). Эти обстоятельства наглядно демонстрируют потребность в подготовке в вузах специалистов по обратным задачам. При обучении студентов обратным задачам для дифференциальных уравнений развиваются их творческие способности, формируются фундаментальные научные знания как по обратным задачам, так другие научные знания, развивается научное мировоззрение.

Ключевые слова: обратные задачи для дифференциальных уравнений, прикладная математика, вычислительные алгоритмы, научное мировоззрение, педагогические технологии.

Основные положения

Шагая в ногу со временем, высшее образование нацелено на подготовку изобретательных специалистов высокого уровня квалификации, замечательно владеющих предметными знаниями на уровне фундаментальной системы, обладающих научным мировоззрением, пытливым и неординарно-творческим подходом к решению поставленных задач, а так же развитым критическим мышлением, и навыками анализа поступающей информации. Именно такие специалисты, работая в научно-исследовательских и образовательных учреждениях, имеют достаточные знания и навыки для самостоятельного и компетентного решения сложных профессиональных задач и возникающих в процессе деятельности вопросов и проблемных ситуаций, посредством эффективного использования методов и достижений современной науки всего мира.

В Российской Федерации, Республике Казахстан на государственном уровне осуществляется большой вклад в развитие высшего образования. Важно подчеркнуть такие аспекты его развития, как фундаментализация,

гуманитаризация, цифровизация. Эта деятельность находит свое развитие в правительственных постановлениях и распоряжениях, нормативных документах государственных образовательных стандартов.

Осуществление неразрушающего контроля и диагностики объектов, определение местоположения или формы объектов, реконструкция изображений, выявление причинно-следственных связей исследуемых процессов и явлений приводят к необходимости решать задачи заданного типа. Подход с использованием математических методов и технологий обратных задач для дифференциальных уравнений позволяют идентифицировать различные свойства объектов, процессов и явлений и получать новые научные знания.

Введение

Обратные задачи при решении дифференциальных уравнений часто возникают в геофизике, химии, биологии, экономике, промышленности, медицинской томографии и во многих других научных областях. Решение обратных задач для дифференциальных уравнений может дать новую информацию, заменив непосредственные измерения. Особенно это особенно важно в случаях труднодоступности или недоступности изучаемых объектов, процессов и явлений. Речь может идти о глубоких слоях Земли, дне мирового океана, космическом пространстве.

Существенный вклад в разработку и развитие теории и практики обратных задач для дифференциальных уравнений внесли такие авторы, как Ж.Адамар, А.С.Алексеев, В.А.Амбарцумян, В.Я.Арсенин, Г.Борг, А.Л.Бухгейм, П.Н.Вабишевич, В.В.Васин, И.М. Гельфанд, В.К.Иванов, С.И.Кабанихин, С.Г.Крейн, Б.М.Левитан, М.М.Лаврентьев, В.А. Марченко, П. С. Новиков, Ю.П.Петров, А.И.Прилепко, В.Г.Романов, А.А.Самарский, В.С.Сизиков, В.П.Танана, А.Н.Тихонов, Л.А.Халфин, С.П.Шिशатский, В.А.Юрко, R.Arcangeli, Y.M.Chen, H.Cordes, A.J.Douglas, H.Engl, D.W.Fox, T.Gallie, G.Gerglotz, F.John, M.H.Protter, E.Wichert, N.Wiener и многие другие авторы разных стран мира(см., например, [1–6]).

Потребность формирования специалистов с навыками решения обратных задач для дифференциальных уравнений инициировала в некоторых высших учебных заведениях России, Казахстана и других стран СНГ преподавание курсов по выбору, посвященных заданному типу задач (см., например, [2–12]). И такая подготовка специалистов по обратным задачам осуществляется с 60-х годов прошлого века.

Описание материалов и методов

При формировании содержания программы обучения обратным задачам для дифференциальных уравнений за основу берутся профессиональные потребности производства при подготовке студентов. В ходе освоения практических знаний, студенты приобретают умения и навыки обследования и анализа разного рода задач заданных предметных областей посредством математического моделирования обратных задач при решении

дифференциальных уравнений. Тем самым впитывая в себя, разного рода научные знания об окружающем нас мире, о существующих в нем причинно-следственных связях, явлениях и физических процессах происходящих в окружающей среде и в заданной предметной области в частности.

К примеру, в процессе решения, обратных задач в области электродинамики посредством методов математической физики (следует доказать теоремы существования, однозначности и устойчивости решения обратной задачи), студенты осваивают новые, для себя, научные знания в сфере электродинамики, неоднородной структуры земной среды, электромагнитных излучений, узнают источники электромагнитных полей и другие научные знания. При обследовании обратных задач обучаемые могут приобрести практические навыки и в других научных сферах. Изучая, к примеру, обратные спектральные задачи, обучаемые студенты приходят к выводу, что математические модели обратных спектральных задач возможно успешно применять в физике, радиоэлектронике, геофизике, квантовой механике и других областях. На ряду с вышеуказанным студенты узнают математические методы спектральных отображений, операторы преобразования, эталонные модели и другие математические методы спектрального анализа.

Студенты на учебных занятиях осваивают такие эффективные математические методы, как метод подбора, метод квазиобращения, метод операторных уравнений, метод регуляризации Тихонова, метод решения на компакте, метод Фурье, метод преобразования Лапласа, метод характеристик, метод шкал в банаховых пространствах, метод Соболева и другие математические методы.

Процесс изучения многих обратных и некорректно поставленных задач трудоемок из-за их нелинейности, что создает математические трудности при поиске решения и, в будущем, доказательстве корректности задачи. Поэтому, преподавателями на учебных занятиях уделяется внимание приближенным методам их решения. Студенты нарабатывают умения и навыки поиска приближенных решений обратных задач для дифференциальных уравнений с помощью методов вычислительной математики, применяя вычислительные алгоритмы, основу которых составляют конечно-разностные методы, вариационные методы, оптимизационные методы, методы решения стационарных задач математической физики, методы решения нестационарных задач математической физики.

На учебных занятиях студенты осваивают приемы и технологии корректного использования компьютерных технологий при поиске приближенных решений обратных задач для дифференциальных уравнений. Важно подчеркнуть, что при этом студенты убеждаются в том, что современные компьютерные технологии способны не только быстро найти приближенное решение нужной математической задачи, но и визуализировать его в удобном для исследователя виде. Это может быть, например, графическое изображение, таблица, диаграмма и др., что позволяет наглядно

проводить научный анализ, а при необходимости, мобильно провести новый вычислительный эксперимент.

Понимание важности вычислительных алгоритмов, с помощью которых исследуются обратные задачи для дифференциальных уравнений, их межпредметных связей с вычислительной математикой, необходимости применять компьютерные технологии позволяет студентам не только приобрести систему фундаментальных научных предметных знаний, но и развить свое научное мировоззрение.

Уместно отметить, что вычислительные алгоритмы решения прикладных математических задач интересовали математиков прошлых столетий и до сих пор продолжают интересовать многих математиков сегодня. Это обстоятельство объясняется тем, что анализ сложных математических задач, представляющих собой математические модели, описывающие физические процессы и явления, требует создания приближенных методов их решения, основу которых составляют вычислительные алгоритмы.

Архимед, Аль-Хорезми, Ш.Ферро, Дж.Кардано, Л.Феррари, Ф.Виета, Джон Непер, И.Ньютон, Д.Рафсон, Б.Тейлор, Д.Стирлинг, Л.Эйлер, К.Ф.Гаусс, Чарлз Бэббидж, Д.К.Адамс, У.Ж.Леверье, Томас де Кальмара, П.Л.Чебышев, Г.Холерит, Н.Г.Чеботарев и многие другие математики разных стран мира в свое время занимались разработкой вычислительных алгоритмов решения математических задач, внося тем самым фундаментальный вклад в создание и развитие методов вычислительной математики.

Большой вклад в дальнейшее развитие вычислительных алгоритмов решения математических прикладных задач внесли работы таких авторов, как А.Н. Крылов, Б.Г. Галеркин, В. Ритц, М.Р.Фреше, Р. Курант, К. Ланцош, Н.Г. Чеботарев, А.О. Гельфонд, А.Н.Тихонов, А.А.Дородницын, Л.В.Канторович, А.А.Самарский, Г.И.Марчук, С.К.Годунов, Н.С.Бахвалови многие другие математики (см., например, [1,13]).

В ходе изучения метода обратных задач при решении дифференциальных уравнений студентам предоставляется информация о том, что математические модели обратных задач могут применяться для разнообразных целей и способны представлять процессы различной природы. Данное свойство повышает научно-исследовательские возможности и потенциальное применение таких математических моделей. Студентам доводится, что математическое моделирование обратных задач являются многогранными, когда они приносят синтаксические характеристики, тем временем семантика, содержание и смысл моделируемого процесса не рассматриваются в рамках математической модели. В таком случае является затруднительным прийти к выводу о том, какой именно процесс описывает представленная универсальная модель.

Студенты приходят к пониманию, что методики исследования математических моделей обратных задач, и их научно-познавательные возможности допустимо использовать при обследовании и анализе задач возникающих в разного рода предметных областях окружающего мира. В следствии обучения посредством подобной методики преподавания

материала студенты осознают наличие глубоких междисциплинарных связей между прикладной математикой и информатикой; у студентов раскрываются математические и творческие способности, расширяется мировоззрение в научной сфере, базовые теоретические знания, а так же практические навыки обратных задач; складывается образ системы связей научных знаний об основных понятиях информатики как о научной дисциплине, таких, как информация, формализация, синтаксис, семантика, моделирование, алгоритмизация, вычислительный эксперимент и многое другое. Дальнейший анализ гуманитарных и прикладных вводных данных полученных результатов обратной задачи позволяет студентам получить соответствующие логические умозаключения об изучаемом процессе и выявить, в итоге, интересующую научную информацию, исследовать, проанализировать ее свойства и осознать ее научную ценность.

Результаты

Реализация научных связей междисциплинарного характера при обучении математическому моделированию обратных задач в целях решения дифференциальных уравнений, предоставляет возможность обучающимся сформировать глубокие предметные научные знания, приобрести умения и практические навыки, целенаправленно выбирать пути эффективного исследования методами математического моделирования обратных задач, охватывать опыт философского, гуманитарного и прикладного анализа и их решений. Освоение студентами фундаментальных предметных знаний, практических навыков и некоторого опыта позволяет проникнуться сутью обследуемых физических процессов и явлений с помощью их исследования методами обратных задач, наглядно визуализируя и тем самым демонстрируя их математические креативные способности.

Способность к творческому подходу в математике позволяет студентам осваивать новые научные знания из разных научных областей, в том числе в прикладной и вычислительной математике, в философии — в обширной сфере такого базового, в нашей жизни понятия, как причина и следствие. Проведение анализа причинно-следственных связей с философской точки зрения, помогает студентам лучше осваивать методологический потенциал в изучении и понимании скрытых возможностей окружающего мира; помогает осмыслить, что новая информация об обследуемых физических процессах и явлениях, которая получена в ходе получения результатов обратных задач при решении дифференциальных уравнений, имеет связь, в том числе и с фундаментальными философскими понятиями в естествознании.

Обсуждение

При обучении обратным задачам у студентов формируются и развиваются научные знания, которые обеспечивают успешностью реализации таких дидактических технологий, как:

- 1) привлечение преподавателей, которые являются специалистами в сфере решений дифференциальных уравнений с использованием обратных задач;
- 2) включение в содержание обучения инновационных методов с учетом профессиональной направленности подготовки студентов в области теории обратных и некорректных задач;
- 3) реализация методов, средств обучения и принципов при решении дифференциальных уравнений с использованием обратных задач;
- 4) подготовить студентов к участию в научных конференциях, посвященных решениям дифференциальных уравнений с использованием обратных и мотивировать их к работе в научных семинарах;
- 5) подготовить студентов к выполнению выпускных квалификационных работ, посвященных к решению дифференциальных уравнений с использованием обратных задач;
- 6) использования педагогических технологий в формировании у студентов креативности в самостоятельном анализе прикладного характера, результатов исследований при решении дифференциальных уравнений с использованием обратных задач.

Заключение

Фундаментальные знания студентов в математическом моделировании обратных задач при решении дифференциальных уравнений, их опыт и практические навыки самостоятельного исследования математических моделей обратных задач способствует совершенствованию их мировоззрения в сфере естественных наук. Обладание научным мировоззрением помогает студентам осознавать, что математические модели обратных задач для дифференциальных уравнений имеют важную роль в исследованиях большого перечня прикладных задач, решение которых позволяют модернизировать не только методы мировой науки, но и разрешать насущные проблемы в промышленности, производстве, сельском хозяйстве, экономике, социальной и в большинстве других сфер человеческой деятельности.

Несомненно, что студент, обладающий обширным научным мировоззрением, в предстоящей профессиональной деятельности в качестве научного специалиста, математика-исследователя способен самостоятельно эффективно решать сложные научные задачи из разного рода прикладных сфер.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Вабищевич П. Н. Вычислительные методы математической физики. Обратные задачи и задачи управления. - М.: Вузовская книга, 2019. - 478 с.
- [2] Ватульян А.О., Беляк О.А., Сухов Д.Ю., Явруян О.В. Обратные и некорректные задачи: учебное пособие. - Ростов на Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2011. - 232 с.
- [3] Денисов А.М. Введение в теорию обратных задач: учебное пособие. - М.: Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 1994. - 207 с.

- [4] Кабанихин С.И. Обратные и некорректные задачи: учебник для студентов вузов. - Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2009. 458 с.
- [5] Лаврентьев М.М., Романов В.Г., Шишатский С.П. Некорректные задачи математической физики и анализа. - М.: Наука, 1980. - 286 с.
- [6] Романов В.Г. Обратные задачи для дифференциальных уравнений: спецкурс для студентов НГУ. - Новосибирск: НГУ, 1973. - 252 с.
- [7] Бидайбеков Е.Ы., Корнилов В.С., Камалова Г.Б. Обучение будущих учителей математики и информатики обратным задачам для дифференциальных уравнений //Вестник МГПУ. Серия «Информатика и информатизация образования». - 2014. - № 3 (29). - С. 57–69.
- [8] Корнилов В.С. Реализация научно-образовательного потенциала обучения студентов вузов обратным задачам для дифференциальных уравнений //Казанский педагогический журнал. - 2016. - № 6. - С. 55–59.
- [9] Корнилов В.С. Теория и методика обучения обратным задачам для дифференциальных уравнений: монография. - М.: Изд-во «ОнтоПринт», 2017. - 500 с.
- [10] Bidaibekov Y. Y., Kornilov V. S., Kamalova G. B., Akimzhan N. Sh. Fundamentalization of mathematical knowledge while teaching students inverse and incorrect problem //The Third International Conference on Analysis and Applied Mathematics (ICAAM 2016): the abstract book (September 7–10, 2016, Almaty, Kazakhstan). - Almaty: Institute of Mathematics and Mathematical Modelling, 2016. - P. 188.
- [11] Revshenova M., Bidaibekov E., Kornilov V., Kamalova G., Shekerbekova S., Gulzhan S., Sabrayev K. Professional competence development when teaching computational informatics //Cypriot Journal of Educational Sciences. – 2021. - Volume 16. - Issue 5. - P. 2575–2585.
- [12] Kornilov V.S. Development of Scientific Knowledge of Students on Computer Simulation in Training Inverse Problems for Differential Equations //Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Информатизация образования». - 2022. - Т. 19. - № 1. - С. 54–61.
- [13] Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. - М.: Наука, 1989. - 608 с.

REFERENCES

- [1] Vabishchevich P. N. Vychislitel'nyye metody matematicheskoy fiziki. Obratnyye zadachi i zadachi upravleniya (Computational methods of mathematical physics. Inverse problems and control problems). - М.: Vuzovskaya kniga, 2019. - 478 с. [in Rus.]
- [2] Vatul'yan A.O., Belyak O.A., Sukhov D.YU., Yavruyan O.V. Obratnyye i nekorrektnyye zadachi: uchebnoye posobiye (Inverse and ill-posed problems: a tutorial). - Rostov na Donu: Izd-vo Yuzhnogo federal'nogo universiteta, 2011. - 232 s. [in Rus.]
- [3] Denisov A.M. Vvedeniye v teoriyu obratnykh zadach: uchebnoye posobiye (Introduction to the theory of inverse problems: textbook.). - М.: Izd-vo MGU im. M.V. Lomonosova, 1994. - 207 s.
- [4] Kabanikhin S.I. Obratnyye i nekorrektnyye zadachi: uchebnik dlya studentov vuzov (Inverse and ill-posed problems: a textbook for university students). - Novosibirsk: Sibirskoye nauchnoye izdatel'stvo, 2009. - 458 с. [in Rus.]
- [5] Lavrent'yev M.M., Romanov V.G., Shishatskiy S.P. Nekorrektnyye zadachi matematicheskoy fiziki i analiza (Incorrect problems of mathematical physics and analysis). - М.: Nauka, 1980. - 286 s. [in Rus.]
- [6] Romanov V.G. Obratnyye zadachi dlya differentsial'nykh uravneniy: spetskurs dlya studentov NGU (Inverse Problems for Differential Equations: a special course for NSU students). - Novosibirsk: NGU, 1973. - 252 s.

[7] Bidaybekov Ye.Y., Kornilov V.S., Kamalova G.B. Obucheniye budushchikh uchiteley matematiki i informatiki obratnym zadacham dlya differentsial'nykh uravneniy (Teaching future teachers of mathematics and computer science inverse problems for differential equations) //Vestnik MGPU. Seriya «Informatika i informatizatsiya obrazovaniya». - 2014. - № 3 (29). - S. 57–69. [in Rus.]

[8] Kornilov V.S. Realizatsiya nauchno-obrazovatel'nogo potentsiala obucheniya studentov vuzov obratnym zadacham dlya differentsial'nykh uravneniy (Realization of the scientific and educational potential of teaching university students in inverse problems for differential equations) //Kazanskiy pedagogicheskiy zhurnal. - 2016. - № 6. - S. 55–59. [in Rus.]

[9] Kornilov V.S. Teoriya i metodika obucheniya obratnym zadacham dlya differentsial'nykh uravneniy: monografiya (Theory and methods of teaching inverse problems for differential equations: monograph). - M.: Izd-vo «OntoPrint», 2017. - 500 s. [in Rus.]

[10] Bidaibekov Y. Y., Kornilov V. S., Kamalova G. B., Akimzhan N. Sh. Fundamentalization of mathematical knowledge while teaching students inverse and incorrect problem (undamentalization of mathematical knowledge while teaching students inverse and incorrect problem) //The Third International Conference on Analysis and Applied Mathematics (ICAAM 2016): the abstract book (September 7–10, 2016, Almaty, Kazakhstan). - Almaty: Institute of Mathematics and Mathematical Modelling, 2016. - P. 188.

[11] Revshenova M., Bidaibekov E., Kornilov V., Kamalova G., Shekerbekova S., Gulzhan S., Sabrayev K. Professional competence development when teaching computational informatics (Professional competence development when teaching computational informatics) //Cypriot Journal of Educational Sciences. – 2021. - Volume 16. - Issue 5. - P. 2575–2585.

[12] Kornilov V.S. Development of Scientific Knowledge of Students on Computer Simulation in Training Inverse Problems for Differential Equations (Development of Scientific Knowledge of Students on Computer Simulation in Training Inverse Problems for Differential Equations) //Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya «Informatizatsiya obrazovaniya». - 2022. - T. 19. - № 1. - S. 54–61.

[13] Marchuk G.I. Metody vychislitel'noy matematiki (Methods of computational mathematics). - M.: Nauka, 1989. - 608 s. [in Rus.]

ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕРГЕ АРНАЛҒАН КЕРІ ЕСЕПТЕРДІ ОҚЫТУДА СТУДЕНТТЕРДІҢ ПӘНДІК ҒЫЛЫМИ БІЛІМДЕРІН ДАМУ

*Корнилов В. С.¹, п.ф.д., профессор,

Мәскеу қалалық педагогикалық университеті, Мәскеу, Ресей,

e-mail: vs_kornilov@mgpu.ru

Аңдатпа. Жоғары оқу орындарының студенттерін оқыту үдерісінде қоршаған орта туралы әлемдік ғылымның заманауи технологияның жетістіктерімен таныстыруға тиіс. Қоршаған әлемді зерттеудің тиімді ғылыми тәсілдерінің бірі ғылыми әдіс болып табылады, оның негізі математикалық модельдеу болып табылады. Математикалық модельдер ғылыми тұрғыдан маңызды қасиеттерге ие. Осындай қасиеттердің ішінде олардың ғылыми және танымдық әлеуетін, сондай-ақ әртүрлілік қасиетін ерекше атап өткен жөн.

Дифференциалдық теңдеулер үшін кері есептердің математикалық модельдерін қолдану әртүрлі объектілерді, үдерістерді мен құбылыстарды мобильді және тиімді зерттеуге мүмкіндік береді. Мұндай үдерістер зерттеушіге қол жетімді жерлерде (жер, су, ауа кеңістігі) ғана емес, сонымен бірге зерттеушіге зерттеу мүмкіндігі қолайсыз жерлерде (мұхиттардың терең қабатында, жер асты қабаттарында, ғарыш кеңістігі және т.б.) де болуы мүмкін. Бұл жағдайлар жоғары оқу орындарында дифференциалдық теңдеулер үшін кері есептерді оқыту негізінде мамандар даярлау қажеттілігінің айқын көрінісі. Студенттерге дифференциалдық теңдеулер үшін кері есептерді оқытуда олардың шығармашылық

қабілеттері дамиды, кері есептер бойынша іргелі ғылыми білім де, ғылыми креативтілігі де қалыптасады, ғылыми дүниетаным дамиды.

Негізгі сөздер: дифференциалдық теңдеулерге арналған кері есептер, қолданбалы математика, есептеу алгоритмдері, ғылыми дүниетаным, педагогикалық технологиялар.

DEVELOPMENT OF STUDENTS' SUBJECT SCIENTIFIC KNOWLEDGE WHEN TEACHING INVERSE PROBLEMS FOR DIFFERENTIAL EQUATIONS

*Kornilov V. S.¹, professor, d.p.s., professor,
Moscow City University, Moscow, Russia,
e-mail: vs_kornilov@mgpu.ru

Abstract. University students in the learning process should be introduced to the modern achievements of world science about the surrounding world. One of the most effective scientific methods of exploring the surrounding world is the scientific method, which is based on mathematical modeling. Mathematical models, from a scientific point of view, have important properties. Among such properties, it is important to emphasize their scientific and cognitive potential, as well as the property of universality.

The use of mathematical models of inverse problems for differential equations makes it possible to study a variety of objects, processes and phenomena in a mobile and efficient manner. Such processes can occur not only in places accessible to the researcher (terrestrial environment, aquatic environment, airspace), but also where it is difficult or impossible for the researcher to get to (the bottom of the world ocean, deep terrestrial environment, outer space). These circumstances clearly demonstrate the need for training specialists in inverse problems at universities. When teaching students inverse problems for differential equations, their creative abilities develop, fundamental scientific knowledge is formed both on inverse problems and other scientific knowledge, and a scientific worldview develops.

Keywords: inverse problems for differential equations, applied mathematics, computational algorithms, scientific worldview, pedagogical technologies.

Статья поступила 19.04.2022