

РГП «Институт математики и математического моделирования» КН МОН РК



**НАИМЕНОВАНИЕ
ПРОЕКТА
РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТА**

«Трехмерное математическое моделирование процессов обработки металлов лазерным лучом и связанные обратные задачи для параболического уравнения»

д.ф.-м.н., профессор, академик НАН РК
Отелбаев Мухтарбай Отелбаевич

ГОДЫ ПРОЕКТА

2018 - 2020

**СУММА
ФИНАНСИРОВАНИЯ**

30 млн. тенге:

2018 – 10 млн. тенге, 2019 – 10 млн. тенге, 2020 – 10 млн. тенге

**РЕФЕРАТ (АБСТРАКТ)
ПРОЕКТА**

Проект представляет трехмерное математическое и численное моделирование процессов теплопроводности, в рамках этой модели тепло, генерируемое лазерным лучом, может быть трактовано как результат наличия поверхностного источника тепла. Точнее говоря, рассматривается проблема определения интенсивности $m(t)$ и траектории $\omega(t)$ лазерного луча, соответствующих наперед заданному распределению температуры $\mu(x) := u(x, T)$ в финальном времени $t = T$, из уравнения теплопроводности $\rho(x)c(x) u_t - \nabla(k(x)\nabla u) = m(t)\delta_\gamma(x - \omega(t))$.

Так как у обратной задачи может не быть единственного решения, для решения этой обратной задачи определения источника предложен подход, использующий метод наименьших квадратов с Тихоновской регуляризацией.

Для вывода соответствующей сопряженной задачи, а затем и градиента целевого функционала применяется метод сопряженных задач. Формула градиента затем будет использована в методе сопряженных градиентов, примененной к обратной задаче. Чтобы минимизировать уровень вычислительного шума, мы стремимся использовать метод конечных элементов (FEM) с квадратичными треугольниками Лагранжа для численного решения прямой и соответствующей сопряженной задачи.

**ОЖИДАЕМЫЕ
РЕЗУЛЬТАТЫ**

Исследования в рамках проекта будут проводиться в три этапа. На первом этапе будет установлена математическая основа сформулированной обратной задачи источника. На основе теории слабых решений уравнений с частными производными и метода конечных элементов будут составлены дискретные модели прямой и сопряженной задач. На втором этапе мы сосредоточимся на численных алгоритмах для обратной задачи источника. На последнем этапе пакет программ будет применен к конкретным инженерным задачам с реальными данными. Все основные результаты, полученные в ходе реализации проекта, будут опубликованы в открытой научной печати, в том числе в журналах, входящих в БД Web of Science.

ЦЕЛЬ ПРОЕКТА

Целью проекта является разработка трехмерной математической модели процесса обработки металлов лазерным излучением, изучение соответствующей обратной задачи, конструирование вычислительных алгоритмов и пакетов программ для решения конкретных прикладных задач.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

Проект представляет трехмерное математическое и численное моделирование процессов теплопроводности, в рамках этой модели тепло, генерируемое лазерным лучом, может быть трактовано как результат наличия поверхностного источника тепла.

В предлагаемом проекте одно из центральных мест отведено формулировке и изучению корректности новых нелокальных краевых задач трехмерного уравнения теплопроводности. На основе полученных результатов будут сформулированы и исследованы новые нестационарные задачи с нелокальными краевыми условиями по пространственным переменным. Результаты будут распространены и на обратные задачи.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Обратные задачи, лазерная обработка металлов, дифференциальный оператор, уравнение теплопроводности, градиент целевого функционала

ЧЛЕНЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ГРУППЫ

№	Фамилия И.О.	Должность	Researcher ID
1	Отелбаев М.О.	Рук. проекта	
2	Кошанов Б.Д.	ГНС 0,5 ст.	
3	Тулесов Б.И.	НС 0,25 ст.	
4	Жусупова Д.С.	НС 0,25 ст.	
5	Балдыбек Ж.А.	НС 0,25 ст.	
6	Шамбасов М.	МНС 0,25 ст.	

КОЛИЧЕСТВО ПУБЛИКАЦИЙ ПО ПРОЕКТУ

По результатам исследований с начала 2018 года опубликовано 12 научных статей, в том числе:

-  **2 статьи** (Article) в международных рейтинговых журналах, входящих в БД **Web of Science** Clarivate Analytics и БД **Scopus** с импакт-фактором;
-  **3 статьи** в международном рейтинговом журнале (входящем в БД Web of Science Clarivate Analytics, Emerging Sources Citation Index) без импакт-фактора;
-  **1 статья** (Proceedings Paper) в журнале, входящем в БД Web of Science Clarivate Analytics и БД Scopus;
-  **6 статей** в казахстанских журналах, рекомендованном ККСОН МОН РК.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ПРОЕКТУ

2 статьи в международных рейтинговых журналах (входящих в БД Web of Science Clarivate Analytics и/или БД Scopus) с импакт-фактором:

- 1 Otelbaev M., Sultanaev Y.T., Zhusupova D.S. Criterion for the Boundedness and Compactness of a Class of Sets in $L[0, \infty)$ // Differential Equations. 2019. - Т. 55, №9. - С. 1301-1304 (Web of Science IF=0,677, Квартиль Q3 в категории Mathematics; Scopus SJR 0.46, процентиль 48 в категории General Mathematics).
- 2 Kozhanov, A.I., Koshanov, B., Sultangazieva, J. New boundary value problems for fourth-order quasi-hyperbolic equations // Siberian Electronic Mathematical Reports. – 2019. – Т. 16. - С. 1410-1436. (WoS; Scopus SJR=0.35, Процентиль 32 в категории General Mathematics).

3 статьи в международном рейтинговом журнале (входящем в БД Web of Science Clarivate Analytics, Emerging Sources Citation Index) без импакт-фактора:

- 1 Koshanov B.D., Soldatov A.P. On the Solvability of the Boundary Value Problems for the Elliptic Equation of High Order on a Plane// Bulletin of the Karaganda University. Mathematics series. - 2018. – V. 91, No 3. - P. 24-31.
- 2 Kozhanov A.I., Koshanov B.D., Sultangazieva Zh.B., Emir Kady oglu A.N., Smatova G.D. The spectral problem for nonclassical differential equations of the sixth order // Bulletin of the Karaganda University, series Mathematics, 97:1 (2020), 79-86.
- 3 B.D. Koshanov, G.D. Koshanova, G.E. Azimkhan, R.U. Segizbayeva Solvability of boundary value problems with non-local conditions for multidimensional hyperbolic equations // Bulletin of the NAS of the Republic of Kazakhstan, Series of Physics and Mathematics, 2:330 (2020), 103-111.

1 статья (Proceedings Paper) в журнале, входящем в БД Web of Science Clarivate Analytics и БД Scopus (SJR=0.19, Процентиль 15 в категории General Physics and Astronomy)

- 1 Koshanov B.D., Soldatov A.P. About the Generalized Dirichlet -- Neumann Problem for an Elliptic Equation of High Order // AIP Conference Proceedings. – 2018. - 1997, 020013.

6 статей в журналах, рекомендованных ККСОН МОН РК:

- 1 Тулеуов Б.И., Оспанова А.Б. Библиотеки для научных вычислений и их применение // Сборник тезисов Республиканской научно-практической конференции “Современные проблемы математического и компьютерного моделирования в условиях развития цифровой индустрии Казахстана” 3-5 мая 2018. - Астана. - С. 71.
- 2 Кошанов Б.Д. О разрешимости краевых задач с нормальными производными для эллиптического уравнения высокого порядка на плоскости // Изв МКТУ им. Х.А.Ясави, Сер мат, физ, инф. Спец Вып, Т.1. - №1(4), 2018. - С. 62-66.
- 3 Кошанов Б.Д., Адил Н. Краевые задачи с нормальными производными для эллиптического уравнения четвертого порядка на плоскости // Изв МКТУ им. Х.А.Ясави, Сер мат, физ, инф. Спец Вып. - 2018. - Т. 2, No. 4, - С.113-117.
- 4 Кошанов Б.Д., Кунтуарова А.Д. Об индексе обобщенной задачи Неймана // Научные ведомости БелГУ, 2019. - №11 (154), Выпуск 32. - С. 44-53.
- 5 Кошанов Б.Д., Болатбекулы М., Аман А. Краевые задачи для эллиптического уравнения четвертого порядка на плоскости // Международный научный журнал Поиск, серия естественных и технических наук. – 2019. - №1 (1). - С. 254-260.

6 Kozhanov A.I., Koshanov B.D., Smatova G.D. On correct boundary value problems for nonclassical sixth order differential equations // Kazakh Mathematical Journal– 20:1 (2020). - Т.16, №1(58). - С. 6-17. <http://kmj.math.kz/>

ДАТА ОБНОВЛЕНИЯ
ИНФОРМАЦИИ

21 июля 2020 года