

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

2024 • 1



ҚАЙЫРЫМДЫЛЫҚ ҚОРЫ
HALYK
CHARITY FOUNDATION

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»
ЧФ «ХАЛЫҚ»

REPORTS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
«Halyk» Private Foundation

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK



ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халык». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халык» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халык» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в *Astana IT University*, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «*USTEM Robotics*» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халык» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «*Almaty Digital Ustaz*».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и Wos и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,
Благотворительный Фонд «Халык»!**

БАС РЕДАКТОР:

БЕНБЕРИН Валерий Васильевич, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Президенті Іс Басқармасы Медициналық орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 11

РЕДАКЦИЈАЛЫҚ АЛҚА:

РАМАЗАНОВ Тілекқабил Сәбитұлы, (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 26

РАМАНҚҰЛОВ Ерлан Мирхайдарұлы, (бас редактордың орынбасары), профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Ph.D биохимия және молекулалық генетика саласы бойынша Ұлттық биотехнология орталығының бас директоры (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 23

САНГ-СУ Квак, Ph.D (биохимия, агрохимия), профессор, Корей биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея), Н = 34

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Еуразия ұлттық университеті. Л.Н. Гумилев (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 12

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны онтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), Н = 14

ЛЮКШИН Вячеслав Нотанович, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «PERSONA» халықаралық клиникалық репродуктология орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 8

СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич, биология ғылымдарының докторы, профессор, Чуваш республикасының еңбек сіңірген ғылым қайраткері, «Чуваш мемлекеттік аграрлық университеті» Федералдық мемлекеттік бюджеттік жоғары білім беру мекемесі Акушерлік және терапия кафедрасының меңгерушісі, (Чебоксары, Ресей), Н = 23

ФАРУК Асана Дар, Хамдар аль-Маджида Хамдар университетінің шығыс медицина факультеті, Шығыс медицинасы колледжінің профессоры, (Карачи, Пәкістан), Н = 21

ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович, медицина ғылымдарының докторы, Монтана штаты университетінің профессоры (Монтана, АҚШ), Н = 27

КАЛАНДРА Пьетро, Ph.D (физика), нанокұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), Н = 26

МАЛЫМ Анна, фармацевтика ғылымдарының докторы, профессор, Люблин медицина университетінің фармацевтика факультетінің деканы (Люблин, Польша), Н = 22

БАЙМҰҚАНОВ Дастан Асылбекұлы, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі, "Мал шаруашылығы және ветеринария ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС мал шаруашылығы және ветеринарлық медицина департаментінің бас ғылыми қызметкері (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 1

ТИГИНИЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), Н = 42

КАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәліұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 7

БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 10

QUEVEDO Nemando, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), Н = 28

ЖУСНОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 7

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), Н = 5

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 5

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 10

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 12

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № КЗ93VPY00025418 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *өсімдік шаруашылығы, экология және медицина саласындағы биотехнология және физика ғылымдары.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28; 219 бөл.; тел.: 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

БЕНБЕРИН Валерий Васильевич, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), Н = 11

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 26

РАМАНКУЛОВ Ерлан Мирхайдарвич, (заместитель главного редактора), профессор, член-корреспондент НАН РК, Ph.D в области биохимии и молекулярной генетики, Генеральный директор Национального центра биотехнологии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 23

САНГ-СУ Квак, доктор философии (Ph.D, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), Н = 34

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендерович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Нур-Султан, Казахстан), Н = 12

АБНЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), Н = 14

ЛЮКШИН Вячеслав Нотанович, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного клинического центра репродуктологии «PERSONA» (Алматы, Казахстан), Н = 8

СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Чувашской Республики, заведующий кафедрой морфологии, акушерства и терапии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет» (Чебоксары, Чувашская Республика, Россия), Н = 23

ФАРУК Асана Дар, профессор Колледжа восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет восточной медицины Университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), Н = 21

ЦЕПЕТКИН Игорь Александрович, доктор медицинских наук, профессор Университета штата Монтана (США), Н = 27

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), Н = 26

МАЛЪМ Анна, доктор фармацевтических наук, профессор, декан фармацевтического факультета Люблинского медицинского университета (Люблин, Польша), Н = 22

БАЙМУКАНОВ Дастанбек Асылбекович, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент НАН РК, главный научный сотрудник Департамента животноводства и ветеринарии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 1

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), Н = 42

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 7

БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 10

QUEVEDO Hemando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), Н = 28

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 7

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), Н = 5

ТАКИБАЕВ Нургали Жаббаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 5

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстано-Британский технический университет (Алматы, Казахстан), Н = 10

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 12

Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы). Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № **KZ93VPY00025418**, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *биотехнология в области растениеводства, экологии, медицины и физические науки.*

Периодичность: 4 раз в год. Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28; ком. 219; тел. 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

EDITOR IN CHIEF:

BENBERIN Valery Vasilievich, Doctor of Medicine, Professor, Academician of NAS RK, Director of the Medical Center of the Presidential Property Management Department of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan), H = 11

EDITORIAL BOARD:

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 26

RAMANKULOV Erlan Mirkhaidarovich, (Deputy Editor-in-Chief), Professor, Corresponding Member of NAS RK, Ph.D in the field of biochemistry and molecular genetics, General Director of the National Center for Biotechnology (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 23

SANG-SOO Kwak, PhD in Biochemistry, Agrochemistry, Professor, Chief Researcher, Plant Engineering Systems Research Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), H = 34

BERSIMBAEV Rakhmetkazhi Iskendirovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 12

ABIYEV Rufat, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia), H = 14

LOKSHIN Vyacheslav Notanovich, Professor, Academician of NAS RK, Director of the PERSONA International Clinical Center for Reproductology (Almaty, Kazakhstan), H = 8

SEMENOV Vladimir Grigorievich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Chuvash Republic, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University (Cheboksary, Chuvash Republic, Russia), H = 23

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid College of Oriental Medicine. Faculty of Oriental Medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan), H = 21

TSHEPETKIN Igor Aleksandrovich, Doctor of Medical Sciences, Professor at the University of Montana (Montana, USA), H = 27

CALANDRA Pietro, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy), H = 26

MALM Anna, Doctor of Pharmacy, Professor, Dean of the Faculty of Pharmacy, Lublin Medical University (Lublin, Poland), H = 22

BAIMUKANOV Dastanbek Asylbekovich, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the NAS RK, Chief Researcher of the department of animal husbandry and veterinary medicine, Research and Production Center for Livestock and Veterinary Medicine Limited Liability Company (Nur-Sultan, Kazakhstan), H=1

TIGHINEANU Ion Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), H = 42

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 7

BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 10

QUEVEDO Hemando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), H = 28

ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 7

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine), H = 5

TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 5

KHARIN Stanislav Nikolayevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), H = 10

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 12

Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. **KZ93VPY00025418**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *biotechnology in the field of crop research, ecology and medicine and physical sciences.*

Periodicity: 4 times a year. Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC
OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 1. Number 349 (2024), 95–108

<https://doi.org/10.32014/2024.2518-1483.259>

UDC 629.78(075.8)

© **K. Saurova^{1*}, S. Nysanbaeva¹, N. Seidakhmet², G. Turlybekova³,
K. Astemesova³, 2024**

¹Almaty University of Energy and Communications named after. G. Daukeev,
Almaty, Kazakhstan;

²Boston University, Boston, MA, USA;

³Kazakh National Technical University named after K.I. Satbayev,
Almaty, Kazakhstan.

E-mail: k.saurova@aes.kz

SIMULATION MODELING OF ORBITAL MOTION DYNAMICS OF SPACECRAFT

Saurova Kamila — Master, Art. Lecturer at the Department of Space Engineering, Almaty University of Energy and Communications named after. G. Daukeev, 050013, Almaty, Kazakhstan

E-mail: k.saurova@aes.kz. ORCID:0009-0003-7960-8106;

Nysanbaeva Saltanat — PhD, Associate Professor of the Department of Space Engineering, Almaty University of Energy and Communications named after. G. Daukeev, 050013, Almaty, Kazakhstan

E-mail: s.nysanbaeva@aes.kz. ORCID:0000-0001-9254-3819;

Seidakhmet Nurpatsha — MSc, computer science, Boston University, Boston, USA

E-mail: nurrr@bu.edu. ORCID:0009-0006-7141-1538;

Turlybekova Gulzhan — candidate of technical sciences, senior lecturer. Kazakh National Technical University named after K.I. Satbayev, 050013, Almaty, Kazakhstan

E-mail: g.turlybekova@satbayev.university. ORCID:0000-0001-5522-4931;

Astemessova Kalamkas — PhD, senior lecturer, Kazakh National Technical University named after K.I. Satbayev, 050013, Almaty, Kazakhstan

E-mail: k.astemessova@satbayev.university. ORCID:0000-0002-4143-6084.

Abstract. This work is devoted to the study of simulation modeling of the dynamics of the orbital motion of a spacecraft. Simulation modeling is a powerful tool for analyzing and predicting the behavior of space objects under various conditions. The paper discusses the basic principles of constructing a model of orbital motion, including taking into account gravitational interaction with planets, the sun and other space objects, as well as aerodynamic and other external influences. Model verification and validation methods are also discussed, as well as possible applications of the results obtained for optimizing spacecraft missions and planning space operations. The work includes both theoretical reflections and practical examples of simulation modeling, making it useful for both researchers and engineers involved in the design and management of space missions. Calculations

of orbital motion were carried out and a simulation model of various types of orbital motion of the spacecraft was obtained.

Key words: Orbital movement. Spacecraft. Modeling. Dynamics. Gravitational influence. External influences. Mathematical models

© К. Саурова^{1*}, С. Нысанбаева¹, Н. Сейдахмет², Г. Турлыбекова³,
Қ. Астемесова³, 2024

¹Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті,
Алматы, Қазақстан;

²Бостон университеті, Бостон, АҚШ;

³Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
Алматы, Қазақстан.

E-mail: k.saurova@aes.kz

ҒАРЫШ АППАРАТЫНЫҢ ОРБИТАЛДЫҚ ҚОЗҒАЛЫС ДИНАМИКАСЫН СИМУЛЯЦИЯЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

Саурова Камила — магистр, аға оқытушы «Ғарыштық инженерия» кафедрасы, Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, 050013, Алматы, Қазақстан Республикасы

E-mail: k.saurova@aes.kz. ORCID:0009-0003-7960-8106;

Нысанбаева Салтанат — PhD, доцент, «Ғарыштық инженерия» кафедрасы, Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, 050013, Алматы, Қазақстан Республикасы

E-mail: s.nysanbaeva@aes.kz. ORCID:0000-0001-9254-3819;

Сейдахмет Нұрпатша — Бостон университетінің компьютерлер ғылымының магистрі, Бостон, АҚШ

E-mail: nurlrr@bu.edu. ORCID:0009-0006-7141-1538;

Турлыбекова Гулжан — техника ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы. Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті.050013, Алматы, Қазақстан

E-mail: g.turlybekova@satbayev.university. ORCID:0000-0001-5522-4931;

Астемесова Каламқас Сериковна — PhD, аға оқытушы. Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, 050013, Алматы, Қазақстан

E-mail: k.astemessova@satbayev.university. ORCID:0000-0002-4143-6084.

Аннотация. Бұл жұмыс ғарыш аппаратының орбиталық қозғалысының динамикасын имитациялық модельдеуді зерттеуге арналған. Имитациялық модельдеу – әртүрлі жағдайларда ғарыш объектілерінің әрекетін талдау және болжау үшін қуатты құрал. Жұмыста планеталармен, күнмен және басқа ғарыш объектілерімен гравитациялық әсерлесуді, сондай-ақ аэродинамикалық және басқа да сыртқы әсерлерді ескере отырып, орбиталық қозғалыс моделін құрудың негізгі принциптері талқыланады. Модельді тексеру және валидация әдістері, сондай-ақ ғарыш аппараттарының миссияларын оңтайландыру және ғарыштық операцияларды жоспарлау үшін алынған нәтижелердің ықтимал қолданылуы талқыланады. Жұмыс теориялық ойларды да, модельдеудің практикалық мысалдарын да қамтиды, бұл оны ғарыштық миссияларды

жобалаумен және басқарумен айналысатын зерттеушілер мен инженерлер үшін пайдалы етеді. Орбиталық қозғалыстың есептеулері жүргізілді және ғарыш аппаратының орбиталық қозғалысының әртүрлі типтерінің имитациялық моделі алынды.

Түйін сөздер: Орбиталық қозғалыс. Ғарыш кемесі. Модельдеу. Динамика. Гравитациялық әсер. Сыртқы әсерлер. Математикалық модельдер

© **К. Саурова^{1*}, С. Нысанбаева¹, Н. Сейдахмет², Г. Турлыбекова³,
К. Астемесова³, 2024**

¹Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева,
Алматы, Казахстан;

²Университет Бостон, Бостон, США;

³Казахский национальный исследовательский технический университет
им. К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан.

E-mail: k.saurova@aes.kz

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОРБИТАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Саурова Камила — магистр, ст. преподаватель кафедры «Космическая инженерия», Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, 050013, Алматы, Казакстан

E-mail: k.saurova@aes.kz. ORCID:0009-0003-7960-8106;

Нысанбаева Салтанат — PhD, доцент, Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, 050013, Алматы, Казакстан

E-mail: s.nysanbaeva@aes.kz. ORCID:0000-0001-9254-3819;

Сейдахмет Нурпатша — магистр компьютерных наук Бостонского университета, Бостон, США

E-mail: nurlrr@bu.edu. ORCID:0009-0006-7141-1538;

Турлыбекова Гулжан — кандидат технических наук, старший преподаватель, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, 050013, Алматы, Казахстан

E-mail: g.turlybekova@satbayev.university. ORCID:0000-0001-5522-4931;

Астемесова Каламкас — PhD, старший преподаватель, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, 050013, Алматы, Казахстан

E-mail: k.astemessova@satbayev.university. ORCID:0000-0002-4143-6084.

Аннотация. Работа посвящена исследованию имитационного моделирования динамики орбитального движения космического аппарата. Имитационное моделирование представляет собой мощный инструмент для анализа и прогнозирования поведения космических объектов в различных условиях. Авторами рассматриваются основные принципы построения модели орбитального движения, включая учет гравитационного взаимодействия с планетами, солнцем и другими космическими объектами, а также аэродинамические и другие внешние воздействия. Также обсуждаются методы верификации и валидации модели, включая возможные области

применения полученных результатов для оптимизации миссий космических аппаратов и планирования космических операций. Проведены расчеты орбитального движения и получены имитационный модель различные виды орбитального движения КА. Работа включает в себя как теоретические размышления, так и практические примеры имитационного моделирования, что делает ее полезной для исследователей и инженеров, занимающихся разработкой и управлением космическими миссиями.

Ключевые слова: орбитальное движение, космический аппарат, моделирование, динамика, гравитационное воздействие, внешние воздействия, математические модели

Введение

Моделирование орбитального движения космических объектов является необходимым как для решения задач проектной баллистики, так и планирования операций управления космическим аппаратом. Для космических аппаратов это позволяет запланировать сеансы управления и связи, организовать научные эксперименты, решать множество прикладных задач.

Имитационное моделирование при изучении сложной динамической системы, в частности космического аппарата, имеющего свой закон движения и особенности поведения, является основным методом получения информации о поведении системы в условиях неопределенности. Кроме того, имитационное моделирование — универсальный метод исследования и оценки эффективности системы, поведение которой зависит от действия случайных факторов.

Сегодня широко применяют различные типы измерительных систем: радиотехнические, оптические, гравиметрические, магнитометрические и т. д. Основными видами внешне траекторных измерений являются радиотехнические и оптические. Проведение радиотехнических и оптических измерений связано с определением некоторых геометрических и кинематических характеристик или временных сдвигов, отнесенных к фиксированному (базисным) в пространстве точкам.

Определение орбиты КА — один из важнейших разделов космической баллистики, занимающийся вопросами вычисления координат и составляющих скорости КА на некотором временном интервале и обеспечивающий получение требуемых данных о векторе состояния КА. Нужно различать методы решения задачи определения орбиты КА на этапе проектирования и в ходе реального полета. На этапе проектирования необходимо выбрать траекторию, наилучшим образом решающую поставленную задачу; в ходе реального полета определение орбиты характеризует фактическое состояние КА в полете.

Принципиальная особенность задачи определения орбиты в ходе реального полета заключается в том, что для решения обязательно требуется некоторая информация о движении КА, получаемая по результатам измерений. Точность

и оперативность решения задачи определения орбиты решающим образом зависят от состава, количества и качества измерительной информации, поэтому вопросы получения и обработки информации приобретают самостоятельное значение. Наиболее просто задачу определения орбиты решают в рамках теории невозмущенного движения КА. Наличие априорной информации в виде конечных соотношений, характеризующих параметры кеплеровой орбиты, позволяет найти искомый результат при задании в качестве известных различных сочетаний параметров: положения и скорости КА в начальный момент времени, двух фиксированных положений аппарата, фокального параметра его орбиты и т. д. Опишем решение поставленных задач для невозмущенного движения и эллиптической орбиты, наиболее важной с точки зрения практического применения для околоземных КА.

Результаты и обсуждение

В работе (Баринаова и др., 2019) были получены формулы для определения положений относительного равновесия динамически симметричного наноспутника формата CubeSat под действием аэродинамического и гравитационного моментов при движении по круговой орбите, когда центр масс смещён относительно геометрического по трём координатам. Работа посвящена определению положений равновесия углового движения наноспутника формата CubeSat на круговой орбите под действием аэродинамического и гравитационного моментов. Отличительной особенностью наноспутников формата CubeSat является то, что они имеют форму прямоугольного параллелепипеда и, как следствие, коэффициент аэродинамической силы лобового сопротивления зависит от ориентации спутника относительно набегающего потока (углов атаки и собственного вращения). Были определены положения равновесия динамически симметричного наноспутника формата CubeSat при смещении центра масс от геометрического центра по трём осям, при движении по круговой орбите под действием аэродинамического и гравитационного моментов. Определены условия, при которых изменяется число положений относительного равновесия в зависимости от соотношений таких параметров, как смещение центра масс от геометрического центра, моменты инерции, высота орбиты. Определены положения относительного равновесия наноспутника SamSat-QB50 для различных значений высоты орбиты.

В статье (Игнатова и др., 2022: 362–362) разработали модель движения спутника-инспектора в окрестности КА на орбите Земли. Проведены расчеты для частного случая такого движения спутника-инспектора, а затем и для маневра сближения с КА и дальнейшего пассивного движения. Осуществлена визуализация параметров движения. А также в работе была построена математическая модель движения спутника-инспектора, который безаварийно сближается с КА и сопровождает его в течение некоторого времени. Полученные результаты можно применять при проектировании систем управления движением КА, в задачи которых входят операции по сближению и сопровождению.

Разработанное программное обеспечение «VisualSpace» (Кезик, 2020) позволяет проводить расчеты: орбитальных параметров движения космических аппаратов в геоцентрических (планетоцентрических), орбитальных, топоцентрических системах координат (СК); стандартной баллистической информации для заданного пункта наблюдения с возможностью выбора параметров пролета. Программа предназначена для визуального наблюдения космических аппаратов и космических объектов солнечной системы. Моделирование производилось в трехмерном пространстве, что позволяло демонстрировать эволюцию орбит со временем.

В (Sarychev и др., 2007; Сарычев и др., 2012: 394–402; 2015: 488–496) был предложен символично-численный метод определения всех положений равновесия спутника в орбитальной системе координат.

В статье (Тулеkenова и др., 2015) рассмотрена математическая модель и синтез вращательного движения КА в орбитальной системе координат с учетом магнитного поля и атмосферы земли для наклонных орбит. Были использованы динамические уравнения Эйлера в системе координат, связанной со спутником, а именно, в осях Кенига, для построения уравнения движения спутника вокруг центра масс. Проведенный синтез модели вращательного движения космического аппарата с учетом магнитного поля и атмосферы Земли позволил получить данные, характеризующие долговременный полет по орбитальной орбите.

В пространстве КА движется согласно определенным физическим законам, испытывая воздействие различных возмущающих факторов (не сферичность Земли, гравитационное влияние Луны, Солнца и планет, аэродинамическое сопротивление атмосферы Земли, магнитное поле Земли, давление солнечного света), некоторые из которых имеют случайную природу и не поддаются прямому математическому описанию. Учет этих факторов при изучении движения КА является сложной задачей, кроме того, для их компенсации необходимо формировать управляющие воздействия. В подобных ситуациях невозможно создать реальную модель, описанную аналитически, поэтому, когда затруднительно учитывать нелинейности, стохастические переменные и необходимо имитировать поведение КА во времени, рассматривая различные сценарии его движения при изменении внешних и внутренних условий, применяют методы имитационного моделирования.

Существует большое количество различных методов численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений, к которым относят и уравнения движения КА.

Орбитальная механика (или астродинамика) включает в себя применение законов движения Ньютона и универсального закона тяготения к космическим кораблям (таким как ракеты и спутники). Он используется планировщиками миссий для прогнозирования движения космического корабля под действием гравитации, тяги и других сил.

Простейшей задачей небесной механики считается задача двух грави-

тационно-взаимодействующих тел. Если начало системы координат совместить с массивным телом, то вследствие его неподвижности такая система координат будет инерциальной.

Движение центра масс КА описывается векторными уравнениями:

$$m \frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{F}, \quad \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{V}, \quad (1)$$

где \vec{V} , \vec{r} - вектор скорости и радиус-вектор КА массой m . Сила притяжения определяется формулой Ньютона:

$$\vec{F} = -\gamma M \frac{m}{r^3} \vec{r} = -\mu \frac{m}{r^3} \vec{r},$$

$$\mu = \gamma M$$

где γ - универсальная гравитационная постоянная, m - масса, а μ - гравитационный параметр небесного тела. Разделив на массу аппарата левую и правую части первого уравнения системы (1), получим:

$$\frac{d\vec{V}}{dt} = -\frac{\mu}{r^3} \vec{r}, \quad \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{V} \quad (2)$$

Проектируя уравнение (2) на оси инерциальной системы координат, получим уравнения невозмущенного движения в координатной форме:

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= -\frac{\mu}{r^3} x = 0 \\ \ddot{y} &= -\frac{\mu}{r^3} y = 0 \\ \ddot{z} &= -\frac{\mu}{r^3} z = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Основные характеристики задачи определения параметров движения КА, прогнозирование их для заданных моментов времени непосредственно зависят от свойств математической модели движения (ММД), рационального построения ее функциональной структуры, своевременности получения и точности навигационно-баллистической информации.

Одновременно с определением вектора состояния КА уточняют параметры модели по результатам наблюдений с наземных измерительных станций. В результате задачу идентификации решают с учетом дополнительных погрешностей (аномальные измерения, вычислительные ошибки, неполная реализация штатной схемы измерений). При такой постановке задачи расчеты проводят в условиях не моделируемого движения.

Для уточнения идентифицируемых параметров при наличии ошибок измерений предлагается использовать имитационно-моделирующий комплекс (ИМК).

Для определения параметров движения по измерениям текущих навигационных параметров необходимо иметь возможность вычисления расчетных значений вектора состояния в заданный момент времени. Для выполнения указанной процедуры используются ММД КА. Это совокупность дифференциальных уравнений движения КА с описанием математических моделей сил, действующих на КА в полете, и метода решения этой системы уравнений (4).

$$\begin{aligned}\ddot{x} &= -\frac{\mu}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}x \\ \ddot{y} &= -\frac{\mu}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}y \\ \ddot{z} &= -\frac{\mu}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}z\end{aligned}\quad (4)$$

где μ — гравитационный параметр первичной массы (планеты, луны, старта и т. д.).

x , y и z — декартовы координаты, определяющие положение космического корабля в инерциальном пространстве.

Точки представляют собой производные по времени, поэтому одна точка — это скорость, а две точки — ускорение. Будем использовать их в разделе кодирования статьи.

Это встроенная функция, которая принимает в качестве входных данных набор производных для интегрирования (определяемая пользователем функция), интересующий временной интервал, начальные условия и, возможно, допуск для численного интегрирования.

$$\vec{y} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{pmatrix}\quad (5)$$

Набор производных будет производным по времени от вектора состояния Y , который включает компоненты положения и скорости космического корабля в векторной форме. И вектор состояния, и его производная по времени показаны ниже.

$$\dot{\vec{y}} = \frac{d\vec{y}}{dt} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ \dot{x} = -\frac{\mu}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}x \\ \dot{y} = -\frac{\mu}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}y \\ \dot{z} = -\frac{\mu}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}z \end{pmatrix}\quad (6)$$

В процессе полета КА совершает сложное движение: его центр масс движется по определенной траектории (орбите), а сам КА — вокруг своего центра масс.

Основные участки движения КА:

- выведение на орбиту (активный участок);
- орбитальный полет (пассивный участок);

- маневры КА на орбите и коррекция орбит;
- спуск КА.

Выведение на орбиту осуществляется с помощью многоступенчатых ракетносителей (РН).

Для выведения на геостационарную орбиту (GEO) могут использоваться собственные разгонные блоки КА.

Методы выведения на орбиту:

- с одним активным участком (выход на орбиту без дожигания топлива);
- чередованием активных и пассивных участков (выход на орбиту с дожиганием топлива), что характерно для выведения на геостационарную орбиту.

При составлении и решении дифференциальных уравнений движения наглядно отображается совокупность сил, действующих на КА. Для описания движения КА выбираем систему координат (СК) на основе решаемой задачи космической баллистики и управления. Например, для слежения за КА с наземных пунктов управления и связи необходимо описывать его движение относительно наземного пункта. При управлении движением КА необходимо учитывать тип и схему измерительных датчиков и исполнительных органов, а также соответственно выбрать удобную систему координат.

Материалы и методы

Чтобы смоделировать орбиту, нам нужно будет использовать численное интегрирование. Чтобы численно интегрировать или решить уравнения движения космического корабля, необходимо использовать функцию `ode113` в MATLAB.

Листинг:

```
function dYdt = ODE2BP(t, Y)
mu = 3.986*10^5;
x = Y(1); % [km]
y = Y(2); % [km]
z = Y(3); % [km]
vx = Y(4); % [km/s]
vy = Y(5); % [km/s]
vz = Y(6); % [km/s]
xddot = -mu/(x^2+y^2+z^2)^(3/2)*x; % [km/s^2]
yddot = -mu/(x^2+y^2+z^2)^(3/2)*y; % [km/s^2]
zddot = -mu/(x^2+y^2+z^2)^(3/2)*z; % [km/s^2]
dYdt = [vx;vy;vz;xddot;yddot;zddot]; % Y'
end
function dYdt = ODE2BP(t, Y)
mu = 3.986*10^5;
x = Y(1); % [km]
y = Y(2); % [km]
z = Y(3); % [km]
vx = Y(4); % [km/s]
```

```

vy = Y(5); % [km/s]
vz = Y(6); % [km/s]
xddot = -mu/(x^2+y^2+z^2)^(3/2)*x; % [km/s^2]
yddot = -mu/(x^2+y^2+z^2)^(3/2)*y; % [km/s^2]
zddot = -mu/(x^2+y^2+z^2)^(3/2)*z; % [km/s^2]
dYdt = [vx;vy;vz;xddot;yddot;zddot]; % Y'
end

```

Для моделирования орбиты КА задаём начальные параметры и получаем изображение эллиптической орбиты как показано на рисунке 1.

```

Y0 = [20000; 0; 0; 0; 2.9; 1.8]; % [x; y; z; vx; vy; vz] [km, km/s]
tspan = [0 24*60*60]; % One day [s]
options = odeset('RelTol', 1e-13); % Setting a tolerance
% Numerical Integration
[t, Y] = ode113(@ODE2BP, tspan, Y0, options);
% Pulling Position Data from Output
x = Y(:, 1); % [km]
y = Y(:, 2); % [km]
z = Y(:, 3); % [km]

```

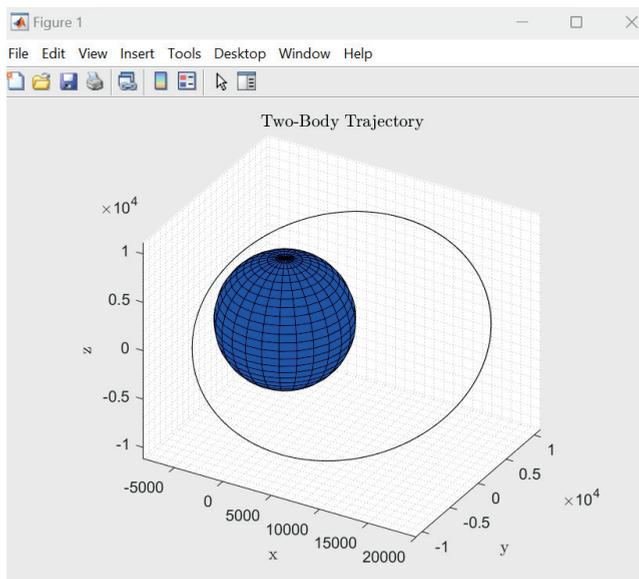


Рис. 1 - Эллиптическая орбита

Вывод изображения для отображения моделирования:

```

figure; hold on
title('Two-Body Trajectory', 'Interpreter', 'Latex')
xlabel('x', 'Interpreter', 'Latex')
ylabel('y', 'Interpreter', 'Latex')
zlabel('z', 'Interpreter', 'Latex')

```

```

axis equal
grid minor
view(30, 30)
% Creating/Plotting Spherical Earth
rm = 6378.14; % Radius of Earth [km]
[xEarth, yEarth, zEarth] = sphere(25);
surf(rm*xEarth,rm*yEarth,rm*zEarth, 'FaceColor', [0 0 1]);
% Plotting Trajectory
plot3(x, y, z, 'k')
hold off
    
```

Для определения закона орбитального движения спутника необходимо установить зависимость параметров движения от времени. Расстояние спутника от притягивающего центра и его скорость можно достаточно просто вычислить, если известна величина истинной аномалии ϑ .

Для моделирования полярной орбиты КА задаём начальные параметры: Высота 24км, скорость движение КА на орбите 1.8 км/с.

$Y_0 = [0; 0; 24000; 0; 2.9; 1.8]$; % [x; y; z; vx; vy; vz] [km, km/s]

И получим как полярная орбита проходит над полюсами Земли (Рис. 2).

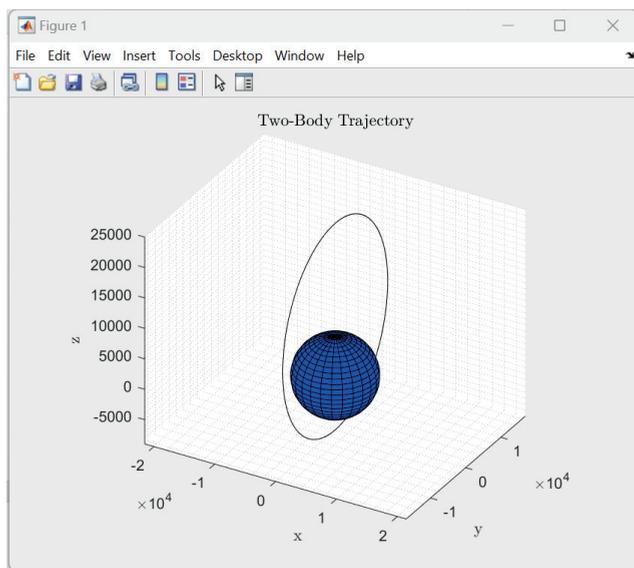


Рис. 2 – Полярная орбита проходит над полюсами Земли

Для высоких орбит КА (с высотой более 3000 км) основной особенностью методов расчета является необходимость учета возмущающего действия Луны и Солнца. В связи с этим для расчета элементов орбит наиболее целесообразно использовать систему уравнений в инерциальной геоцентрической системе координат.

Для моделирования круговой экваториальной орбиты задаём начальные параметры КА: 43км высоты 0.8 км/с скорость на орбите и получим геостационарную орбиту (круговую) как показано на рисунке 3.

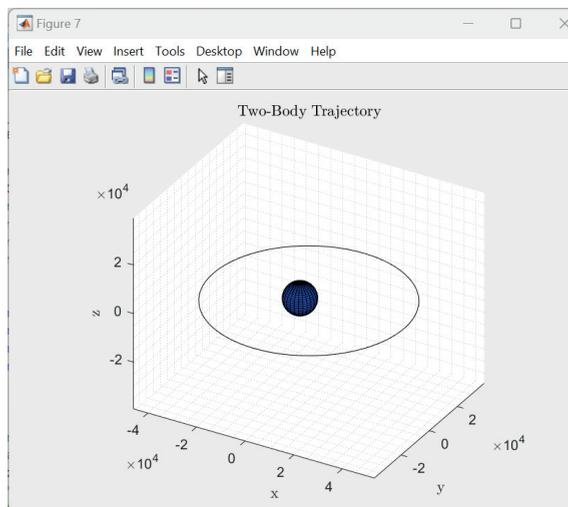


Рис. 3 – Геостационарная орбита (круговая)

В практике космических полетов получило наибольшее распространение определение орбит и параметров движения КА с использованием внешне-траекторных измерений (ВТИ). В этом случае измерительная информация прямо или косвенно связана с траекторией КА или параметрами его движения.

Были проведены расчеты орбитального движения и получены модели различных видов орбитальных движения КА. А также в работе изложены процесс создания орбиты или траектории двух тел с помощью MATLAB предназначенного для изучения орбитального движения КА.

Результаты приближенных решений широко применяют при проведении различного рода оценочных и проверочных расчетов в процессе баллистико-навигационного обеспечения полета КА, а также используют в качестве экспресс-оценок для оперативного анализа результатов самостоятельных инженерных исследований. Доработка и развитие ИМК позволят оптимизировать применение различных методов фильтрации данных и получать оценки устойчивости работы КА.

Выводы

Полученные в результате имитационного моделирования динамики орбитального движения космического аппарата, позволяют сделать следующие заключения:

Точное предсказание и анализ орбитальной динамики: Имитационное моделирование позволяет получить точные и надежные прогнозы перемещения космического аппарата в пространстве. Это важно для планирования миссий,

управления полетами и изучения долгосрочных эффектов воздействия различных факторов на орбиту.

Оптимизация ресурсов и рисков: Моделирование позволяет оптимизировать использование топлива и других ресурсов, минимизировать риски столкновений с космическим мусором или другими объектами, а также планировать резервные маневры для коррекции орбиты в случае необходимости.

Поддержка принятия решений: Результаты моделирования предоставляют ценную информацию для принятия стратегических и тактических решений в ходе миссии. Это может включать выбор оптимальной траектории полета, времени и места выполнения маневров и других операций.

Подтверждение концепций и проектирование: Моделирование позволяет проверить работоспособность и эффективность концепций проекта космического аппарата еще на стадии проектирования, что помогает избежать ошибок и улучшить качество конечного продукта.

Обучение и обучение персонала: Имитационные модели являются отличным инструментом для обучения пилотов и инженеров космических миссий, позволяя им практиковать различные сценарии и реагировать на непредвиденные ситуации в условиях безопасной симуляции.

Таким образом, имитационное моделирование динамики орбитального движения космического аппарата является ключевым компонентом успешной космической программы, обеспечивая безопасность, эффективность и успешное выполнение поставленных задач.

В заключении нужно отметить, что имитационное моделирование динамики орбитального движения космического аппарата представляет собой важный инструмент для понимания и управления космическим пространством. В ходе исследования были изучены основные принципы построения моделей орбитального движения, включая учет гравитационного воздействия, внешних воздействий и численные методы решения дифференциальных уравнений.

Анализ результатов моделирования позволяет делать точные прогнозы о состоянии и поведении космического аппарата в различных сценариях. Это важно для разработки и оптимизации миссий, обеспечения безопасности полетов, а также планирования долгосрочных операций в космосе.

Однако следует отметить, что имитационные модели всегда являются упрощенным представлением реальных систем, и их точность зависит от качества входных данных и используемых математических моделей. Поэтому важно проводить валидацию моделей на основе экспериментальных данных и корректировать их при необходимости.

В целом, имитационное моделирование динамики орбитального движения космического аппарата играет ключевую роль в различных аспектах космической деятельности, обеспечивая эффективное управление ресурсами, безопасность полетов и достижение поставленных целей. Развитие и совершенствование этого метода моделирования будет способствовать дальнейшему прогрессу в исследовании и освоении космоса.

ЛИТЕРАТУРА

Барина Е.В., Тимбай И.А. (2019). Положения относительного равновесия динамически симметричного наноспутника формата CubeSat под действием гравитационного и аэродинамического моментов/ Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. — Т. 18. — № 2. — 2019 г.

Игнатова А.А., Алексеев А.В. (2022). Математическое моделирование движения спутника-инспектора в окрестности космического аппарата // XLVIII Самарская областная студенческая научная конференция. — Том 1 (2022), — Стр. 362–362

Кезик А.Г. (2020). Моделирование орбитального движения космических объектов в программе visual space/ 77-я научная конференция студентов и аспирантов белорусского государственного университета. — Минск, — 11–22 мая 2020 года

Sarychev V.A., Mirer S.A., Degtyarev A.A., Duarte E.K. (2007). Investigation of equilibria of a satellite subjected to gravitational and aerodynamic torques // *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*. 2007. — V. 97. — Iss. 4. — Pp. 267–287. — DOI: 10.1007/s10569-006-9064-3

Сарычев В.А., Гутник С.А. (2012). Динамика осесимметричного спутника под действием гравитационного и аэродинамического моментов // *Космические исследования*. — 2012. — Т. 50. — № 5. — С. 394–402.

Сарычев В.А., Гутник С.А. (2015). Динамика спутника под действием гравитационного и аэродинамического моментов. Исследование положений равновесия / *Космические исследования*. 2015. — Т. 53. — № 6. — С. 488–496.

Тулкенова Д.Т., Ергалиев Д.С., Тулегулов А.Д. (2015). Математическая модель вращательного движения КА в орбитальной системе координат с учетом магнитного поля и атмосферы земли для наклонных орбит/ Труды Междунар. симп. Надежность и качество. — 2015. — Т. 1. — С. 117–119.

Тулкенова Д.Т., Ергалиев Д.С., Тулегулов А.Д., Ибраев О.С. (2015). Синтез модели вращательного движения космического аппарата с учетом магнитного поля и атмосферы Земли / Надежность и качество сложных систем. — 2015. — № 3 (11). — С. 10–16.

REFERENCES

Barinova E.V., Timbai I.A. (2019). Relative equilibrium positions of a dynamically symmetric CubeSat nanosatellite under the influence of gravitational and aerodynamic moments/ *Bulletin of Samara University. Aerospace engineering, technologies and mechanical engineering*. — Vol. 18. — No. 2. — 2019

Ignatova A.A., Alekseev A.V. (2022). Mathematical modeling of the motion of an inspector satellite in the vicinity of a spacecraft // XLVIII Samara Regional Student Scientific Conference. — Volume 1. (2022). — Pp. 362–362

Kezik A.G. (2020). Modeling the orbital motion of space objects in the visual space program/ 77th Scientific Conference of students and postgraduates of the Belarusian State University. Minsk, — May 11–22, — 2020

Sarychev V.A., Mirer S.A., Degtyarev A.A., Duarte E.K. (2007). Investigation of equilibria of a satellite subjected to gravitational and aerodynamic torques // *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*. — 2007. — V. 97. — Iss. 4. — Pp. 267–287. — DOI: 10.1007/s10569-006-9064-3

Sarychev V.A., Gutnik S.A. (2012). Dynamics of an axisymmetric satellite under the influence of gravitational and aerodynamic moments // *Space Research*. — 2012. — Vol. 50. — No. 5. — Pp. 394–402.

Sarychev V.A., Gutnik S.A. (2015). Satellite dynamics under the influence of gravitational and aerodynamic moments. The study of equilibrium positions / *Space research*. — 2015. — Vol. 53. — No. 6. — Pp. 488–496.

Tulekenova D.T., Ergaliev D.S., Tulegulov A.D. (2015). A mathematical model of the rotational motion of a spacecraft in an orbital coordinate system, taking into account the magnetic field and the Earth's atmosphere for inclined orbits/ *Proceedings of the International simp. Reliability and quality*. — 2015. — vol. 1. — Pp. 117–119.

Tulekenova D.T., Ergaliev D.S., Tulegulov A.D., Ibraev O.S. (2015). Synthesis of a model of the rotational motion of a spacecraft taking into account the magnetic field and the Earth's atmosphere / *Reliability and quality of complex systems*. — 2015. — № 3 (11). — Pp. 10–16.



РАКИШЕВ БАЯН РАКИШЕВИЧ
(к 90-летию со дня рождения)

Выдающийся ученый-горняк, действительный член Национальной академии наук Республики Казахстан, заслуженный деятель РК, доктор технических наук, профессор, почетный ректор Казахского национального исследовательского технического университета им. К. И. Сатпаева Баян Ракишевич Ракишев родился 15 марта 1934 года.

После окончания с отличием Казахского горно-металлургического института с 1957 по 1965 годы он работал на Коунрадском руднике Балхашского горно-металлургического комбината в должностях начальника смены, начальника цеха и карьера. В 1964 году без отрыва от производства успешно защитил кандидатскую диссертацию.

Дальнейшая его трудовая деятельность связана с родным вузом. С 1966 по 1987 годы доцент, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики, в период с 1988 по 2016 год заведующий кафедрой открытых горных работ, с 1980 по 1993 год научный руководитель проблемной лаборатории новых физических методов разрушения горных пород и отраслевой лаборатории технологии буровзрывных работ КазПТИ им. В.И. Ленина. С 2016 года по настоящее время он профессор кафедры «Горное дело», почетный ректор Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева.

Под руководством Б. Ракишева факультет Автоматики и вычислительной техники занимал передовые позиции в научно-исследовательской, учебно-производственной и общественной деятельности. Факультетский ансамбль «Досмукасан» сформировался, состоялся как творческий самостоятельный коллектив и стал популярным в странах СНГ. О творческой деятельности

«Досмукасан» и роли декана Баяна Ракишева в его становлении рассказывается в кинофильме «Досмукасан», выпущенном Казахфильмом в 2020 году.

В должностиректора он всю свою силу и энергию отдавал расширению связей науки с производством, практической подготовке будущих специалистов. Тогда в КазПТИ впервые в Казахстане были организованы специализированные студенческие отряды для прохождения производственных практик, открылось несколько филиалов кафедр на базе предприятий и НИИ. Активно внедрялись договоры о научно-техническом содружестве и подготовке специалистов по прямым связям с предприятиями. Контингент иностранных студентов из 37 стран в то время составлял внушительную цифру – более 300 человек. Существенно улучшилось состояние материально-технической базы института. КазПТИ им. В.И. Ленина был одним из ведущих высших учебных заведений СССР.

Баян Ракишевич создал стройную теорию разрушения реального массива горных пород действием взрыва ВВ. Разработал аналитические методы определения расположения зарядов ВВ в массиве, гранулометрического состава взорванной горной массы, затрат энергии ВВ на дробление, перемещение и графо-аналитические методы определения размещения разнородных пород в развале, параметров технологий буровзрывных и экскаваторных работ, обеспечивающих наименьшие количественные и качественные потери.

Баяном Ракишевым сформулированы стратегические задачи рационального освоения недр и комплексного использования полезных ископаемых, обоснованы системы их обеспечения, разработаны горно-геологические, геометрические модели сложноструктурных блоков месторождений, математические модели минерального сырья на различных этапах его переработки, позволяющие управлять уровнем извлечения как основных, так и сопутствующих полезных компонентов в концентрат, в металл, что чрезвычайно важно в условиях систематического снижения содержания профильных металлов в руде и увеличения спроса на редкие металлы в связи с развитием высоких технологий.

Разработанные математические модели стабилизации качества многокомпонентной руды для оперативного управления внутрикарьерным усреднением и состоянием минерального сырья на каждом из этапов его переработки способствуют совершенствованию экономически эффективных технологий добычи и переработки полезных ископаемых.

Научными работами, выполненными на высоком теоретическом уровне и оригинальными практическими разработками, получившими признание горной общественности, академик Б.Р. Ракишев внес большой вклад в горную науку и промышленность, создал научную школу в области эффективного разрушения массивов пород и разработки полезных ископаемых в режиме их рационального использования недр, подготовил 9 докторов, 30 кандидатов технических наук, 9 докторов PhD, сотни магистров и инженеров.

Академик НАН РК Б.Р. Ракишев является автором около 800 научных и учебно-методических работ, в том числе 15 монографий, 6 аналитических обзоров, 14 учебников и учебных пособий, 50 авторских свидетельств и патентов на изобретения, более 100 статей в изданиях в базе данных Scopus и Web of Science.

За заслуги в области научной, педагогической и организационной деятельности Б. Р. Ракишев награжден орденами Трудового Красного Знамени и «Парасат», шестью медалями СССР и РК, Почетной грамотой Верховного Совета Казахской ССР, удостоен почетного звания «Заслуженный деятель РК», является лауреатом Республиканской премии им. К.И. Сатпаева.

Баян Ракишевич и сейчас ведет активную научно-исследовательскую, научно-организационную работу, являясь научным руководителем проектов Министерства науки и высшего образования РК, председателем диссертационного совета по защите докторских диссертаций, руководителем докторантов PhD, вице-президентом ОО «Союз ученых Казахстана», почетным президентом Горнопромышленного союза Казахстана, членом редколлегий журналов Казахстана, России, Украины и Узбекистана.

Поздравляя Баяна Ракишевича с юбилеем, желаем ему здоровья, благополучия и дальнейших творческих успехов.

*Министерство высшего образования и науки РК,
Национальная академия наук РК,
Казахский национальный исследовательский
технический университет им. К.И. Сатпаева,
редакции журналов «Доклады НАН РК» и
«Вестник НАН РК»*

МАЗМУНЫ

ФИЗИКА

Ж.С. Байымбетова, Н.А. Сандибаева, Е.А. Склярова, Н.Ж. Ахметова ОРТА МЕКТЕП ФИЗИКА ПӘНІН ОҚЫТУДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ: ӘДЕБИЕТТЕРГЕ ШОЛУ.....	7
Е.А. Дмитриева, А.Е. Кемелбекова, Е.С. Отунчи, А.Қ. Шонғалова, А.Г. Умирзаков АТОМДЫҚ ДЕҢГЕЙДЕ АЛКИЛ АРАЛЫҚТАРЫ АРҚЫЛЫ WS_2 НАНОПАРАҚТАРЫНЫҢ ФОТОСЕЗІМТАЛДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН АРТТЫРУ.....	16
А.А. Жадыранова, Д.К. Аншокова МОДИФИЦИРОВАННОЕ УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ЛОГАРИФМИЧЕСКИ СКОРРЕКТИРОВАННОЙ ЖИДКОСТИ СО СТЕПЕННЫМ ЗАКОНОМ.....	31
В.Ю. Ким, Ш.Т. Омаров АЛЫТ-АЗИМУТАЛДЫ МОНТАЖДАУДАН ӨТКЕН ТЕЛЕСКОПТЫҢ ДЕРОТАТОРЛЫ ӨРІСІ.....	50
А. Марасулов, И.И. Сафаров, М.Х. Тешаев, Ә.С. Төлеп, Г.А. Абдраимова ҚАБАТТЫ ТҮТҚЫР СЕРПІМДІ ЦИЛИНДРДЕ СТАЦИОНАРЛЫҚ ЕМЕС ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ТАРАЛУЫ.....	63
М. Пахомов, Ү. Жапбасбаев, Г. Рамазанова ҚҰБЫРДАҒЫ ТҮТҚЫР-ПЛАСТИКАЛЫҚ СҮЙІҚТЫҚТЫҢ ИЗОТЕРМИЯЛЫҚ ЕМЕС ТУРБУЛЕНТТІК АҒЫСЫН ЕСЕПТЕУГЕ АРНАЛҒАН РЕЙНОЛЬДС КЕРНЕУІ МОДЕЛІ.....	79
К. Саурова, С. Нысанбаева, Н. Сейдахмет, Г. Турлыбекова, Қ. Астемесова ҒАРЫШ АППАРАТЫНЫҢ ОРБИТАЛДЫҚ ҚОЗҒАЛЫС ДИНАМИКАСЫН СИМУЛЯЦИЯЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ.....	95
Е.О. Шаленов, Е.С. Сейтқожанов, М.М. Сейсембаева, К.Н. Джумагулова СЭНДВИЧ ПЕН КЕРІ КОНТАКТЫ ПЕРОВСКИТ КҮН ЭЛЕМЕНТТЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....	109
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк КОМЕТАЛАРДЫҢ ТЕРМИЯЛЫҚ КЕРНЕУЛЕРМЕН ЖОЙЫЛУЫ.....	123
С.А. Шомшекова, М.А. Кругов, Ч.Т. Омаров, Е.К. Аймурагов АСТРОХАБ ШЕҢБЕРІНДЕ ҒЫЛЫМДЫ НАСИХАТТАУ.....	139

ХИМИЯ

Т.К. Джумадилов, Г.Т. Дюсембаева, Ж.С. Мукатаева, Ю.В. Гражулявичюс, И.С. Сапарбекова ПОЛИМЕТАКРИЛ ҚЫШҚЫЛЫ МЕН ПОЛИ-2-МЕТИЛ-5-ВИНИЛПИРИДИН ГЕЛЬДЕРІНІҢ ҚАШЫҚТЫҚТАН ӘРЕКЕТТЕСУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	155
Ә. Қаппасұлы, Д. Махаева, Ж. Қожантаева, Ғ. Ирмухаметова ДӘРІЛІК ЗАТТАРДЫ ЖЕТКІЗУДІҢ ОФТАЛЬМОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІН ӨЗІРЛЕУ ҮШІН МЕТАКРИЛДЕНГЕН АЛГИН ҚЫШҚЫЛЫН АЛУ.....	167
А. Карилхан, А. Турсынова МОНОТЕРПЕНДІК ЦИТРОНЕЛЛАЛДАН ИЗОПУЛЕГОЛ ЖӘНЕ МЕНТОЛ СИНТЕЗІН ЗЕРТТЕУ.....	186
А.А. Құдайбергін, А.К. Нурлыбекова, Ж. Жеңіс, М.А. Дюсебаева ARTEMISIA TERRAE-ALBAE МАЙДА ЕРИТІН СЫҒЫНДЫСЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ.....	195
М.Г. Мурзагалиева, Н.С. Ашимхан, А.О. Сапиева АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ ТАБИҒИ АДСОРБЕНТТЕРМЕН ТАЗАЛАУДЫҢ КОЛЛОИДТЫ – ХИМИЯЛЫҚ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ.....	204

Г.Ф. Сагитова, С.А. Сакибаева, Б.А. Сақыбаев, З.А. Емқұлова, В.Ю. Морозова БУТАДИЕН-НИТРИЛДІ КАУЧУКТАР МЕН ТОЛЫҚТЫРҒЫШТАР НЕГІЗІНДЕГІ ТЫҒЫЗДАҒЫШ РЕЗИНАЛАРДЫ ӨЗІРЛЕУ.....	219
Б. Серикбаева, Р. Абжалов, А. Колесников, Ш. Кошкарбаева, М. Сатаев ПОЛИМЕРЛЕРДІҢ ТІКЕЛЕЙ ФОТОХИМИЯЛЫҚ КҮМІСТЕНУІ.....	230
А.Т. Такибаева, О.В. Демец, А.А. Жорабек, А. Карилхан, Д.А. Ражабова ЛУПАН ТРИТЕРПЕНОИДТАРЫНЫҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРЫН СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ.....	244
Б.Р. Таусарова, М.Ш. Сулейменова, Ж.Е. Шаихова, С.О. Абилкасова, Л.М. Калимолдина МЫС НАНОБӨЛШЕКТЕРІНІҢ НЕГІЗІНДЕГІ ЦЕЛЛЮЛОЗАЛЫҚ ТОҚЫМА МАТЕРИАЛДАРЫНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	259
Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.Р. Рахметова КӨМІРТЕКСІЗДЕНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНДАҒЫ ЖЫЛУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫНЫҢ ГАЗДАРЫН АЛДЫН АЛА ӨҢДЕУ.....	271
РАКИШЕВ БАЯН РАКИШЕВИЧ (90 жас).....	283

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Ж.С. Байымбетова, Н.А. Сандибаева, Е.А. Склярова, Н.Ж. Ахметова СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ ФИЗИКОЙ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	7
Е.А. Дмитриева, А.Е. Кемелбекова, Е.С. Отунчи, А.Қ. Шонгалова, А.Г. Умирзаков УЛУЧШЕНИЕ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ НАНОЛИСТОВ WS ₂ С ПОМОЩЬЮ АЛКИЛЬНЫХ СПЕЙСЕРОВ НА АТОМИСТИЧЕСКОМ УРОВНЕ.....	16
А.А. Жадыранова, Д.К. Аншокова ДӘРЕЖЕЛІК ЗАҢЫ БАР ЛОГАРИФМДІК МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН СҮЙІҚТЫҚ КҮЙІНІҢ ӨЗГЕРТІЛГЕН ТЕНДЕУІ.....	31
В.Ю. Ким, Ч.Т. Омаров ДЕРОТАТОР ПОЛЯ ДЛЯ ТЕЛЕСКОПА НА АЛЬТ-АЗИМУТАЛЬНОЙ МОНТИРОВКЕ.....	50
А. Марасулов, И.И. Сафаров, М.Х. Тешаев, А.С. Тулеп, Г.А. Абдраимова РАСПРОСТРАНЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВОЛН В СЛОИСТОМ ВЯЗКОУПРУГОМ ЦИЛИНДРЕ.....	63
М. Пахомов, У. Жапбасбаев, Г. Рамазанова МОДЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЙ РЕЙНОЛЬДСА ДЛЯ РАСЧЕТА НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОПЛАСТИЧНОЙ ЖИДКОСТИ В ТРУБЕ.....	79
К. Саурова, С. Нысанбаева, Н. Сейдахмет, Г. Турлыбекова, Қ. Астемесова ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОРБИТАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА.....	95
Е.О. Шаленов, Е.С. Сейткочанов, М.М. Сейсембаева, К.Н. Джумагулова СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЭНДВИЧ И ОБРАТНО-КОНТАКТНЫХ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	109
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк РАЗРУШЕНИЕ КОМЕТ ТЕРМИЧЕСКИМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ.....	123
С.А. Шомшекова, М.А. Кругов, Ч.Т. Омаров, Е.К. Аймуратов ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ НАУКИ В РАМКАХ АСТРОХАБА.....	139

ХИМИЯ

Т.К. Джумадилов, Г.Т. Дюсембаева, Ж.С. Мукатаева, Ю.В. Гражулявичюс, И.С. Сапарбекова ОСОБЕННОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГИДРОГЕЛЕЙ ПОЛИМЕТАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ПОЛИ-2-МЕТИЛ-5-ВИНИЛПИРИДИНОМ.....	155
Ә. Қаппасұлы, Д.Н. Махаева, Ж. Кожантаева, Г.С. Ирмухаметова ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАКРИЛИРОВАННОЙ АЛЬГИНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВЕЩЕСТВ.....	167
А. Карилхан А. Турсынова ИЗУЧЕНИЕ СИНТЕЗА ИЗОПУЛЕГОЛА И МЕНТОЛА ИЗ МОНОТЕРПЕНОВОГО ЦИТРОНЕЛЛАЛЯ.....	186
А.А. Кудайбергел, А.К. Нурлыбекова, Ж. Женис, М.А. Дюсебаева ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЖИРОРАСТВОРИМОГО ЭКСТРАКТА ARTEMISIA TERRAE-ALBAE.....	195
М.Г. Мурзагалиева, Н.С. Ашимхан, А.О. Сапиева ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРИРОДНЫМИ АДСОРБЕНТАМИ.....	204
Г.Ф. Сагитова, С.А. Сакибаева, Б.А. Сақыбаев, З.А. Емкулова, В.Ю. Морозова РАЗРАБОТКА УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ РЕЗИН НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНЫХ КАУЧУКОВ И НАПОЛНИТЕЛЕЙ.....	219

Б.С. Серикбаева, Р. Абжалов, А.В. Колесников, Ш.Т. Кошкарбаева, М.С. Сатаев ПРЯМОЕ ФОТОХИМИЧЕСКОЕ СЕРЕБРЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ.....	230
А.Т. Такибаева, О.В. Демец, А.А. Жорабек, А. Карилхан, Д.А. Ражабова СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ЛУПАНОВЫХ ТРИТЕРПЕНОИДОВ.....	244
Б.Р. Таусарова, М.Ш. Сулейменова, Ж.Е. Шаихова, С.О. Абилкасова, Л.М. Калимолдина ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ.....	259
Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.Р. Рахметова ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЧИСТКА ГАЗОВ ТЕПЛОВЫХ УСТРОЙСТВ В ТЕХНОЛОГИИ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ.....	271
РАКИШЕВ БАЯН РАКИШЕВИЧ (к 90-летию со дня рождения).....	283

CONTENTS
PHYSICAL

Zh.S. Baiymbetova, N.A. Sandibaeva, E.A. Sklyarova, N.Zh. Akhmetova THE SECONDARY SCHOOL PHYSICS LEARNING MANAGEMENT SYSTEM (LMS): LITERATURE REVIEW.....	7
E.A. Dmitriyeva, A.E. Kemelbekova, Ye.S. Otunchi, A.K. Shongalova, A.G. Umirzakov ENHANCING PHOTSENSITIVE PROPERTIES OF WS ₂ NANOSHEETS VIA ALKYL SPACERS AT THE ATOMISTIC LEVEL.....	16
A.A. Zhadyranova, D.K. Anshokova MODIFIED EQUATION OF STATE OF A LOGARITHMICALLY VISCOUS FLUID WITH A POWER LAW.....	31
V.Yu. Kim, Ch.T. Omarov FIELD DEROTATOR FOR A TELESCOPE WITH ALTAZIMUTH MOUNT.....	50
A. Marasulov, I.I. Safarov, M.Kh. Tshaev, A.S. Tolep, G.A. Abdraimova PROPAGATION OF NON-STATIONARY WAVES IN A LAYERED VISCOELASTIC CYLINDER.....	63
M. Pakhomov, U. Zhapbasbayev, G. Ramazanova RSM MODEL FOR CALCULATING NON-ISOTHERMAL TURBULENT FLOW OF A VISCOPLASTIC FLUID IN A PIPE.....	79
K. Saurova, S. Nysanbaeva, N. Seidakhmet, G. Turlybekova, K. Astemesova SIMULATION MODELING OF ORBITAL MOTION DYNAMICS SPACE CAR.....	95
E.O. Shalenov, Ye.S. Seitkozhanov, M.M. Seisembayeva, K.N. Dzhumagulova COMPARATIVE ANALYSIS OF SANDWICH AND BACK-CONTACT PEROVSKITE SOLAR CELLS.....	109
L.I. Shestakova, R.R. Spassyyk DESTRUCTION OF COMETS BY THERMAL STRESSES.....	123
S.A. Shomsheikova, M.A. Krugov, Ch.T. Omarov, Y.K. Aimuratov POPULARIZATION OF SCIENCE WITHIN ASTROHUB.....	139

CHEMISTRY

T.K. Jumadilov, G.T. Dyussebayeva, Zh.S. Mukataeva, J.V. Gražulevicius, I.S. Saparbekova FEATURES OF REMOTE INTERACTION BETWEEN HYDROGELS OF POLYMETHACRYLIC ACID AND POLY-2-METHYL-5-VINYLPYRIDINE.....	155
A. Kappasuly, D. Makhayeva, Zh. Kozhantayeva, G. Irmukhametova PREPARATION OF METHACRYLATED ALGINIC ACID FOR THE DEVELOPMENT OF OPHTHALMOLOGICAL DRUG DELIVERY SYSTEMS.....	167
A. Karilkhan, A. Tursynova STUDY OF THE SYNTHESIS OF ISOPULEGOL AND MENTHOL FROM MONOTERPENE CITRONELLAL.....	186
A.A. Kudaibergen, A.K. Nurlybekova, J. Jenis, M.A. Dyusebaeva CHEMICAL CONSTITUENTS OF LIPOSOLUBLE EXTRACT OF ARTEMISIA TERRAE-ALBAE.....	195
M.G. Murzagaliyeva, N.S. Ashimkhan, A.O. Sapieva INVESTIGATION OF COLLOID-CHEMICAL PROCESSES OF WASTERWATER TREATMENT WITH NATURAL ADSORBENTS.....	204
G.F. Sagitova, S.A. Sakibayeva, B.A. Sakybayev, Z.A. Emkulova, V.Yu. Morozova DEVELOPMENT OF SEALING RUBBERS BASED ON BUTADIENE-NITRILE RUBBERS AND FILLERS.....	219
B.S. Serikbayeva, R. Abzhalov, A.V. Kolesnikov, Sh.T. Koshkarbayeva, M.S. Satayev DIRECT PHOTOCHEMICAL SILVERATION OF POLYMERS.....	230

A.T. Takibayeva, O.V. Demets, A.A. Zhorabek, A. Karilkhan, D.A. Rajabova SYNTHESIS AND RESEARCH OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF LUPAN TRITERPENOIDS.....	244
B.R. Taussarova, M.Sh. Suleimenova, Zh.E. Shaikhova, S.O. Abilkasova, L.M. Kalimoldina STUDY OF PROPERTIES OF CELLULOSE TEXTILE MATERIALS BASED ON COPPER NANOPARTICLES.....	259
B.Kh. Khussain, A.R. Brodskiy, A.S. Sass, I.I. Torlopov, K.R. Rakhmetova PRELIMINARY TREATMENT OF THERMAL DEVICES' EMISSIONS IN DECARBONIZATION TECHNOLOGY.....	271
AKISHEV BAYAN RAKISHEVICH (on the 90th anniversary of birth)	283

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Подписано в печать 29.03.2024.

Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать - ризограф.

19,0 п.л. Тираж 300. Заказ 1.