

**УТВЕРЖДАЮ:**

**Проректор Московского государственного  
университета имени М.В. Ломоносова,  
доктор физико-математических наук,  
профессор**

**Федягин А.А.**

**« 21 » 12 2020 г.**



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

**Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»  
механико-математический факультет  
кафедра вычислительной математики**

Диссертация «Методика построения экстремалей Понтрягина в задачах сквозной траекторной оптимизации межпланетных перелётов с учётом планетоцентрических участков» выполнена на кафедре вычислительной математики механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. В период подготовки диссертации соискатель Самохин Александр Сергеевич был с 2010 года аспирантом, затем по настоящее время с 2012 года ассистентом кафедры вычислительной математики механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Также Самохин Александр Сергеевич по совместительству выполняет в качестве научного сотрудника с 2018 года научно-исследовательскую деятельность в лаборатории № 38 «Управление по неполным данным» Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, с 2015 года по настоящее время по совместительству преподаёт в Институте космических технологий Инженерной академии РУДН, с ноября 2020 года работает по совместительству научным сотрудником в НИИ «Инновационных финансовых инструментов и технологий» Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. Также с 2015 года по 2017 год Самохин Александр Сергеевич по совместительству работал ведущим специалистом департамента баллистического проектирования космических систем в ЗАО НТА «КосмоЭкспорт», с 2016 года по 2017 год по совместительству преподавал на факультете компьютерных наук НИУ ВШЭ. В 2013 году окончил аспирантуру механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2018 году Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова. Научный руководитель: кандидат физико-математических наук Григорьев Илья Сергеевич.

## **ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА заседания кафедры вычислительной механико-математического факультета**

**Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова**

**от «18» декабря 2020 года**

### **ПРИСУТСТВОВАЛИ:**

заведующий кафедрой, д.ф.-м.н., проф. Г.М. Кобельков, зам. зав. каф., д.ф.-м.н., проф. РАН А.А. Корнев, уч. секр., к.ф.-м.н., доц. В.Д. Валединский, д.ф.-м.н., проф. К.Ю. Богачёв, д.ф.-м.н., проф. М.И. Кумсков, д.ф.-м.н., в.н.с., Алимов А.Р., к.ф.-м.н., доц. И.О. Арушанян, к.ф.-м.н., доц. В.М. Староверов, к.ф.-м.н., доц. И.С. Григорьев, к.ф.-м.н., доц. А.В. Попов, к.ф.-м.н., доц. А.В. Друца, к.ф.-м.н., асс. М.А. Ложников.

## **СЛУШАЛИ:**

доклад Самохина Александра Сергеевича по диссертации на тему «Методика построения экстремалей Понтрягина в задачах сквозной траекторной оптимизации межпланетных перелётов с учётом планетоцентрических участков», представляемой к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика» в диссертационный совет Д 002.024.01 при Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Диссертационная работа Самохина А.С. «Методика построения экстремалей Понтрягина в задачах сквозной траекторной оптимизации межпланетных перелётов с учётом планетоцентрических участков» соответствует специальности 01.02.01 – «Теоретическая механика» и удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК к диссертационным работам, выдвигаемым на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук. Представленная диссертация является самостоятельно выполненной, законченной научно-исследовательской работой, посвящённой решению актуальных задач в области разработки методов решения задач космодинамики.

## **Основные результаты работы состоят в следующем:**

1. Исследуется трёхмерная космодинамическая задача сквозной оптимизации траектории межпланетного перелёта космического аппарата с единым функционалом, подробным рассмотрением планетоцентрических участков без использования грависфер нулевой протяжённости.
2. Предложена методика решения многоэкстремальных задач оптимизации траекторий межпланетных перелётов с возвратом к Земле, с учётом эфемерид, с жёсткой фазировкой, ограниченной комбинированной большой и малой кусочно-непрерывной тягой, включающая решение серии вспомогательных задач в упрощённой постановке и продолжение решения по параметру.
3. Разработаны численные методы решения краевых задач принципа максимума, возникающих при управлении совокупностью динамических систем, с учётом эффекта потери точности и перестройки структуры траектории при изменении количества активных участков во время продолжения решения по параметру.
4. Для построения начального приближения для параметров пристрелки метода стрельбы, необходимого для поиска области нахождения глобально оптимального решения, а также для получения значения сопряжённых переменных, требующихся для сходимости модифицированного метода Ньютона, разработана методика, основанная на оптимизации комбинаций задач Ламберта прямыми методами.
5. На основе предложенных методик и численных методов реализован программный комплекс на языке С, учитывающий эфемериды, численно решены 9-точечные краевые задачи 70-го порядка. Построены конкретные экстремали в трёх различных вариантах экспедиции космического аппарата к Марсу и его спутнику Фобосу.
6. На основе анализа построенных экстремалей Понтрягина оценен выигрыш от использования малой тяги при доставке образцов грунта с Фобоса, позволяющий судить о целесообразности оснащения космического аппарата таким двигателем, произведено сравнение различных схем экспедиции.

Диссертационная работа написана на высоком научном уровне. Результаты, изложенные в работе, получены автором самостоятельно, являются новыми и представляют научный интерес.

## **Основные результаты, полученные в диссертации, опубликованы в следующих работах:**

**Публикации в рецензируемых журналах (из действующего Перечня ВАК):**

1. Заплетин М.П., Григорьев И.С., Самохин А.С., Самохина М.А. Оптимизация экспедиции к Фобосу с комбинированной тягой с возвращением к Земле // Инженерный журнал: наука и инновации, 2017, № 7, 24 с. Doi: 10.18698/2308-6033-2017-7.
2. Самохин А.С. Оптимизация экспедиции к Фобосу при управлении импульсами с использованием решения задач Ламберта и учетом притяжения Земли и Марса // Вестник Московского университета. Серия 1: Математика. Механика, 2014, № 2, с. 62-66. (перевод) Samokhin A.S. Optimization of expedition to Phobos using the impulse control and solution to Lambert problems taking into account attraction of the Earth and Mars // Moscow University Mathematics Bulletin, 2014, V. 69, № 2, pp. 84-87. Doi: 10.3103/S0027132214020089. (Scopus, WoS)

**Публикации, индексируемые в информационно-аналитических системах научного цитирования Web of Science, Scopus:**

3. Samokhin Alexander S., Samokhina Marina A., Grigoriev Ilia S., Zapletin Maxim P. The optimization of interplanetary flight to Phobos with a jet engine of combined low and high limited thrust // Advances in the Astronautical sciences, 2020, Vol. 170, pp. 213-227.
4. Samokhin Alexander, Samokhina Marina. Construction of a three-pulse approach to Phobos trajectories with access to the Mars Hill sphere based on the solution of a series of Lambert's problems // 27th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems (ICINS), IEEE, 2020, pp. 1-3. Doi: 10.23919/icins43215.2020.9133816.
5. Marina Samokhina, Alexander Samokhin, Maxim Zapletin, Ilia Grigoriev. Method of optimal trajectories design for a spacecraft with a jet engine of a large limited thrust in problems with the phasing condition // Advances in the Astronautical sciences, 2018, Vol. 161, pp. 711-730.
6. Samokhin Alexander, Samokhina Marina, Zapletin Maxim, Grigoriev Ilia. Optimal interplanetary spacecraft flights design with many-revolution braking maneuver by a low thrust jet engine // Advances in the Astronautical sciences, 2018, Vol. 161, pp. 587-606.
7. Samokhin A.S., Samokhina M.A. Verification of the second-order optimality conditions in the modeling of the SC expedition with the returning to the Earth based on two Lambert's problems solving // Advances in the Astronautical sciences, 2018, Vol. 161, pp. 843-862.

**Статьи в научных сборниках и периодических научных изданиях:**

8. Самохин А.С., Самохина М.А. Задача оптимизации межпланетного перелёта к Марсу с трёхимпульсным подлётом к Фобосу на основе принципа Лагранжа // Конференция «Управление в аэрокосмических системах» (УАКС-2020) им. академика РАН Е.А. Микрина. Сборник трудов, 2020, с. 62-64. (РИНЦ)
9. Самохин А.С., Самохина М.А. Построение траекторий трехимпульсного подлета к Фобосу с выходом на сферу Хилла Марса на основе решения серии задач Ламберта // XXVII Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам. Сборник материалов, издательство "Концерн "Центральный научно-исследовательский институт "Электроприбор", Санкт-Петербург, 2020, с. 127-129. (РИНЦ)
10. Samokhin A.S., Samokhina M.A. Optimization of interplanetary flight to Phobos on the basis of maximum principle // Оптимальное управление и дифференциальные игры. Материалы Международной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения Льва Семеновича Понtryagina, Москва, 12–14 декабря 2018 г., МАКС Пресс, 2018, с. 249-251. Doi: 10.4213/proc23042. (РИНЦ)

11. Самохин А.С., Самохина М.А., Мамонтов Е.К., Голикова Г.Н., Горбунов Д.А. Построение оптимальных траекторий экспедиций с возвращением к Земле КА с комбинированной тягой // «Орбита молодёжи» и перспективы развития российской космонавтики. Всероссийская молодёжная научно-практическая конференция, Издательство ТПУ Томск, 2017, с. 43-44. (РИНЦ)
12. Григорьев И.С., Заплетин М.П., Самохин А.С., Самохина М.А. Оценка возможного выигрыша по массе при использовании двигателей малой тяги в экспедиции к Марсу // Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики: сборник трудов (Казань, 20-24 августа 2015 г.), Издательство Казанского (Приволжского) федерального университета, Казань, 2015, том 20, с. 1063-1065. (РИНЦ)

**Публикации в материалах научных мероприятий:**

13. Заплетин М.П., Григорьев И.С., Самохин А.С., Самохина М.А. Методика построения начального приближения при оптимизации трехимпульсного подлёта к планете на основе принципа максимума Л.С. Понtryгина // Ломоносовские чтения 2020. Секция механики. Тезисы докладов, Издательство Московского университета, Москва, 2020, с. 94-95.
14. Григорьев И.С., Заплетин М.П., Самохин А.С., Самохина М.А. О построении оптимальных траекторий для космического аппарата с реактивным двигателем большой ограниченной тяги в задачах с фазировкой // Материалы 55-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Часть 1, изд-во Эйдос, г. Калуга, 2020, с. 253-255. (РИНЦ)
15. Самохин А.С. Обоснование необходимости использования двигателей малой тяги при перелётах к Фобосу для строительства и снабжения обитаемой базы // Ломоносовские чтения 2020. Секция механики. Тезисы докладов, Издательство Московского университета, Москва, 2020, с. 183-184.
16. Самохин А.С., Самохина М.А., Григорьев И.С., Заплетин М.П. Численная оптимизация трёхимпульсного подлёта к Фобосу с выходом на сферу Хилла Марса на основе решения серии задач Ламберта // Математика. Компьютер. Образование. XXVII международная конференция, изд-во: Автономная некоммерческая организация Ижевский институт компьютерных исследований, 2020, том 27, с. 176-176.
17. Григорьев И.С., Заплетин М.П., Самохин А.С., Самохина М.А. Методика построения экстремалей Понtryгина в задачах с комбинированной тягой // XLIII Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королева и других выдающихся отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства, издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 2019, том 1, с. 135-136. (РИНЦ)
18. Григорьев И.С., Заплетин М.П., Самохин А.С., Самохина М.А. Методика построения начального приближения в задачах оптимального управления движением КА с ограниченной кусочно-непрерывной комбинированной тягой и фазировкой // Ломоносовские чтения – 2018. Секция механики, Изд-во МГУ, Москва, 2018, с. 68-69.
19. Панфилов Д.Н., Самохин А.С. Оптимизация перелёта космического аппарата к Луне на основе принципа максимума Л.С. Понtryгина // Ломоносовские чтения – 2018. Секция механики, Изд-во МГУ, Москва, 2018, с. 163-163.
20. Мамонтов Е.К., Самохин А.С. Численное решение задачи оптимизации траектории перелёта космического аппарата с использованием пакета SPICE // Ломоносовские чтения – 2018. Секция механики, Изд-во МГУ, Москва, 2018, с. 139-140.
21. Самохин А.С., Самохина М.А. Методика построения оптимальных траекторий с ограниченной тягой в задачах с фазировкой // Ломоносовские чтения – 2017. Секция механики, Изд-во МГУ,

Москва, 2017, с. 178-179.

22. Самохин А.С. Оптимизация перелёта к Фобосу с комбинированной ограниченной большой и малой тягой // Ломоносовские чтения – 2017. Секция механики, Изд-во МГУ, Москва, 2017, с. 177-178.
23. Мамонтов Е.К., Самохин А.С., Самохина М.А. Оптимизация траектории перелёта к астероиду с использованием эфемерид в импульсной постановке без учёта притяжения Земли // Гагаринские чтения – 2017: XLII Международная молодёжная научная конференция: Сборник тезисов докладов, изд-во: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, 2017, с. 1060-1061. (РИНЦ)
24. Заплетин М.П., Мамонтов Е.К., Самохин А.С., Самохина М.А. Оптимизация траектории перелёта космического аппарата к астероиду с использованием эфемерид в импульсной постановке // Материалы 52-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского, Изд-во АКФ «Полигон», Калуга, 2017, с. 183-184. (РИНЦ)
25. Григорьев И.С., Заплетин М.П., Самохин А.С., Самохина М.А. Оптимизация экспедиции к Фобосу с возвращением к Земле с комбинированной тягой // XLI Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королева и других выдающихся отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства, изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017, с. 319-319. (РИНЦ)
26. Голикова Г.Н., Горбунов Д.А., Григорьев И.С., Самохин А.С., Самохина М.А. Построение траекторий перелётов космического аппарата между орбитами на основе решения задач Ламберта // Материалы 52-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского, Изд-во АКФ «Полигон», Калуга, 2017, с. 202-203. (РИНЦ)
27. Голикова Г.Н., Горбунов Д.А., Самохин А.С. Численная оптимизация пространственных перелётов космического аппарата на основе решения задач Ламберта // Материалы международного молодежного научного форума «Ломоносов - 2017», изд-во МАКС Пресс, 2017, Москва, 1 с.
28. Григорьев И.С., Заплетин М.П., Самохин А.С., Самохина М.А. Об учете возмущения траектории КА солнечным ветром при численных расчетах межпланетного движения // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 18-27 апреля 2016 г., Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова, издательство МГУ, 2016, с. 68-68.
29. Григорьев И.С., Заплетин М.П., Самохин А.С., Самохина М.А. Об учете неинерциальности гелиоцентрической системы координат при расчете движения КА на ЭВМ с использованием эфемерид // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 18-27 апреля 2016 г., Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова. Секция механики, издательство МГУ, Москва, 2016, с. 68-69.
30. Самохин А.С., Григорьев И.С., Заплетин М.П. Об оптимизации посадки на Фобос со сферы Хилла Марса // Актуальные проблемы российской космонавтики. Материалы XXXIX академических чтений по космонавтике, г. Москва, 27-30 января 2015, изд-во: Комиссия РАН, 2015, с. 91-91. (РИНЦ)
31. Григорьев И.С., Заплетин М.П., Самохин А.С., Самохина М.А. Оценка возможного выигрыша по массе при использовании двигателей малой тяги в экспедиции к Марсу // XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики: сборник трудов (Казань, 20-24 августа 2015 г.), Издательство Казанского (Приволжского) федерального университета, Казань, том 20, 2015, с. 84-84.
32. Самохин А.С., Григорьев И.С. Об оптимизации возврата КА с Фобоса без учёта притяжения

Земли // Тезисы докладов секции "Механика" научной конференции "Ломоносовские чтения". 14 апреля 2014, г. Москва, МГУ, Издательство Московского университета, Механико-математический факультет, НИИ механики МГУ, 2014, с. 60-60.

33. Самохин А.С. Оптимизация перелёта космического аппарата с большой тягой от Фобоса к Земле // Математика. Компьютер. Образование: Сборник научных тезисов, выпуск 21, Дубна, изд-во: Межрегиональная общественная организация "Женщины в Науке и Образовании", 2014, том 1, с. 159-159.
34. Самохин А.С., Григорьев И.С., Заплетин М.П. Оптимизация полета к Фобосу с малой тягой в 2020-2030 гг // Актуальные проблемы российской космонавтики: Труды XXXVIII Академических чтений по космонавтике. Москва, январь 2014 г, изд-во: Комиссия РАН по разработке научного наследия пионеров освоения космического пространства, Москва, 2014, с. 388-388. (РИНЦ)
35. Самохина М.А., Самохин А.С. Оптимизация экспедиций к кометам посредством решения задач Ламберта с учётом притяжения Земли по методике точечных сфер действия // Тезисы докладов секции "Механика" научной конференции "Ломоносовские чтения" (14 апреля 2014, г. Москва, МГУ), Издательство Московского университета, Механико-математический факультет, НИИ механики МГУ, г. Москва, 2014, с. 126-126.

#### Доклады на конференциях:

1. Заплетин М.П., Григорьев И.С., Самохин А.С., Самохина М.А. Методика построения начального приближения при оптимизации трёхимпульсного подлёта к планете на основе принципа максимума Л.С. Понtryгина. Ломоносовские чтения 2020. Секция механики, Москва, Россия, 19-31 октября 2020. (Устный)
2. Самохин А.С. Обоснование необходимости использования двигателей малой тяги при перелётах к Фобосу для строительства и снабжения обитаемой базы. Ломоносовские чтения 2020. Секция механики, Москва, Россия, 19-31 октября 2020. (Устный)
3. Самохин А.С., Самохина М.А. Задача оптимизации межпланетного перелёта к Марсу с трёхимпульсным подлётом к Фобосу на основе принципа Лагранжа. Управление в аэрокосмических системах (УАКС-2020) имени академика Е.А. Микрина, АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», г. Санкт-Петербург, Россия, 6-8 октября 2020. (Устный)
4. Григорьев И.С., Заплетин М.П., Самохин А.С., Самохина М.А. О построении оптимальных траекторий для космического аппарата с реактивным двигателем большой ограниченной тяги в задачах с фазировкой. 55-е научные чтения памяти К.Э. Циолковского, г. Калуга, Россия, 15-17 сентября 2020. (Устный)
5. Samokhin A., Samokhina M. Construction of a three-pulse approach to Phobos trajectories with access to the Mars Hill sphere based on the solution of a series of Lambert's problems. 27th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, г. Санкт-Петербург, Россия, 25 мая - 5 июня 2020. (Устный)
6. Самохин А.С., Самохина М.А. Построение траекторий трёхимпульсного подлёта к Фобосу с выходом на сферу Хилла Марса на основе решения серии задач Ламберта. XXVII Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам, г. Санкт-Петербург, Россия, 25 мая - 5 июня 2020. (Устный)
7. Самохин А.С., Самохина М.А. Построение траекторий трёхимпульсного подлёта к Фобосу с выходом на сферу Хилла Марса на основе решения серии задач Ламберта. XXII конференция молодых учёных «Навигация и управление движением», г. Санкт-Петербург, Россия, 17-20 марта 2020. (Устный) (**доклад признан лучшим на секции**).

8. Самохин А.С., Самохина М.А., Григорьев И.С., Заплетин М.П. Численная оптимизация трёхимпульсного подлёта к Фобосу с выходом на сферу Хилла Марса на основе решения серии задач Ламберта. Двадцать седьмая международная конференция «Математика. Компьютер. Образование», Дубна, Московская обл., Россия, 27 января - 1 февраля 2020. (Стендовый)
9. Самохин А.С., Самохина М.А., Григорьев И.С., Заплетин М.П. Численная оптимизация трёхимпульсного подлёта к Фобосу с выходом на сферу Хилла Марса на основе решения серии задач Ламберта. Двадцать седьмая международная конференция «Математика. Компьютер. Образование», Дубна, Московская обл., Россия, 27 января - 1 февраля 2020. (Устный)
10. Григорьев И.С., Заплетин М.П., Самохин А.С., Самохина М.А. Об оптимизации трёхимпульсной посадки на Фобос на основе принципа Лагранжа. 54-е Научные чтения памяти К.Э. Циолковского, Калуга, Россия, 17-19 сентября 2019. (Устный)
11. Заплетин М.П., Григорьев И.С., Самохин А.С., Самохина М.А. Optimization of the expedition to Mars with three-pulse landing to Phobos on the basis of Lagrange principle. 2nd IAA SciTech2019 Forum, РУДН, Москва, Россия, 25-27 июня 2019. (Устный)
12. Самохин А.С., Заплетин М.П., Григорьев И.С., Самохина М.А. Оптимизация экспедиции к Марсу с трёхимпульсной посадкой на Фобос на основе принципа Лагранжа «Ломоносовские чтения - 2019». Секция «Механика», Москва, МГУ, Россия, 15-25 апреля 2019. (Устный)
13. Григорьев И.С., Заплетин М.П., Самохин А.С., Самохина М.А. Методика построения экстремалей Понtryagina в задачах с комбинированной тягой XLIII академические чтения по космонавтике посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых - пионеров освоения космического пространства, Москва; МГТУ им. Н.Э. Баумана, Россия, 29 января - 1 февраля 2019. (Устный)
14. Samokhin A.S., Samokhina M.A. Interplanetary flight to Phobos optimization on the basis of maximum principle. International Conference "Optimal Control and Differential Games" dedicated to the 110th anniversary of L. S. Pontryagin, Москва, Россия, 12-14 декабря 2018. (Устный)
15. Samokhina M.A., Ilia Grigoriev, Samokhin A.S., Zapletin M.P. The optimization of interplanetary flight to Phobos with a jet engine of combined low and high limited thrust. IAA SciTech Forum 2018, Москва, РУДН, Россия, 13-15 ноября 2018. (Устный)
16. Григорьев И.С., Самохина М.А., Заплетин М.П., Самохин А.С. Методика построения начального приближения в задачах оптимального управления движением КА с ограниченной кусочно-непрерывной комбинированной тягой и фазировкой. Ломоносовские чтения - 2018, МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия, 16-25 апреля 2018. (Устный)
17. Самохин А.С., Панфилов Д.Н. Оптимизация перелёта космического аппарата к Луне на основе принципа максимума Л.С. Понtryagina. Ломоносовские чтения - 2018, МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия, 16-25 апреля 2018. (Устный)
18. Мамонтов Е.К., Самохин А.С. Численное решение задачи оптимизации траектории перелёта космического аппарата с использованием пакета SPICE. Ломоносовские чтения - 2018, МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия, 16-25 апреля 2018. (Устный)
19. Заплетин М.П., Мамонтов Е.К., Самохин А.С., Самохина М.А. Оптимизация траектории перелёта космического аппарата к астероиду с использованием эфемерид в импульсной постановке. 52-е Научные чтения памяти К.Э. Циолковского, Калуга. Администрация Калужской области., Россия, 19-22 сентября 2017. (Устный)
20. Голикова Г.Н., Горбунов Д.А., Григорьев И.С., Самохин А.С., Самохина М.А. Построение траекторий перелётов космического аппарата между орбитами на основе решения задач Ламберта. 52-е Научные чтения памяти К.Э. Циолковского, Калуга. Администрация Калужской области., Россия, 19-22 сентября 2017. (Устный)

21. Самохин А.С., Самохина М.А., Мамонтов Е.К., Голикова Г.Н., Горбунов Д.А. Построение оптимальных траекторий экспедиций с возвращением к Земле КА с комбинированной тягой. «Орбита молодежи» и перспективы развития российской космонавтики. III-я Всероссийская молодежная научно-практическая конференция, Томск, Россия, 18-23 сентября 2017. (Устный) (*работа вышла в финал конкурса*)
22. Marina Samokhina, Ilia Grigoriev, Maxim Zapletin, Alexander Samokhin. Method of optimal trajectories design for a spacecraft with a jet engine of a large limited thrust in problems with the phasing condition. 3rd IAA Conference on Dynamics and Control of Space Systems (DYCOSS 2017), Moscow, RUDN University, Russia, 30 мая - 1 июня 2017. (Устный)
23. Alexander Samokhin, Ilia Grigoriev, Maxim Zapletin, Marina Samokhina. Optimal interplanetary spacecraft flights design with many-revolution braking maneuver by a low thrust jet engine. 3rd IAA Conference on Dynamics and Control of Space Systems (DYCOSS 2017), Moscow, RUDN University, Russia, 30 мая - 1 июня 2017. (Устный)
24. Alexander Samokhin, Marina Samokhina. Verification of the second-order optimality conditions in the modeling of the SC expedition with the returning to the Earth based on two Lambert's problems solving. 3rd IAA Conference on Dynamics and Control of Space Systems (DYCOSS 2017), Moscow, RUDN University, Russia, 30 мая - 1 июня 2017. (Устный)
25. Самохин А.С., Голикова Г.Н., Горбунов Д.А. Численная оптимизация пространственных перелётов космического аппарата на основе решения задач Ламберта. XXIV Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов – 2017", МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, 20 апреля 2017. (Устный)
26. Самохин А.С., Самохина М.А. Методика построения оптимальных траекторий с ограниченной тягой в задачах с фазировкой. Ломоносовские чтения - 2017, МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, 17-26 апреля 2017. (Устный)
27. Самохин А.С. Оптимизация перелёта к Фобосу с комбинированной ограниченной большой и малой тягой. Ломоносовские чтения - 2017, МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, 17-26 апреля 2017. (Устный)
28. Григорьев И.С., Самохина М.А., Самохин А.С., Заплетин М.П. Построение оптимальных межпланетных перелётов с многовитковым торможением малой тягой. Ломоносовские чтения - 2017, МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, 17-26 апреля 2017. (Устный)
29. Самохин А.С. Численное решение 9-точечной краевой задачи принципа максимума 70-го порядка при моделировании межпланетной экспедиции. Ломоносовские чтения - 2017, МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, 17-26 апреля 2017. (Устный)
30. Мамонтов Е.К., Самохина М.А., Самохин А.С. Оптимизация траектории перелёта к астероиду с использованием эфемерид в импульсной постановке без учёта притяжения Земли. XLIII Международная молодёжная научная конференция "Гагаринские чтения 2017", г. Москва, МАИ (НИУ), Россия, 5-20 апреля 2017. (Устный)
31. Григорьев И.С., Самохина М.А., Самохин А.С., Заплетин М.П. Оптимизация экспедиции к Фобосу с возвращением к Земле с комбинированной тягой. XLI Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королева и других выдающихся отечественных ученых - пионеров освоения космического пространства, Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Россия, 24-27 января 2017. (Устный)
32. Заплетин М.П., Самохина М.А., Самохин А.С., Григорьев И.С. Об учёте возмущения траектории КА солнечным ветром при численных расчетах межпланетного движения. Ломоносовские чтения - 2016, МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия, 18-27 апреля 2016. (Устный)
33. Григорьев И.С., Самохина М.А., Самохин А.С., Заплетин М.П. Об учёте неинерциальности

гелиоцентрической системы координат при расчёте движения КА на ЭВМ с использованием эфемерид. Ломоносовские чтения - 2016, МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия, 18-27 апреля 2016. (Устный)

34. Григорьев И.С., Заплетин М.П., Самохин А.С., Самохина М.А. Оценка возможного выигрыша по массе при использовании двигателей малой тяги в экспедиции к Марсу. XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики, Казань, Россия, 20-24 августа 2015. (Устный)
35. Самохин А.С., Заплетин М.П., Григорьев И.С. Об оптимизации посадки на Фобос со сферы Хилла Марса. Актуальные проблемы космонавтики: XXXIX академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королева и других выдающихся отечественных ученых-пионеров освоения космического пространства, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Россия, 27-30 января 2015. (Устный)
36. Самохин А.С., Григорьев И.С. Об оптимизации возврата КА с Фобоса без учёта притяжения Земли. Ломоносовские чтения - 2014. Секция механики, МГУ, Москва, Россия, 14-23 апреля 2014. (Устный)
37. Самохин А.С. Оптимизация перелёта космического аппарата с большой тягой от Фобоса к Земле. XXI Международная конференция «Математика. Компьютер. Образование», Дубна, Объединенный институт ядерных исследований, 3-8 февраля 2014. (Стендовый)
38. Самохин А.С., Заплетин М.П., Григорьев И.С. Оптимизация полета к Фобосу с малой тягой в 2020-2030 гг. XXXVIII Академические чтения по космонавтике, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия, 27-30 января 2014. (Устный)
39. Григорьев И.С., Самохин А.С., Заплетин М.П. Оптимизация полета к Фобосу с идеально регулируемой тягой. Ломоносовские чтения - 2013. Секция механики, Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, 15-19 апреля 2013. (Устный)
40. Самохин А.С. Оптимизация экспедиции к Марсу при управлении импульсными воздействиями с использованием решения задач Ламберта и учётом притяжения Земли и Марса. Международная молодежная научная конференция XXXIX Гагаринские чтения, Москва, МАТИ-РГТУ, Россия, 9-13 апреля 2013. (Устный) *(доклад признан лучшим на секции)*
41. Самохин А.С. Оптимизация полёта к Фобосу в импульсной постановке Международный молодежный научный форум «Ломоносов-2013», Москва, Россия, 8-13 апреля 2013. (Устный)
42. Самохин А.С., Григорьев И.С. Оптимизация траекторий перелета между круговыми орбитами Земли и Марса. Ломоносовские чтения - 2012. Секция механики, Москва, НИИ механики МГУ, Россия, 2012. (Устный)
43. Григорьев И.С., Самохин А.С. Полёт к Марсу с многовитковым торможением в конце Ломоносовские чтения - 2011. Секция математики, Москва, МГУ, механико-математический факультет, Россия, 7-15 апреля 2011. (Устный)
44. Григорьев И.С., Самохин А.С. Оптимизация перелёта космического аппарата между орбитами искусственного спутника Земли и искусственного спутника Марса. XLV Научные чтения памяти К.Э. Циолковского, г. Калуга, Россия, 14-16 сентября 2010. (Устный)

#### **Патенты, свидетельства о регистрации:**

1. Самохин А.С., Самохина М.А. Решение задачи Коши многомерным методом Рунге-Кутты, основанным на расчётных формулах Дормана-Принса 8(7), с автоматическим выбором шага. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020611811, 11.02.2020. Заявка № 2020610774 от 30.01.2020.
2. Самохина М.А., Самохин А.С. Решение системы линейных уравнений методом Гаусса с

движением по матрице при помощи указателей, выбором главного элемента и повторным пересчётом. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020612092, 14.02.2020. Заявка № 2020610796 от 30.01.2020.

3. Самохин А.С., Самохина М.А. Вычисление координат и скоростей космического аппарата по известным начальным данным при кеплеровском невозмущённом движении. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020612093, 14.02.2020. Заявка № 2020610797 от 30.01.2020.
4. Самохин А.С. Построение траектории межпланетного перелёта космического аппарата с переходом между различными системами координат на основе данных решения краевой задачи. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020614266, 27.03.2020. Заявка № 2020610776 от 30.01.2020.

#### **Доклады на научных семинарах:**

- 1) Спецсеминар «Прикладные задачи оптимального управления и численные методы их решения» под руководством доц. И.С. Григорьева, М.П. Заплетина, мехмат МГУ им. М.В. Ломоносова (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020).
- 2) Семинар им. В.А. Егорова по механике космического полета под руководством проф. В.В. Сazonова, доц. М.П. Заплетина, мехмат МГУ им. М.В. Ломоносова (2010, 2013, 2017).
- 3) Семинар имени В.В. Белецкого по динамике относительного движения под руководством проф. Ю.Ф. Голубева, проф. В.Е. Павловского, доц. К.Е. Якимовой, доц. Е.В. Мелкумовой, мехмат МГУ им. М.В. Ломоносова (2013).
- 4) Научный семинар «Аналитическая механика и теория устойчивости имени В.В. Румянцева», под руководством проф. А.В. Карапетяна, доц. А.А. Зобовой, мехмат МГУ им. М.В. Ломоносова (2013).
- 5) Научный семинар кафедры вычислительной математики под руководством проф. Г.М. Кобелькова, мехмат МГУ им. М.В. Ломоносова (2011, 2017).
- 6) Научный семинар «Управление по неполным данным» под руководством чл.-корр. РАН, проф. А.А. Галляева, 38-я лаборатория ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН, (июнь, ноябрь 2020).

#### **На основании предложенных методик разработан учебный курс:**

- Методы расчета межпланетных перелетов космических аппаратов, читаются в Институте космических технологий Инженерной Академии РУДН с 1 сентября 2018 (лекции, семинары, практические занятия).

Все вышеперечисленные работы соответствуют теме диссертации и полностью отражают её содержание, сама работа соответствует требованиям, установленным пунктом 14 Положения о порядке присуждения учёных степеней. Работа подготовлена по специальности 01.02.01 «Теоретическая механика», отрасль науки – физико-математические науки.

**Общий вывод:** Теоретическая и практическая ценность полученных результатов дают основание кафедре вычислительной математики механико-математического факультета МГУ рекомендовать принять работу Самохина А.С. «Методика построения экстремалей Понтрягина в задачах сквозной траекторной оптимизации межпланетных перелётов с учётом планетоцентрических участков» к защите на диссертационном совете Д 002.024.01 при Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук в качестве диссертации на соискание учёной степени кандидата физико-

математических наук по специальности 01.02.01 «Теоретическая механика».

Заключение принято на заседании кафедры вычислительной математики механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Присутствовало на заседании 12 человек. Результаты голосования: за — 12 человек, против — 0 человек, воздержалось — 0 человек, протокол от «18» декабря 2020 года.

Заведующий кафедрой  
вычислительной математики,  
д.ф.-м.н., профессор

18.12.2020  
(дата)

*Kobelykov*  
(подпись)

Кобельков Г.М.

*Заместитель декана  
механико-математического  
факультета  
д. ф.- м. н., профессор*

23.12.2020

*Ivanov*  
*A.O.*