

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА**  
**Д 212.173.06, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО**  
**ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО**  
**УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ**  
**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ**  
**ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ**  
**ДОКТОРА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от «09» сентября 2022 г., протокол № 5

О присуждении Вагину Денису Владимировичу, гражданину РФ, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Методы и реализующее их программное обеспечение для решения трёхмерных прямых и обратных задач геоэлектродинамики, термоупругости и многофазной фильтрации» по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование численные методы и комплексы программ принята к защите «30» мая 2022 г., протокол № 13, диссертационным советом Д 212.173.06, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 630073, Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, создан на основании приказа № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Вагин Денис Владимирович 07.09.1985 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Разработка методов конечноэлементного моделирования трехмерных электромагнитных полей на неструктурированных сетках» защитил в 2012 году в диссертационном совете Д 212.173.06, созданном на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Новосибирский государственный технический университет», работает доцентом на кафедре прикладной математики в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре прикладной математики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук, Персова Марина Геннадьевна, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», заведующая научно-исследовательской лабораторией моделирования и обработки данных наукоемких технологий.

Официальные оппоненты:

1. Глинских Вячеслав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, чл.-корр. РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт

нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук», директор;

2. Куликов Виктор Александрович, доктор геолого-минералогических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», кафедра геофизических методов исследования земной коры, профессор кафедры;

3. Каледин Валерий Олегович, доктор технических наук, профессор, Кузбасский гуманитарно-педагогический институт Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный университет», научно-исследовательская лаборатория математического моделирования, заведующий лабораторией,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждения науки «Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук», г. Новосибирск, в своем положительном отзыве, подписанным Свешниковым Виктором Митрофановичем, д.ф.-м.н., главным научным сотрудником лаборатории вычислительной физики, утвержденным Пененко А.В., д.ф.-м.н., и.о. директора, указала, что

«Диссертационная работа Вагина Д.В. «Методы и реализующее их программное обеспечение для решения трёхмерных прямых и обратных задач геоэлектromагнетизма, термоупругости и многофазной фильтрации» представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для науки и практики. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы. Автореферат и опубликованные автором работы отражают основное содержание диссертации. Работа отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, и соответствует специальности 05.13.18 – Математическое моделирование численные методы и комплексы программ, так как содержит оригинальные результаты одновременно из трех областей:

#### 1. Математическое моделирование:

- предложен и разработан метод двойного выделения поля, основанный на коррекции ошибки решения трехмерной задачи с помощью задачи, геометрически и топологически близкой к исходной;
- предложена новая вычислительная схема расчета трехмерного электромагнитного поля с учетом эффектов вызванной поляризации;
- предложена оригинальная схема построения конечно-элементных аппроксимаций трехмерных задач и учета анизотропных свойств в сложных трехмерных конструкциях и средах;
- предложены новые, основанные на геометрической параметризации, методы трехмерной инверсии, позволяющие в задачах геоэлектromагнетизма выделять целевые объекты в условиях высокого влияния неоднородностей среды и различных помех, а в задачах многофазной фильтрации – получать адекватные цифровые модели нефтяным месторождений;

#### 2. Численные методы:

- предложен и реализован метод поиска и устранения «невяных перехлестов», позволяющих эффективно использовать сложные неконформные конечно-элементные

сетки из шестигранных и параллелепипедальных ячеек при решении задач геоэлектромагнетизма и многофазной фильтрации в сложных средах;

– предложены и разработаны вычислительные схемы для устойчивого расчета производных сигналов в приемниках поля по искомым физическим и геометрическим параметрам;

### 3. Комплексы программ:

– разработаны программные комплексы решения задач геоэлектромагнетизма, многофазной фильтрации и термоупругости, которые за счет предложенных методов управления данными и распараллеливания вычислений эффективно реализуют предложенные вычислительные схемы решения прямых и обратных задач.

Диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта специальности:

1. Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений;

3. Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий;

4. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента;

Автор работы Вагин Денис Владимирович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование численные методы и комплексы программ».

Соискатель имеет 55 опубликованных работ, из них по теме диссертации 55 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК – 12 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus – 14 работ, общий авторский вклад 7,43 п.л. В диссертации и опубликованных работах недостоверные сведения отсутствуют.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. A method of FE modeling multiphase compressible flow in hydrocarbon reservoirs / Y.G. Soloveichik, M.G. Persova, A.M. Grif, A.S. Ovchinnikova, I.I. Patrushev, D.V. Vagin, D.S. Kiselev // *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. – 2022. – Vol. 390. – Art. 114468. doi: 10.1016/j.cma.2021.114468. [Соискателем разработаны специальные методы построения трехмерных шестигранных сеток в околоскважинном пространстве и метод поиска и устранения неявных «перехлестов» при построении матрицы перехода от неконформного базиса к конформному.]
2. 3D Modeling of time-domain AEM fields with IP effect in complex media with topography / M.G. Persova, Y.G. Soloveichik, D.V. Vagin, A.P. Sivenkova, A.S. Kiselev, D.S. Kiselev, M.G. Tokareva // *Journal of Environmental and Engineering Geophysics*. – 2022. – Vol. 27 (1). – P. 23–32. – DOI: <https://doi.org/10.32389/JEEG21-027>. [Соискателем разработаны и реализованы вычислительные схемы моделирования полей вызванной поляризации во временной и частотной областях.]
3. Geometric 3-D inversion of airborne time-domain electromagnetic data with applications to kimberlite pipes prospecting in a complex medium / M.G. Persova, Y.G. Soloveichik, G.M. Trigubovich, D.V. Vagin, A.M. Grif, D.S. Kiselev, A.P. Sivenkova // *Journal of Applied Geophysics*. – 2022. – Vol. 200. – Art. 104611. doi: 10.1016/j.jappgeo.2022.104611. [Соискателем разработаны и реализованы вычислительные схемы решения трехмерных нестационарных задач.]

4. Структура и особенности программного комплекса для геофизических геометрических 3D-инверсий / Д.В. Вагин // Системы анализа и обработки данных. – 2021. – Т. 82, № 2. – С. 35–46.
5. Improving the computational efficiency of solving multisource 3-D airborne electromagnetic problems in complex geological media / M.G. Persova, Y.G. Soloveichik, D.V. Vagin, D.S. Kiselev, A.P. Sivenkova, A.M. Grif // Computational Geosciences. – 2021. – Vol. 25, iss. 6. – P. 1957–1981. doi: 10.1007/s10596-021-10095-6. [Соискателем разработаны и реализованы вычислительные схемы решения трехмерных нестационарных задач.]
6. The design of high-viscosity oil reservoir model based on the inverse problem solution / M.G. Persova, Y.G. Soloveichik, D.V. Vagin, A.M. Grif, D.S. Kiselev, I.I. Patrushev, A.V. Nasybullin, B.G. Ganiev // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2021. – Vol. 199. – Art. 108245. doi: 10.1016/j.petrol.2020.108245. [Соискателем разработаны и реализованы методы решения обратных задач на основе метода Гаусса-Ньютона с геометрической параметризацией восстанавливаемой среды и адаптивной регуляризации.]
7. Three-dimensional inversion of airborne data with applications for detecting elongated subvertical bodies overlapped by an inhomogeneous conductive layer with topography / M.G. Persova, Y.G. Soloveichik, D.V. Vagin, D.S. Kiselev, A.M. Grif, Y.I. Koshkina, A.P. Sivenkova // Geophysical Prospecting. – 2020. – Vol. 68, iss. 7. – P. 2217–2253. doi: 10.1111/1365-2478.12979. [Соискателем разработаны и реализованы методы решения обратных задач на основе метода Гаусса-Ньютона с геометрической параметризацией восстанавливаемой среды и адаптивной регуляризации, а также специальные методы решения прямых задач для расчета производных по искомым параметрам обратной задачи. Соискателем разработаны и реализованы вычислительные схемы решения трехмерных нестационарных задач со сложной геометрией геологических слоев среды.]
8. Finite element solution to 3-D airborne time-domain electromagnetic problems in complex geological media using non-conforming hexahedral meshes / M.G. Persova, Y.G. Soloveichik, D.V. Vagin, D.S. Kiselev, Y.I. Koshkina // Journal of Applied Geophysics. – 2020. – Vol. 172. – Art. 103911. doi: 10.1016/j.jappgeo.2019.103911. [Соискателем разработаны и реализованы вычислительные схемы решения трехмерных нестационарных задач.]
9. Finite-element solution to multidimensional multisource electromagnetic problems in the frequency domain using non-conforming meshes / Y.G. Soloveichik, M.G. Persova, P.A. Domnikov, Y.I. Koshkina, D.V. Vagin // Geophysical Journal International. – 2018. – Vol. 212, iss. 3. – P. 2159–2193. doi: 10.1093/gji/ggx530. [Соискателем разработан метод поиска и устранения неявных «перехлестов» при построении матрицы перехода от неконформного базиса к конформному. Соискателем разработаны процедуры выдачи сглаженных конечноэлементных полей в горизонтально-слоистых средах от различных источников.]
10. Исследование эквивалентности влияний переменной толщины и проводимости при трёхмерной обработке данных аэроэлектроразведки в сложных средах / Н.В. Кондратьев, Д.С. Киселев, Д.В. Вагин, М.Г. Персова, Ю.Г. Соловейчик // Научный вестник НГТУ. – 2018. – № 4 (73). – С. 59–78. [Соискателем разработаны и реализованы вычислительные схемы решения трехмерных нестационарных задач.]
11. Применение неконформных сеток с шестигранными ячейками для 3D-моделирования технологий аэроэлектроразведки / М.Г. Персова, Ю.Г. Соловейчик, Д.В. Вагин, Д.С. Киселев, Н.В. Кондратьев, Ю.И. Кошкина, О.С. Трубачева // Доклады Академии наук

- высшей школы Российской Федерации. – 2018. – № 1 (38). – С. 64–79. [Соискателем разработаны и реализованы вычислительные схемы решения трехмерных нестационарных задач.]
12. О параметризации геоэлектрической модели в задачах аэроэлектроразведки в средах с рельефом и слоями переменной толщины / Д.С. Киселев, Н.В. Кондратьев, Ю.И. Кошкина, Д.В. Вагин, М.Г. Персова, Ю.Г. Соловейчик // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2018. – № 4 (41). – С. 77–92. [Соискателем разработаны и реализованы вычислительные схемы решения трехмерных нестационарных задач со сложной геометрией геологических слоев среды.]
  13. Modeling of aerodynamic heat flux and thermoelastic behavior of nose caps of hypersonic vehicles / M.G. Persova, Y.G. Soloveichik, V.K. Belov, D.S. Kiselev, D.V. Vagin, P.A. Domnikov, I.I. Patrushev, D.N. Kurskiy // Acta Astronautica. – 2017. – Vol. 136. – P. 312–331. doi: 10.1016/j.actaastro.2017.02.021. [Соискателем разработаны конечноэлементные вычислительные схемы для решения задач термоупругости с анизотропными свойствами материалов конструкций.]
  14. 3D modeling of thermo-mechanical behavior of composite-made nose caps of hypersonic vehicles / Y.G. Soloveichik, M.G. Persova, D.V. Vagin, T.B. Epanchintseva, P.A. Domnikov, K.V. Dundukova, V.K. Belov // Applied Thermal Engineering. – 2016. – Vol. 99. – P. 1152–1164. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.01.159. [Соискателем разработаны конечноэлементные вычислительные схемы для решения задач термоупругости с анизотропными свойствами материалов конструкций.]
  15. Electromagnetic field analysis in the marine CSEM detection of homogeneous and inhomogeneous hydrocarbon 3D reservoirs / M.G. Persova, Y.G. Soloveichik, P.A. Domnikov, D.V. Vagin, Y.I. Koshkina // Journal of Applied Geophysics. – 2015. – Vol. 119. – P. 147–155. – doi: 10.1016/j.jappgeo.2015.05.019. [Соискателем разработан специальный метод поиска и устранения неявных «перехлестов» при построении матрицы перехода от неконформного базиса к конформному.]
  16. Математический аппарат и программное обеспечение конечноэлементного 3D-моделирования для сопровождения электромагнитных методов инженерной геофизики / Ю.Г. Соловейчик, М.Г. Персова, Д.В. Вагин, П.А. Домников, О.С. Трубачева // Инженерные изыскания. – 2015. – № 10-11. – С. 54–59. [Соискателем разработан специальный метод поиска и устранения неявных «перехлестов» при построении матрицы перехода от неконформного базиса к конформному.]
  17. Методы и алгоритмы конечноэлементного моделирования геоэлектромагнитных полей от произвольно ориентированных катушек / Персова М.Г., Ю.Г. Соловейчик, Д.В. Вагин, П.А. Домников, Ю.И. Кошкина // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2014. – № 1 (22). – С. 123–134. [Соискателем разработаны процедуры выдачи сглаженных конечноэлементных полей в горизонтально-слоистых средах от различных источников.]
  18. Исследование возможностей технологий морской электроразведки с использованием геоэлектромагнитных полей / М.Г. Персова, Ю.Г. Соловейчик, Д.В. Вагин, Ю.И. Кошкина // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2013. – № 1. – С. 109–118. [Соискателем разработан специальный метод поиска и устранения неявных «перехлестов» при построении матрицы перехода от неконформного базиса к конформному.]
  19. Метод расчёта нестационарного электромагнитного поля над изолированной короткозамкнутой петлей в проводящей среде / М.Г. Персова, Ю.Г. Соловейчик, Г.М.

Тригубович, Д.В. Вагин, П.А. Домников // Геофизика. – 2013. – № 4. – С. 10–15. [Соискателем разработан и реализован метод расчета поля над изолированной короткозамкнутой петлей в проводящей среде.]

На диссертацию и автореферат поступили 7 отзывов (все положительные):

1. Исаев Валерий Иванович, доктор геолого-минералогических наук, Томский политехнический университет, профессор Отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов; сделано два замечания: 1) Объемы переработки архивных материалов электроразведки не уступают объемам обработки данных современных съемок. Ретроспективные данные характеризуются сокращенным списком входных параметров и структурой, отличной от данных современных цифровых регистраторов. 2) На стр. 30 автореферата соискатель отмечает весьма важную и характерную деталь: «... для успешного определения местонахождения и свойств целевых объектов необходимо использовать различные методики в зависимости от решаемой задачи и технологии съемки».
2. Городилов Леонид Владимирович, доктор технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория моделирования импульсных систем, заведующий лабораторией; без замечаний.
3. Тригубович Георгий Михайлович, доктор технических наук, АО «ЕМ-РАЗВЕДКА», директор по геофизике.; сделано одно замечание: В качестве замечания, не снижающего ценность и значимость проведенных исследований и решений, можно отметить, что для решения обратных задач автором предлагается весьма широкий набор параметров, описывающих геологическую модель. Это, на сегодняшний момент, приводит к необходимости детальной доработки методики проведения полевых электромагнитных исследований, особенно в части вопросов разделения электромагнитных процессов и процессов индукционной вызванной поляризации.
4. Стишков Юрий Константинович, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», кафедра радиофизики, профессор кафедры; сделано одно замечание: В описании геометрической параметризации указано, что блочные структуры, используемые для подбора «сплошной» среды, характеризуются своей осью, а искомыми параметрами являются координаты границ между блоками и координаты границ между рядами блоков. При этом ничего не сказано о том на основе чего определяется направление этой оси и то, какие именно координаты границ по  $x$  и/или  $y$  будут параметрами, связанными с границами отдельных блоков, а какие будут параметрами, связанными с рядами блоков.
5. Долгаль Александр Сергеевич, доктор физико-математических наук, «Горный институт Уральского отделения Российской академии наук» - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», главный научный сотрудник; без замечаний.
6. Жакин Анатолий Иванович, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет», кафедра нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики, ведущий научный сотрудник, сделано одно замечание: Математическая модель для расчёта напряжённо-деформированного состояния (формула 17) описывает линейные деформации, что соответствует реальности только при

небольших нагрузках. В связи с этим не ясно, каким образом адекватно учитывались большие нагрузки при моделировании напряжённо-деформированного состояния обтекателя гиперзвукового летательного аппарата.

7. Давыденко Александр Юрьевич, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет», кафедра динамической геологии, профессор кафедры; сделано одно замечание: Верификация учета анизотропии автором проведена на основе сравнения результатов расчетов для моделей с анизотропными коэффициентами с эквивалентными моделями, содержащими тонкие изотропные слои, включая ситуации с негоризонтальными поверхностями слоев. Однако, каким образом и по каким критериям оценивалась эквивалентность моделей, в том числе с негоризонтальными поверхностями слоев, в автореферате не указано.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в области математического моделирования, разработки и применения вычислительных методов к решению практических задач и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

1. Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждения науки «Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук» много лет занимается методами вычислительной математики и решением задач математической геофизики.

2. Д.ф.-м.н., профессор, чл.-корр. РАН Глинских Вячеслав Николаевич известный специалист в области электромагнитных методов изучения земных недр и моделирования геоэлектромагнитных полей.

3. Д.г.-м.н., доцент Куликов Виктор Александрович известный специалист в области геофизических методов поиска полезных ископаемых и обработки электроразведочных данных.

4. Д.т.н., профессор Каледин Валерий Олегович признанный эксперт в области численных методов в динамике и прочности конструкций и в задачах разведочной геофизики.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

Разработаны высокоэффективные методы трехмерного моделирования геоэлектромагнитных полей от источников различных типов в областях с искривленными границами слоев и трехмерных аномалий.

Разработаны методы трехмерного моделирования напряженно-деформированного состояния конструкций из композитных материалов в задачах термоупругости.

Предложен способ учета анизотропных свойств среды при моделировании геоэлектромагнитных полей, процессов многофазной фильтрации и напряженно-деформированных состояний.

Разработаны новые вычислительные схемы решения трехмерных обратных задач с восстановлением физических и геометрических параметров при решении задач геоэлектромагнетизма и многофазной фильтрации.

Разработаны и реализованы проблемно-ориентированные программные комплексы для трехмерной обработки данных различных технологий электроразведки, построения цифровых моделей нефтяных месторождений, проектирования конструкций из современных, в том числе композитных материалов.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что** разработанные методы построения конечно-элементных дискретизаций на неструктурированных неконформных сетках для трехмерных задач со сложной

геометрией и анизотропными физическими свойствами могут служить основой для создания новых вычислительных схем моделирования различных физических процессов;

разработанные методы решения трехмерных обратных задач геоэлектromагнетизма и многофазной фильтрации, основанные на методе Гаусса-Ньютона, геометрической параметризации и адаптивной регуляризации, могут служить теоретической базой для развития технологий электроразведки и нефтедобычи, а также для дальнейшей разработки вычислительно эффективных методов решения обратных задач;

в результате численных исследований на модельных конструкциях были получены полезные для теории композитных материалов результаты.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что**

разработанные вычислительные схемы решения прямых и обратных задач геоэлектromагнетизма и многофазной фильтрации реализованы в программном комплексе, который применялся для обработки данных электромагнитных зондирований, полученных на площадях Восточной и Западной Сибири, в Казахстане и Северном море, а также данных, полученных на одном из нефтяных месторождений в республике Татарстан;

разработанные на основе геометрической параметризации вычислительные схемы решения обратных задач дают возможность выделять слабоконтрастные целевые структуры в сложных геологических средах, а также строить цифровые модели нефтяных месторождений, позволяющие делать на их основе достоверные прогнозы нефтедобычи;

разработанные методы решения трехмерных задач термоупругости открывают путь к более качественному проектированию конструкций из композитных материалов.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:** корректность разработанной вычислительной схемы метода двойного выделения поля подтверждена путем сравнения с решениями задач без выделения поля и с одноэтапным выделением поля, которые, в свою очередь, были верифицированы на одномерных моделях среды и сравнением с результатами 3D-моделирования, полученными другими авторами; корректность вычислительной схемы моделирования процессов индукционной вызванной поляризации во временной области подтверждена сравнением с результатами других авторов и сравнением с результатами, полученными с помощью вычислительной схемы в частотной области; верификация результатов расчетов для моделей с анизотропными коэффициентами была проведена путем сравнения с расчетами для эквивалентных моделей, содержащих тонкие изотропные слои, включая ситуации с не плоскопараллельными поверхностями слоев; вычислительная эффективность построенных численных схем подтверждена путём сравнения с известными схемами, а также представленными в научной литературе результатами решения соответствующих задач; адекватность и эффективность предложенных подходов к решению обратных задач геоэлектromагнетизма и многофазной фильтрации подтверждены результатами, полученными на большом объеме синтезированных и реальных данных; корректность вычислительных схем расчёта напряжённо-деформированного состояния анизотропных конструкций подтверждена сравнением с аналитическими решениями; выводы, сделанные по результатам моделирования термоупругого состояния конструкций из композитных материалов под экстремальными механическими и температурными нагрузками обоснованы сравнением результатов расчёта с данными эксперимента.

**Личный вклад соискателя состоит в:** разработке методов и вычислительных схем решения трехмерных обратных задач геоэлектromагнетизма и многофазной фильтрации, основанных на методе Гаусса-Ньютона, адаптивной регуляризации и геометрической

параметризации геологической среды; разработке вычислительной схемы двойного выделения для решения прямых задач электроразведки с существенно трехмерной геометрией геологических структур; разработке математической модели и вычислительной схемы расчета трехмерных электромагнитных полей с учетом индукционной вызванной поляризации во временной области; разработке вычислительных схем для расчета производных поля по искомым физическим и геометрическим параметрам обратной задачи; разработке вычислительных схем решения трехмерных задач термоупругости в элементах конструкций с анизотропными свойствами; разработке метода поиска и устранения неявных «перехлестов» при построении матрицы перехода от неконформного базиса к конформному для конечноэлементных неконформных сеток; реализации подсистемы решения прямых и обратных задач программного комплекса, предназначенного для трехмерной обработки данных различных технологий электроразведки и решения задач промышленной эксплуатации нефтяных месторождений.

В ходе защиты диссертации соискателю были заданы вопросы: о параметрах моделей рассматриваемых задач, об обработке практических данных, о погрешности разработанных методов, о дискретизации нестационарных задач, о других программных комплексах для решения рассматриваемых задач, об оценке информативности данных наблюдений, о используемых методах решения СЛАУ, о размерности решаемых задач.

Соискатель Вагин Д.В. аргументировано ответил на все заданные ему в ходе заседания вопросы.

На заседании 09 сентября 2022 г. диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные решения

в области разработки вычислительно эффективных методов трехмерного моделирования геоэлектромагнитных полей,

в области решения трехмерных многопараметрических обратных задач,

в области трехмерного моделирования напряженно-деформированного состояния трехмерных конструкций из композитов и

в области создания на основе разработанных методов проблемно-ориентированных программных комплексов,

внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, присудить Вагину Денису Владимировичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности 05.13.18, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, нет человек дополнительно введены на разовую защиту, проголосовали: за 17, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель  
диссертационного сов

Ученый секретарь  
диссертационного сов

Борис Юрьевич Лемешко

Андрей Владимирович Фаддеев

«09» сентября 2022 г.