

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Новикова Ивана Сергеевича на тему: «Исследование задачи оптимизации ресурсов и концентрации загрязнений в регионе от локальных источников», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности: 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Актуальность избранной темы. В диссертационной работе рассматривается модель, описывающая экологическую проблему, которая сформулирована в терминах класса обратных задач о локальных источниках при интегральном наблюдении, исследована разрешимость этого класса задач. Изучение любой обратной задачи является важным для науки, поскольку, во-первых, в ходе исследования устанавливаются свойства решения задачи (в частности, его существование, единственность, гладкость и т.д.), а во-вторых, опираясь на эти свойства, в дальнейшем можно сформулировать алгоритм решения прикладной задачи, связанной с рассматриваемым классом обратных задач.

Таким образом, избранная тема работы является актуальной. В диссертации Новикова Ивана Сергеевича разработан алгоритм и комплекс программ для решения вышеупомянутого класса обратных задач. Эти задачи включают в себя систему уравнений, являющуюся математической моделью распространения частиц примеси в регионе.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Все научные положения, выводы и рекомендации, о которых идет речь в работе, обоснованы, а утверждения строго математически доказаны. В частности, доказана теорема существования и единственности обобщенного решения

трехмерной нестационарной параболической задачи с неоднородными граничными условиями (- прямая задача), которая представляет собой математическую модель загрязнения окружающей среды. Далее, в работе показано, что любая задача из рассматриваемого класса обратных задач о локальных источниках и интегральном наблюдении является некорректной (в силу того, что даже в случае существования его решение не единственно). По этой причине вместо исходной задачи рассматривается корректная регуляризованная задача оптимального управления о локальных источниках при интегральном наблюдении. Решение регуляризованной задачи может рассматриваться как приближенное решение обратной задачи при малых положительных значениях параметрах регуляризации. Наконец, в диссертации предложен и строго обоснован алгоритм решения рассматриваемой задачи оптимизации.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. В работе исследован на разрешимость класс обратных задач о локальных источниках при интегральном наблюдении. Граничные условия в математической модели распространения загрязнений являются «математически корректными» в том смысле, что для трёхмерной параболической задачи удалось доказать теорему существования и единственности ее обобщенного решения без дополнительных ограничений на вектор скорости ветра (например, не предполагая, что он нулевой на границе). Такие ограничения, как правило, делаются при доказательстве теоремы существования и единственности решения подобных задач. Обоснован переход от рассмотрения исходного класса задач к семейству регуляризованных задач оптимального управления. Предложен алгоритм и строго обоснована возможность его применимости для решения рассматриваемого класса задач. Проведен ряд численных экспериментов по решению исследуемых задач, результаты которых демонстрируют эффективность разработанного

алгоритма, а также справедливость основных теоретических положений, приведенных в диссертации. Все научные результаты и выводы, о которых шла речь выше, являются новыми и достоверными.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов. Значимость диссертации для науки заключается в том, что в ней исследован класс обратных задач о локальных источниках при интегральном наблюдении в обобщенной вариационной постановке. В работе доказано, что любая задача из этого класса в точной постановке заведомо имеет неединственное решение и, следовательно, некорректная. Сформулирован и обоснован метод решения задачи в вариационной постановке, т.е. соответствующей задачи «оптимального управления», найдены явные формулы решения. Практическая значимость работы состоит в создании алгоритма оценки наиболее «опасных» локальных источников для «охраняемого» региона (в качестве которого в работе выступает Московский регион), а также в разработке методики оптимального распределения имеющихся ресурсов по регионам источников загрязнений, с целью оптимизации «средней» концентрации загрязнения (экономического ущерба) в Московском регионе.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Предложенный в диссертации подход к решению класса некорректно поставленных обратных задач позволяет численно решать задачи оптимизации концентрации загрязнения (или, экономического ущерба) в любом регионе с простой орографией и достаточно большой площадью локальных источников. Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы в МИФИ, МФТИ, МГУ, ИВМ РАН, ИПМ РАН, ИММ УрО РАН и других организациях, занимающихся теоретическим исследованием обратных задач, разработкой алгоритмов их

решения, а также в учреждениях, решающих проблемы загрязнения окружающей среды.

Оценка содержания диссертации, ее законченности. Обсудим кратко содержание рассматриваемой диссертации, включающей в себя введение, пять глав, заключение и список литературы.

Введение посвящено обсуждению актуальности выбранной темы диссертации, ее основных целей, научной новизны в работе, а также теоретической и практической ценности.

В первой главе приведен обзор литературы о методах исследования и решения задач с локальными источниками. Далее здесь введен класс обратных задач о локальных источниках при интегральном наблюдении в обобщенной вариационной постановке, который исследован на разрешимость. Доказано, что любая задача из этого класса некорректно поставленная, для их решения в работе выполнен переход к рассмотрению класса задач оптимального управления о локальных источниках при интегральном наблюдении, любая задача из которого корректно поставленная. Наконец, здесь приведен и обоснован алгоритм решения рассматриваемых задач, который используется в дальнейшем для решения модельных задач, близких к практике.

Во второй и третьей главах рассматриваются конкретные задачи, решения которых могут быть полезны на практике. В частности, во второй главе - это задача оптимизации «средней» концентрации загрязнения от локальных источников в регионе, а в третьей главе – две задачи оптимизации эколого-экономического ущерба (с учетом и без учета ресурсов, выделенных на ликвидацию источников загрязнений). Предложены и обоснованы алгоритмы решения этих задач (аналогичные алгоритму из первой главы).

Четвертая глава посвящена построению схемы дискретизации рассматриваемой параболической задачи, а также исследованию ее свойств (в частности доказано, что для предложенной схемы имеет место свойство

монотонности). Здесь также проведен тестовый численный эксперимент, который проиллюстрировал работоспособность и возможность применения построенной схемы для численного решения исследуемых практических задач.

В пятой главе описан комплекс программ, разработанный автором диссертации и применяемый для численного решения исследуемых в работе практических задач, а также приведены результаты численных экспериментов по решению задач оптимизации, описанных во второй и третьей главах диссертации. Эти результаты проиллюстрировали эффективность предложенных алгоритмов и основные теоретические положения исследуемых задач.

Заключение содержит основные выводы и результаты работы.

Диссертационная работа Новикова Ивана Сергеевича выполнена на достаточно высоком научном уровне и представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу. Она оформлена в соответствии с требованиями ВАК. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.18, а именно, следующим пунктам:

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.
5. Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента.
7. Разработка новых математических методов и алгоритмов интерпретации натурального эксперимента на основе его математической модели.

Замечания по диссертационной работе.

1. В тексте диссертационной работе имеется ряд опечаток и неточностей. Например, на странице 74 сказано, что ϕ_r^{p+1} - решение r -й задачи оптимизации (26)-(30), что не соответствует действительности, поскольку уравнение (26)-(27) – задача оптимизации, не учитывающая ресурсы, (28)-(29) – «вспомогательная» задача в исходной и обобщенной постановках, а (30) – соотношения сопряженности. По всей видимости, вместо (26)-(30) здесь следовало сделать ссылку на систему (92)-(96). Кроме того, на странице 137 в неравенстве (125) присутствует нигде не определенный символ Q_r .
2. В диссертации нет точной ссылки и не приведено доказательство теоремы существования и единственности решения «вспомогательной» задачи.
3. Из результатов работы не следует, выполняется ли принцип максимума для решения «вспомогательной» задачи. Вместо этого, введено лишь предположение о неотрицательности решения, которое является важным при построении алгоритма решения задачи, и доказана монотонность разностной схемы.

Подчеркнем, что перечисленные недостатки несколько не снижают общей высокой оценки работы и не влияют на ценность полученных результатов.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.
На основе сказанного выше, считаю, что рассматриваемая диссертационная работа является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение класса обратных задач о локальных источниках при интегральном наблюдении, имеющего важное значение для развития методов исследования и решения обратных задач, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата

физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а автор работы Новиков Иван Сергеевич заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Канд.ф.-м.н., доцент



Андрей Борисович Костин /

Кафедра Высшей математики,
ФГАОУ ВПО Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ»,
115409, г. Москва, Каширское ш., 31
Телефон: 8 (495) 788-56-99 доб. 9615
E-mail: abkostin@yandex.ru

Подпись Андрея Борисовича Костина заверяю:


Начальник отдела
по работе с НПр ДУП
Е.Ф. Хохлова /
01.05.2019