

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.045.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____.

решение диссертационного совета от 23.03.2016 № 29

о присуждении Новикову Ивану Сергеевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация «Исследование задачи оптимизации ресурсов и концентрации загрязнений в регионе от локальных источников» по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 12 января 2016 г, протокол № 1, диссертационным советом Д 002.045.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики Российской академии наук (ИВМ РАН), по адресу 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 8, приказ о создании диссертационного совета № 1074-в от 11 июля 2003 г.

Соискатель Новиков Иван Сергеевич 1990 года рождения, в 2013 году окончил Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

Соискатель в настоящий момент является аспирантом третьего года обучения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте вычислительной математики Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук профессор **Агошков Валерий Иванович**, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительной математики Российской академии наук.

Официальные оппоненты

доктор физико-математических наук **Булдаев Александр Сергеевич**, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Бурятский государственный университет", директор Научно-образовательного и инновационного центра системных исследований и автоматизации;

кандидат физико-математических наук **Костин Андрей Борисович**, доцент кафедры Высшей математики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт математики и механики имени Н.Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук (ИММ УрО РАН), г. Екатеринбург, в своем положительном заключении, подписанном **Максимовым Вячеславом Ивановичем**, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим отделом дифференциальных уравнений ИММ УрО РАН, указала, что работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а её автор Новиков Иван Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ по теме диссертации:

- [1] Novikov I.S. Problem of minimization of pollution concentration related to fires in Moscow region // Russ. J. Numer. Anal. Math. Modelling. 2013. Vol. 28, No. 1, pp. 13-35.
- [2] Новиков И.С. Решение задачи оптимизации экономического ущерба от загрязнения окружающей среды локальными источниками // Сиб. журн. вычисл. математики РАН. Сибирское отделение. Новосибирск, 2015. Т.18, No. 4. С. 407-424.
- [3] Новиков И.С. Алгоритмы решения задачи оптимизации экономического ущерба от загрязнения окружающей среды с учетом ресурсов на устранение локальных источников // Вычислительные технологии, 2015. Т.20, No. 4. С. 56-82.
- [4] Агошков В.И., Новиков И.С. Решение задачи оптимизации концентрации загрязнений с ограничениями на интенсивность источников // Журнал вычислительной математики и математической физики, 2016. Т.56, No. 1. С. 29-46.
- [5] Агошков В.И., Новиков И.С. Задача минимизации концентрации загрязнений от пожаров в регионе // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: Сб. научн. тр. Вып. 26, том 2, НАН Украины, МГИ, ИГН, ОФ ИнБЮМ, Севастополь, 2012. С. 321-338.
- [6] Агошков В.И., Асеев Н.А., Новиков И.С. Методы исследования и решения задач о локальных источниках при локальных или интегральных наблюдениях. М.: ИВМ РАН, 1-е изд., 2012. 151 с.
- [7] Агошков В.И., Асеев Н.А., Новиков И.С. Методы исследования и решения задач о локальных источниках при локальных или интегральных наблюдениях. М.: ИВМ РАН, 2-е изд., 2015. 174 с.
- [8] Новиков И.С., Агошков В.И. Об одной задаче о локальных источниках и локальных наблюдениях. Томск: Избранные труды Международной молодежной школы и конференции CITIES-2011, 2011, С. 40-43.

[9] Новиков И.С., Агошков В.И. Задача минимизации концентрации загрязнений от пожаров в Московском регионе // Труды 55-й научной конференции МФТИ, 2012. С. 165.

[10] Новиков И.С., Агошков В.И. Исследование и решение задачи минимизации концентрации загрязнений в Московском регионе с ограничениями на интенсивность источников // Труды 56-й научной конференции МФТИ, 2013. С. 135.

[11] Новиков И.С., Агошков В.И. Исследование и численное решение задачи минимизации экономического ущерба от локальных источников // Сб. тез. конф. «Ломоносовские чтения 2014», Москва, 2014. С. 45.

[12] Новиков И.С. Алгоритм решения задачи оптимизации экономического ущерба от загрязнения в регионе с учетом ресурсов на устранение локальных источников // Дифференциальные уравнения и математическое моделирование: Тезисы докладов / Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2015. С. 212-213,

в том числе 4 работы [1–4] опубликованы в рецензируемых научных изданиях. В работах [1, 5, 9], совместно с Агошковым В.И., разработан и обоснован алгоритм решения задачи минимизации концентрации загрязнений, позволяющий вычислять «управления» (закономерности, по которым необходимо устранять источники загрязнений для решения задачи) в явном виде, а не итерационно, как во множестве работ по оптимальному управлению. Алгоритм основан на методах теории оптимального управления и сопряженных уравнений, а также на методе «двойственного» представления функционала невязки. В работах [2, 3, 11, 12] сформулированы и исследованы на разрешимость задачи оптимизации экономического ущерба от локальных источников в регионе. В одной постановке рассматриваются обратные задачи с несколькими группами локальных источников, «стартующими» в различные моменты времени, и каждая группа источников наносит отдельный экономический ущерб «охраняемому» (Московскому) региону, которые затем суммируются и образуют суммарный экономический ущерб. В другой постановке предполагается, что все локальные источники начинают загрязнять

атмосферу в стартовый момент времени, однако здесь дополнительно вводится условие, в которое входит количество ресурсов, выделенных на устранение источников загрязнений. То есть в этой постановке предполагается, что количество ресурсов на ликвидацию локальных источников, ограничено. В цитируемых работах предложены алгоритмы решения этих задач с «апостериорно заданными» ограничениями на «управления» источниками загрязнений. В работах [4, 10], совместно с Агошковым В.И., разработан и обоснован метод решения задачи оптимизации «средней» концентрации загрязнений с ограничениями на «управления» локальными источниками. Предложенный метод гарантирует, что ни из одного локального источника ни в один момент времени нельзя устранить больше загрязнения, чем может распространиться (то есть, что выполняется «условие физичности»). Наконец, в работах [6–8], совместно с Агошковым В.И. и Асеевым Н.А., сформулированы и теоретически исследованы задачи оптимального управления о локальных источниках при локальных или интегральных наблюдениях, ставшие основой при постановке и исследовании задач оптимизации «средней» концентрации загрязнения и экономического ущерба в диссертации.

На автореферат поступил один отзыв.

Положительный отзыв от Щеглова Алексея Юрьевича, доцента, кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.07 (МГУ им. М.В. Ломоносова, факультет вычислительной математики и кибернетики, кафедра математической физики). В частности, в отзыве говорится: «В работе И.С. Новикова предложены и обоснованы алгоритмы решения исследуемого класса задач, найдены формулы вычисления ряда «управляющих параметров» в явном аналитическом виде. Наличие формальных представлений для «управлений» позволяет ввести ограничения на них апостериорно, а не в исходной математической постановке, как это сделано в ряде работ по оптимальному управлению. ... Кроме того, поскольку известны условия аналитического вида на управляющие параметры, которые доставляют функционалу глобальный минимум, то в качестве результата исследования можно сразу представить численную реализацию математической модели распространения загрязнений с

известными «управлениями», не решая при этом численно задачу минимизации квадратичного функционала. Все вышеперечисленные особенности определяют научную новизну диссертационной работы». В качестве замечания отмечено, что «в тексте не затронута проблема выбора параметра регуляризации и его согласования с исходными данными в части погрешности их задания, что представляет обычно интерес в теории регуляризации обратных задач».

Отмечаем, что этот отзыв не может быть прикреплен к делу и официально учтен, поскольку он пришел позднее, чем за 10 дней до защиты, что не соответствует правилам ВАК.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тематикой исследований, проведенных в диссертации. **Булдаев Александр Сергеевич** является крупным специалистом по математическому моделированию и оптимизации управляемых систем, а **Костин Андрей Борисович** – по дифференциальным уравнениям и обратным задачам. Тематика диссертации соответствует профилю ведущей организации (ИММ УрО РАН).

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований **введен** класс задач оптимального управления о локальных источниках при интегральном наблюдении, на основе которого сформулированы задачи оптимизации «средней» концентрации загрязнений и экономического ущерба. **Разработаны и обоснованы** алгоритмы решения поставленных задач, позволяющие вычислять «управления» в явном виде. **Предложен** оригинальный метод ввода ограничений на «управления» путем апостериорного наложения неравенств специального вида на «управления» в ходе построения алгоритма решения задачи. **Реализация** предложенных алгоритмов в виде комплекса программ и результаты численных экспериментов по решению исследуемых задач **доказала** возможность использования идей, предложенных в работе, для выявления наиболее экологически «опасных» источников загрязнений для «охраняемого» региона. Кроме того, методы работы могут применяться для принятия мер по распределению имеющихся ресурсов по зонам локализации источников с целью оптимизации

концентрации загрязнений (экономического ущерба) в регионе, представляющем интерес.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что в работе **сформулирован** класс обратных задач о локальных источниках при интегральном наблюдении (в качестве которого может выступать как «средняя» концентрация загрязнений, так и экономический ущерб). **Доказана** теорема существования и единственности решения трехмерной нестационарной параболической задачи с неоднородными граничными условиями (прямая задача в обобщенной постановке), которая представляет собой математическую модель загрязнения окружающей среды. Уравнения прямой задачи входят в постановку обратных задач. Кроме того, в работе показано, что любая задача из рассматриваемого класса обратных задач является некорректной. По этой причине в работе выполнен переход от исходного класса задач к корректным регуляризованным задачам оптимального управления, в которых минимизируется квадратичный функционал «стоимости». В диссертации разработаны и строго обоснованы алгоритмы решения этих задач, в частности **доказано**, что «управления», вычисляемые по аналитической формуле, доставляют глобальный минимум квадратичному функционалу «стоимости», причем этот минимум достигается. **Проведена модернизация** метода «двойственного» представления функционала невязки, предложенного Г.И. Марчуком и А.Е. Алоянном для линейного функционала. В диссертации данная методология успешно применена для квадратичного функционала, и, тем самым, **раскрыта** возможность ее использования для получения формулы расчета «управлений» в аналитическом виде. Наконец, в диссертации **доказана** теорема, гарантирующая выполнение условий «физичности» решения исследуемых задач (фактически, теорема об ограничениях на «управления»).

Значение полученных соискателем результатов исследования для **практики** подтверждается тем, что **создан** комплекс программ, который позволяет рассчитать, в каких зонах рассматриваемого региона необходимо удалять локальные источники в первую очередь, а также оценить величину «средней» концентрации загрязнения (экономического ущерба), до которой

возможно уменьшить первоначальную концентрацию (ущерб). Теоретическую основу комплекса программ составляют **разработанные** в диссертации алгоритмы. Кроме того, в работе **представлены** рекомендации по использованию результатов работы. В частности, полученные теоретические результаты и созданный комплекс программ могут быть основой для исследования и численного решения задачи управления риском загрязнений региона локальными источниками. Так, используя методы данной работы, можно исследовать и численно решать задачи оптимизации концентрации загрязнений или экономического ущерба не только в Московском регионе, но и в любом регионе с простой орографией и достаточно большой площадью лесов или торфяников (например, в регионе Западной Сибири).

Оценка достоверности результатов исследования. Достоверность научных положений работы обосновывается их строгим математическим доказательством. Кроме того, результаты ряда численных экспериментов по решению рассматриваемых задач оптимизации иллюстрируют справедливость теоретических положений, описанных в диссертации, а также эффективность алгоритмов решения рассматриваемых задач. Так, результаты расчетов проиллюстрировали, что «желаемая», заранее заданная величина «средней» концентрации загрязнения (экономического ущерба), достигается. Кроме того, «управления», вычисляемые по аналитической формуле, действительно доставляют глобальный минимум функционалу «стоимости».

Личный вклад соискателя. Диссертационное исследование является самостоятельным законченным трудом соискателя. Исследование и разработка алгоритмов решения класса задач о локальных источниках при интегральном наблюдении (без учета физических свойств рассматриваемого класса задач), а также задачи оптимизации «средней» концентрации загрязнения в регионе от локальных источников осуществлены соискателем совместно с соавторами работ, в которых они опубликованы, вклад соавторов равновелик. Исследование и разработка алгоритмов решения задачи оптимизации экономического ущерба с учетом и без учета ресурсов, выделенных на ликвидацию источников загрязнений, а также создание комплекса программ

для численного решения рассматриваемого в диссертации класса задач, проведены соискателем лично.

На заседании **23 марта 2016 г.** диссертационный совет принял решение присудить **Новикову И.С.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.13.18– «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 19, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета

член-корреспондент РАН



Тыртышников Евгений Евгеньевич

Ученый секретарь диссертационного совета

доктор физ.–мат. наук



Бочаров Геннадий Алексеевич

23.03.2016 г.

