

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Усовика Игоря Вячеславовича на тему «**Разработка методов и алгоритмов моделирования потоков космического мусора и метеороидов для решения прикладных задач ограничения техногенного засорения околоземного космического пространства**», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Диссертационная работа И. В. Усовика посвящена задачам моделирования и анализа потоков микрообъектов в околоземном пространстве. В работе рассмотрены методы моделирования объектов естественного происхождения с характерными размерами от  $>0,01$  до  $>0,25$  см. При этом автор учитывает влияние гравитационного эффекта не только на модуль, но и на направление скорости движения объектов относительно Земли, что позволяет более точно оценивать скорость объектов относительно космического аппарата, и, следовательно, более аккуратно анализировать риски потенциального столкновения объектов с аппаратом. В следующей части работы рассмотрены методы моделирования космического мусора – объектов искусственного происхождения, возникших в результате использования космического пространства. Расчёт характеристик потока космического мусора автор основывает на статистических распределениях орбитальных параметров. Важным практическим результатом работы являются методы расчёта рисков столкновения объектов с космическим аппаратом на той или иной орбите, а также методов выявления наиболее безопасных орбит с точки зрения указанных рисков. Наконец, автор решает задачу прогнозирования техногенного засорения околоземного космического пространства при различных сценариях реализации мер снижения скорости образования космического мусора и его активного удаления.

По автореферату можно высказать несколько вопросов и замечаний:

1. Оценка плотности потоков метеороидов основывается на предположении, что все направления их подлета к грависфере Земли являются равновероятными. В то же время, кажется достаточно естественным, что метеороиды, двигающиеся относительно Солнца по орбитам с большим эксцентриситетом должны создавать несколько более плотны «набегающий» поток с направления, в котором движется Земля относительно Солнца, и несколько менее плотный с противоположного направления. Также кажется достаточно естественным, что плотность метеороидов в направлениях, близких к эклиптике, должна быть несколько выше, чем в перпендикулярных направлениях. Было бы целесообразно указать в автореферате дать оценку или привести обоснование указанного предположения.
2. На 13-й странице автореферата по всей видимости допущена опечатка, искажающая смысл написанного. Во фразе «При дальнейшем уменьшении размеров техногенные частицы становятся основным источником загрязнения

ОТДЕЛ КОРРЕКЦИИ И  
КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ  
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«25» 09 20 24 г.

околоземного пространства» вместо слова «уменьшении», следует читать «увеличении».

3. В описании четвертой главы в автореферате следовало бы уделить больше внимания полученным практическим результатам, поскольку многие из этих результатов только упоминаются в автореферате.

В целом работа выполнена на высоком научном уровне. Автореферат диссертации достаточно полно раскрывает её научную и практическую ценность. Указанные выше замечания не снижают общей, положительной оценки представленной работы. Диссертационная работа соответствует критериям, изложенным в пунктах 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации № 8422 от 24.09.2013, а её автор Усовик Игорь Вячеславович заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Выражаю согласие на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя и их дальнейшую обработку.

Доктор физико-математических наук  
(специальность 01.02.01 – теоретическая механика), доцент,  
директор института робототехники и компьютерного зрения,  
АНО ВО «Университет Иннополис»



Малолетов Александр Васильевич

17.09.2024

Автономная некоммерческая организация высшего образования «Университет Иннополис»

Адрес: 420500, г. Иннополис ул. Университетская, д. 1.

тел.: +7-999-162-02-74

e-mail: a.maloletov@innopolis.ru

Подпись Малолетова Александра Васильевича заверяю:  
Директор по развитию и кадровой политике  
АНО ВО «Университет Иннополис»



Валиев Р.Ф.