



Региональный  
научно-образовательный  
математический центр  
Томского  
государственного  
университета



Национальный  
исследовательский  
Томский  
государственный  
университет

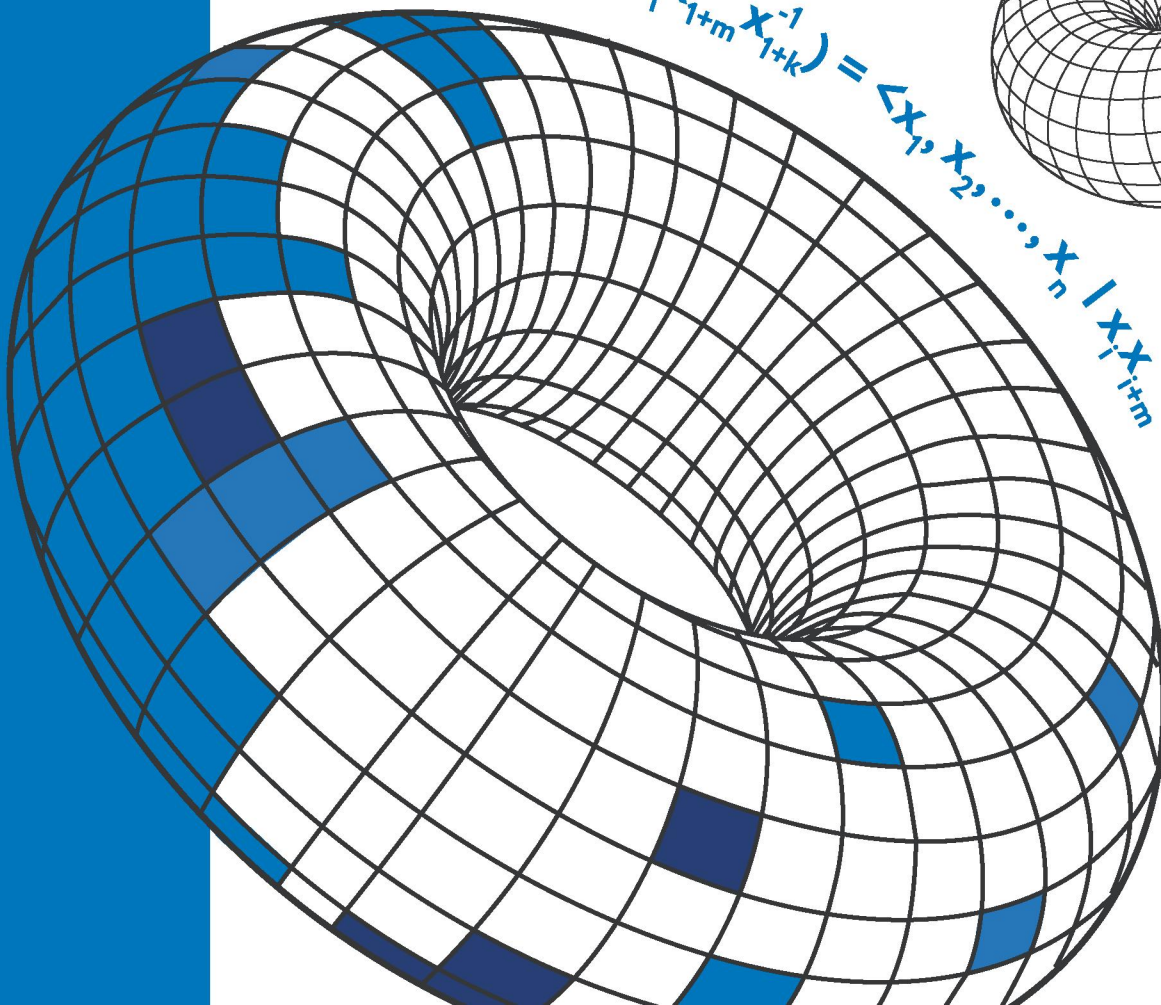
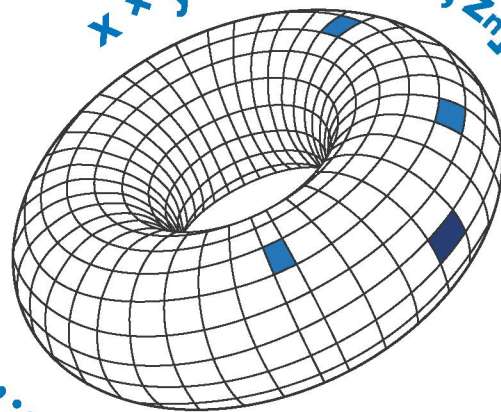


# Научная конференция Алгебраическая топология, гиперболическая геометрия и компьютерный анализ данных

5–9 декабря 2023 г.  
г. Томск

$$G_n(m, k) = G_n(x_1, x_{1+m}, x_{1+k}^{-1}) = \langle x_1, x_2, \dots, x_n \mid x_i x_{i+m} = x_{i+k}, i = 1, \dots, n \rangle$$

$$x + y = [z_1, z_2, \dots, z_n]$$



# Научная конференция «Алгебраическая топология, гиперболическая геометрия и компьютерный анализ данных»

## **Программный комитет конференции**

В.М. Бухштабер (научный руководитель международной лаборатории Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»)

А.Ю. Веснин (руководитель Регионального научно-образовательного математического центра Национального исследовательского Томского государственного университета)

Т.Е. Панов (главный научный сотрудник Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»)

## **Организационный комитет конференции**

Я.А. Верёвкин (заведующий лабораторией Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»)

Л.В. Гензе (директор Регионального научно-образовательного математического центра Национального исследовательского Томского государственного университета)

Т.А. Козловская (старший научный сотрудник Регионального научно-образовательного математического центра Национального исследовательского Томского государственного университета)

А.С. Челнокова (младший научный сотрудник Регионального научно-образовательного математического центра Национального исследовательского Томского государственного университета)



В программу конференции включены доклады, принятые программным комитетом для участия в научной конференции «Алгебраическая топология, гиперболическая геометрия и компьютерный анализ данных».

Конференция организована в рамках соглашения Высшей школы экономики и Томского государственного университета о реализации проекта «Зеркальные лаборатории» и проводится при поддержке Программы развития ТГУ (проект НУ 2.0.1.23 ОНГ Приоритет-2030).

E-mail: [rnc@math.tsu.ru](mailto:rnc@math.tsu.ru)

© Томский государственный университет, 2023

© Авторы статей, 2023

	6 декабря среда		7 декабря четверг	8 декабря пятница	9 декабря суббота		
	<i>Малый конференц-зал Научной библиотеки ТГУ</i>		<i>Малый конференц-зал Научной библиотеки ТГУ</i>	<i>Малый конференц-зал Научной библиотеки ТГУ</i>	<i>Малый конференц-зал Научной библиотеки ТГУ</i>	<i>Малый конференц-зал Научной библиотеки ТГУ</i>	<i>305 аудитория второго корпуса ТГУ</i>
			<b>10:00–10:50</b>	<b>В.М. Бухштабер</b>	<b>А.Ю. Веснин</b>	<b>Круглый стол «Актуальные проблемы топологического и геометрического анализа данных»</b>	
			<b>11:00–11:50</b>	<b>А.К. Бернадотт</b>	<b>И.В. Дель</b>		
			<b>11:50–12:10</b>	<b>Кофе-брейк</b>			
<b>12:10–13:00</b>	<b>Я.А. Верёвкин</b>	<b>Х.Б. Выюнг</b>					
<b>13:30–14:00</b>	Регистрация участников	<b>13:00–14:00</b>	Экскурсия	Обед	Заккрытие конференции		
<b>14:00–14:10</b>	Открытие конференции	<b>14:00–15:00</b>	Обед				
<b>14:10–15:00</b>	<b>Т.Е. Панов</b>	<b>15:00–15:30</b>	<b>А.А. Егоров</b>	<b>М.Е. Бекетов</b>			
<b>15:10–16:00</b>	<b>М.Н. Зонов</b>	<b>15:40–16:10</b>	<b>М.А. Чирков</b>	<b>О.А. Ошмарина</b>			
<b>16:10–16:30</b>	Кофе-брейк	<b>16:20–16:40</b>	Кофе-брейк				
<b>16:30–17:20</b>	<b>Т.А. Козловская</b>	<b>16:40–17:10</b>	<b>Ф.Е. Вылегжанин</b>	<b>Т.А. Рахматуллаев</b>			
<b>17:30–18:00</b>	Дискуссия	<b>17:20–18:00</b>	Дискуссия				

# ДВОЙНЫЕ ГОМОЛОГИИ МОМЕНТ-УГОЛ-КОМПЛЕКСОВ И БИГРАДУИРОВАННЫЕ МОДУЛИ УСТОЙЧИВОСТИ

Т.Е. Панов

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва  
Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики», Москва*

Двойные гомологии момент-угол-комплекса  $Z_K$  определяются как гомологии цепного комплекса  $CH_*(Z_K) = (H_*(Z_K), \delta')$ , получаемого путём введения второго дифференциала  $\delta'$  на биградуированных гомологиях  $Z_K$ .

Биградуированные двойные гомологии существенно меньше, чем обычные биградуированные гомологии момент-угол-комплексов, и поэтому могут быть более доступными с вычислительной точки зрения. Что более важно, модули устойчивых (persistent) гомологий, определённые на основе биградуированных двойных гомологий фильтрации Вьеториса-Рипса, обладают свойством стабильности, т.е., грубо говоря, устойчивости к малым изменениям входных данных.

Доклад основан на совместных работах с А. Бари, И. Лимонченко, Дж. Сонгом и Д. Стенли.

[1] Limonchenko Ivan, Panov, Taras, Song Jongbae, Stanley Donald. Double cohomology of moment-angle complexes. *Advances in Mathematics* **432** (2023), 109274, 34 pp.

[2] Bahri Anthony, Limonchenko Ivan, Panov Taras, Song Jongbaek, Stanley Donal. A stability theorem for bigraded persistence barcodes. arXiv:2303.14694.

## О РОСТЕ МНОГОЗНАЧНЫХ ДИНАМИК

М.Н. Зонов<sup>1\*</sup>, В.Г. Бардаков<sup>2</sup>, Т.А. Козловская<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Томский государственный университет, Томск

<sup>2</sup>Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Новосибирск

Доклад посвящён исследованию функций роста многозначных динамик, связанных с действием многозначных групп на себе. Для многозначных групп, построенных с помощью косет-конструкции, построены ограничения сверху и снизу на функцию роста динамики элемента этой группы. Показано, что для двузначной группы, для которой выполнено условие  $x=inv(x)$ , функция роста ограничена сверху квадратичным полиномом.

---

\*) Исследования выполнены в рамках соглашения ВШЭ и ТГУ о зеркальных лабораториях и при поддержке Программы развития ТГУ (проект НУ 2.0.1.23 ОНГ Приоритет-2030).

## МНОГОЗНАЧНЫЕ ГРУППЫ И МНОГОГРАННИК НЬЮТОНА

Т.А. Козловская<sup>1\*</sup>, В.Г. Бардаков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Томский государственный университет, Томск

<sup>2</sup>Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Новосибирск

Даны ответы на вопросы В. М. Бухштабера (из статьи «*n*-Valued groups: theory and applications». Moscow Math.J., V. 6, №1, 2006, 57–84 (см. стр.5), связанные с многозначными группами на множестве комплексных чисел. В частности, найдены коэффициенты симметрических многочленов, определяющих многозначное умножение. А также построены многогранники Ньютона, связанные с этими многочленами.

---

\*) Исследования выполнены в рамках соглашения ВШЭ и ТГУ о зеркальных лабораториях и при поддержке Программы развития ТГУ (проект НУ 2.0.1.23 ОНГ Приоритет-2030).

## Топологические $n$ -значные группы.

**В.М. Бухштабер\***

*Математический институт им. В.А. Стеклова РАН, Москва*

*Математический центр мирового уровня МИАН, Москва*

*Национальный исследовательский университет*

*«Высшая школа экономики», Москва*

В докладе будут введены основные понятия теории топологических  $n$ -значных групп  $X$ , включая конструкции  $n$ -алгебры Хопфа и алгебры операторов, инвариантных относительно индуцированного сдвига на кольце функций  $C(X)$ .

Мы обсудим взаимосвязи этой теории с теорией симметрических степеней пространств, с теорией разветвлённых накрытий, с теорией нильпотентных топологических групп и с гиперболической геометрией.

В центре внимания будут результаты о действии конечных групп  $\Gamma$  на многообразиях  $M$ , таких, что пространства орбит  $M/\Gamma$  являются многообразиями.

---

\*) Доклад подготовлен в ходе исследований в рамках проекта «Зеркальные лаборатории» НИУ ВШЭ.

# ПРИМЕНЕНИЕ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ ВЛОЖЕНИЙ ДАННЫХ В МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ

*А.К. Бернадотт*

*Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики», Москва  
Национальный исследовательский технологический  
университет МИСиС, Москва  
ООО «Нейроспутник», Москва*

В данной работе было применено построение вложений в гиперболическое пространство для преобразования 8 и 16-канальных данных электроэнцефалографии (ЭЭГ) в пространство меньшей размерности для задачи классификации ментальных паттернов. В исследовании использовались данные от двух групп участников: индивидов в трезвом состоянии и индивидов под действием легкого алкогольного опьянения.

Полученные результаты показали, что гиперболические вложения повышают точность бинарной классификации, по сравнению с точности классификации большей размерности при построении вложений в евклидовом (с L2 нормой), римановом и сферическом пространстве.

Полученные данные меньшей размерности сохраняют топологическую информацию при снижении уровня шума.

Статья подготовлена в ходе проведения исследования в рамках проекта «Зеркальные лаборатории» НИУ ВШЭ.

В статье использовались устройства (Hermes Start) для сбора ЭЭГ сигнала и алгоритмы компании ООО «Нейроспутник».



# ПРИСОЕДИНЁННАЯ АЛГЕБРА ЛИ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ГРУППЫ КОКСТЕРА

**Я.А. Верёвкин**

*Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики», Москва*

Мы исследуем нижний центральный ряд прямоугольной группы Кокстера  $RC_K$  и связанную с ней алгебру Ли  $L(RC_K)$ , имеющей связь с граф-алгеброй Ли  $L_K$ . Будет дано явное комбинаторное описание первых трёх последовательных членов градуированных компонент присоединённой алгебры Ли группы  $RC_K$ .

## О ПРЕДСТАВЛЕНИИ ГРУППЫ ВИРТУАЛЬНЫХ КОС, СВЯЗАННОМ С КЛАСТЕРНЫМИ АЛГЕБРАМИ.

А.А. Егоров, А.Ю. Веснин

*Томский государственный университет, Томск*

В 2015 году в работе [1] Хиками и Иноуе построили представление группы кос в терминах кластерной алгебры, связанной с разбиением дополнения соответствующего узла на идеальные гиперболические тетраэдры. Мы строим представление группы виртуальных кос на основе представления Хиками и Иноуе.

[1] Hikami K., Inoue R. Braids, complex volume and cluster algebra. *Algebraic and Geometric Topology* **15** (2015), 2175–2194.

## ФУНКЦИЯ РОСТА $n$ -ЗНАЧНОЙ ДИНАМИКИ

М.А. Чирков\*

*Центр интегрируемых систем  
Ярославского государственного университета, Ярославль*

Эта статья отвечает на вопрос В. М. Бухштабера про функцию роста конкретной  $n$ -значной группы. Этот вопрос тесно связан с дискретными интегрируемыми системами. В этой работе мы найдем формулу для функции роста в том случае, когда число  $n$  простое. Будет найдена интересная связь динамики с циллическими композициями. Кроме того, мы докажем полиномиальную асимптотическую оценку функции роста в общем случае. Наконец, мы поставим новые задачи и гипотезы о функциях роста.

---

\*) Работа подготовлена в рамках программы развития Регионального научно-образовательного математического центра Ярославского государственного университета при финансовой поддержке Министерства Науки и Высшего образования Российской Федерации (соглашение № 075-02-2023-948).

# КОПРЕДСТАВЛЕНИЯ КОММУТАНТОВ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ГРУПП АРТИНА И КОКСЕТЕРА

Ф.Е. Вылегжанин

*Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики», Москва  
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва*

Конструкция граф-произведения групп сопоставляет набору из  $m$  дискретных групп и простому графу на  $m$  вершинах новую группу, занимающую промежуточное положение между их свободным и прямым произведением. Примеры граф-произведений — прямоугольные группы Артина (случай свободных циклических групп) и Коксетера (случай групп порядка 2).

Граф-произведения и их подгруппы тесно связаны с конструкциями из торической топологии и теории полиэдральных произведений топологических пространств. Это позволило указать минимальный набор порождающих для коммутантов прямоугольных групп Артина и Коксетера, вычислить их ранг, дать критерий их свободности [1,2].

Мы исследуем соотношения в этих группах топологическими и гомологическими методами. Получены верхние и нижние оценки на дефект, которые совпадают для широкого класса графов. Используя подход Цая Ли, мы описываем алгоритм, вычисляющий конкретные «экономные» копредставления. Все результаты обобщаются на случай декартовых подгрупп в граф-произведениях.

Исследование выполнено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ.

[1] Панов Т.Е., Верёвкин Я.А. Полиэдральные произведения и коммутанты прямоугольных групп Артина и Коксетера. *Математический сборник* **207:11** (2016), 105–126.

[2] Panov T., Veryovkin Y. On the commutator subgroup of a right-angled Artin group. *Journal of Algebra* **521** (2019), 284–298.

## ГРУППЫ С ЦИКЛИЧЕСКИМ ПРЕДСТАВЛЕНИЕМ, ТРЕХМЕРНЫЕ МНОГООБРАЗИЯ И N-ЗНАЧНЫЕ ГРУППЫ

*А.Ю. Веснин\**

*Томский государственный университет, Томск  
Новосибирский государственный университет, Новосибирск  
Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Новосибирск*

Представление группы, в котором число определяющих соотношений равно числу порождающих, называют сбалансированным. Сбалансированное представление фундаментальной группы замкнутого 3-многообразия возникает, например, если многообразие задано сплетением Хегора. Сбалансированное представление называют циклическим, если все определяющие соотношения получаются из исходного циклической перестановкой порождающих. Таким образом, циклическое представление влечет наличие у группы циклического автоморфизма. Наиболее известным классом групп с циклическим представлением являются группы Фибоначчи, вопрос о конечности которых был поставлен Конвеем в 1965 г.

Мы рассмотрим некоторые классы групп с циклическим представлением, обобщающие группы Фибоначчи, и приведем результаты о реализуемости этих групп как фундаментальных групп замкнутых 3-многообразий.

Основываясь на совместной работе с В.М. Бухштабером, мы построим  $n$ -значные группы, соответствующие группам с циклическим представлением.

---

\*) Исследования выполнены в рамках соглашения ВШЭ и ТГУ о зеркальных лабораториях и при поддержке Программы развития ТГУ (проект НУ 2.0.1.23 ОНГ Приоритет-2030).

## ПРОГНОЗ СКОРОСТИ И ПОРЫВОВ ВЕТРА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

*И.В. Дель, А.В. Старченко*

*Томский государственный университет, Томск*

Реализованы и обучены различные архитектуры нейронных сетей для краткосрочного прогнозирования приземной скорости ветра на двух наборах данных, а также для прогнозирования порывов ветра.

По измеренным стационарной метеостанцией историческим значениям температуры, атмосферного давления, относительной влажности, скорости и направления ветра за предыдущие часы поставлена задача предсказать скорость ветра на 1, 3, 6 часов вперед и порыв ветра на текущий час.

Полученные результаты показывают удовлетворительную точность прогнозирования с использованием рассматриваемых нейронных сетей. Сравнительный анализ результатов прогнозирования всех архитектур, свидетельствует о том, что методы нейросетевого прогнозирования имеют большой потенциал в трудоемких, плохо формализованных задачах, например, как краткосрочный прогноз метеопараметров.

## УЗЛЫ И ЗАЦЕПЛЕНИЯ В ТРЕХМЕРНОМ ТОРЕ

Х.Б. Выонг

*Томский государственный университет, Томск*

Классическая теория узлов, изучая задачи вложений окружности в трехмерную сферу, была расширена до более широкой теории. Например, теорию виртуальных узлов можно рассматривать как теорию узлов на утолщенных замкнутых ориентированных поверхностях. Теория узлов в других трехмерных многообразиях, таких как проективное и линзовое пространство, воплотилась в жизнь в последнее десятилетие. Автор исследовал диаграммный подход к изучению узлов в трехмерном торе. Предложим алгоритм получения представления фундаментальной группы дополнения к зацеплению. Представлены скрученные полиномы Александера и кручения Рейдемейстера для зацеплений в 3-торе.

# СИММЕТРИЧНЫЕ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИЕ ВЛОЖЕНИЯ ДАННЫХ В МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ

*М.Е. Бекетов*

*Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики», Москва*

В современном машинном обучении и анализе данных одной из основных идей является идея эмбедингов (такая калька с английского уже прижилась как термин): если на данных имеется какая-то структура, задача построения эмбедингов заключается в поиске (параметризованного нелинейного) отображения (нейросети) в некоторое пространство, в котором эта структура присутствует. Классический пример – это вложения слов естественного языка, т.н. word2vec: линейная структура евклидова пространства, в которое отображаются слова (вложение строится на основе статистических свойств совместной встречаемости), служит отражением семантической структуры: king – man + woman = queen (под словами имеются в виду их образы – эмбединги). Многие данные, с которыми приходится работать, имеют иерархическую структуру, которую можно закодировать графом-деревом – такие структуры хорошо отображаются в гиперболические пространства. Такие «гиперболические эмбединги» – уже довольно развитое направление в машинном обучении.

При построении гиперболических вложений, разумеется, нужно учитывать особенности таких пространств – серьезно стоит задача численной стабильности алгоритмов, строящих такие вложения. Недавно в качестве решения этой задачи в работе [1] было предложено использовать замощения гиперболических пространств – по сути, вкладываемая точка данных кодируется вершиной регулярной решетки такого замощения. Однако из всего множества возможных замощений (плоскости Лобачевского) в данной работе было использовано всего одно, самое простое. В докладе я постараюсь обозначить направления развития данной темы вложениями на основе замощений с иными группами симметрий.

[1] Yu T., De Sa C. M. Numerically accurate hyperbolic embeddings using tiling-based models. *Advances in Neural Information Processing Systems* **32** (2019).



# ИНВАРИАНТЫ ЗАУЗЛЕННЫХ ГРАФОВ И ПОСТРОЕННЫХ ПО ГРАФАМ ЗАЦЕПЛЕНИЙ

О.А. Ошмарина<sup>1,2</sup>, А.Ю. Веснин<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Томский государственный университет, Томск

<sup>2</sup> Новосибирский государственный университет, Новосибирск

<sup>3</sup> Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Новосибирск

Мы будем рассматривать заузленные (пространственные) графы – гладкие вложения графов в трёхмерную сферу. Заметим, что при таком отображении каждый цикл будет вложен как узел, поэтому даже комбинаторно простые графы при вложении могут иметь нетривиальную структуру. Два заузленных графа называются эквивалентными, если существует пространственная изотопия, переводящая один граф в другой. Так же, как и в случае узлов и зацеплений, пространственные графы можно изучать с помощью их диаграмм. На основе такого представления заузленных графов строятся полиномы Ямады и Егера – одни из наиболее используемых инвариантов заузленных графов. В докладе будет обсуждаться связь, возникающая между нормированным полиномом Егера пространственных тета- и K4-графов и полиномом Джонса построенных по ним зацеплений.

## 2-ОГРАНИЧЕННЫЕ ПРИСОЕДИНЕННЫЕ АЛГЕБРЫ ЛИ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ГРУПП КОКСТЕРА

*Т.А. Рахматуллаев*

*Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики», Москва*

Момент-угол комплексы  $\mathcal{R}_{\mathcal{K}}$  и  $\mathcal{Z}_{\mathcal{K}}$  являются значимыми объектами в торической топологии. Данный доклад фокусируется на изучении связи между фундаментальной группой вещественного момент-угол комплекса  $\mathcal{R}_{\mathcal{K}}$  и алгеброй Понтрягина для момент-угол комплекса  $\mathcal{Z}_{\mathcal{K}}$ . Основной конструкцией в проведенной параллели является конструкция кольца Ли ассоциированного с центральной фильтрацией на группе.

Для любой группы  $G$  можно рассмотреть различные центральные ряды, то есть последовательности подгрупп  $\mathcal{G} = \{G_k\}_{k \geq 1}$  для которых верно, что:  $G_1 = G$ ,  $G_{k+1} \subset G_k$ , и  $(G_k, G_l) \subset G_{k+l}$ . Для каждого такого ряда можно рассмотреть ассоциированное кольцо Ли, получаемое как прямая сумма последовательных факторов ряда:  $\bigoplus G_i / G_{i+1}$ . Скобка в таком кольце соответствует коммутатору в группе. Классическая конструкция, изучаемая в таком контексте, — это кольцо Ли, ассоциированное с нижним центральным рядом:  $\gamma_k = (\gamma_{k-1}, G)$ , называемое также присоединенным кольцом Ли.

Фундаментальная группа вещественного момент-угол комплекса  $\mathcal{R}_{\mathcal{K}}$  изоморфна коммутанту прямоугольной группы Кокстера — группы с  $m$  образующими  $v_1, \dots, v_m$ , соотношениями коммутирования  $v_i v_j = v_j v_i$  для вершин, соединенных в графе,  $i, j \in \mathcal{K}$ , и соотношениями вида  $v_i^2 = id$  для всех  $i \in [m]$ . Присоединенное кольцо Ли прямоугольной группы Кокстера является алгеброй Ли над  $Z_2$ . Проблема описания получаемой алгебры была частично изучена в работах [1–3]. Было показано, что задача описания аддитивного базиса и отношений, даже в оценках ниже 4, является сложной. В этой работе мы представляем подход к изучению 2-ограниченных ассоциированных алгебр Ли как более естественных объектов над полем характеристики 2. Для этого объекта

известен изоморфизм с групповым кольцом [4], который значительно помогает в явном описании копредставления.

В итоге удастся доказать изоморфизм 2-ограниченной присоединенной алгебры Ли групп Кокстера с так называемой 2-граф алгеброй Ли:

$$L_{\mathcal{K}}^{[2]} = FL_{Z_2}^{[2]}(\mathcal{K}^0) / \langle [v_i, v_j] = 0, \{i, j\} \in \mathcal{K}; v_i^{[2]} = 0, \forall i \in \mathcal{K}^0 \rangle$$

В качестве следствия этого изоморфизма, для флаговых комплексов  $\mathcal{K}$ , существует связь между фундаментальной группой полиэдральной степени вещественного бесконечномерного проективного пространства и алгеброй Понтрягина полиэдральной степени комплексного бесконечномерного проективного пространства:

$$\bar{U}\left(\text{gr}^{[2]}\pi_1((RP^\infty)^{\mathcal{K}})\right) = H_*(\Omega(CP^\infty)^{\mathcal{K}}; Z_2).$$

- [1] Верёвкин Я.А. Присоединенная алгебра Ли прямоугольной группы Кокстера. *Труды Математического института имени В.А. Стеклова* **305** (2019), 61–70. DOI: 10.4213/tm3992
- [2] Верёвкин Я.А., Рахматуллаев Т.А. О последовательных факторах нижнего центрального ряда прямоугольных групп Кокстера (2023) (в печати)
- [3] Veryovkin Y. Graded components of the Lie algebra associated with the lower central series of a right-angled Coxeter group. *Proceedings of the Steklov Institute of Mathematics* **318** (2022), 26–37. DOI: 10.1134/S0081543822040034
- [4] Quillen D.G. On the associated graded ring of a group ring. *Journal of Algebra* **10:4** (1968), 411-418.

## Докладчики конференции

Бекетов Максим Евгеньевич	Стажёр-исследователь Международной лаборатории алгебраической топологии и её приложений Высшей школы экономики	mbeketov@hse.ru
Бернадотт Александра Карл	Старший научный сотрудник Международной лаборатории алгебраической топологии и её приложений Высшей школы экономики	abernadotte@hse.ru
Бухштабер Виктор Матвеевич	Научный руководитель Международной лаборатории алгебраической топологии и её приложений Высшей школы экономики	buchstab@mi-ras.ru
Веснин Андрей Юрьевич	Руководитель Регионального научно-образовательного центра Томского государственного университета	vesnin@math.nsc.ru
Верёвкин Яков Александрович	Заведующий Международной лаборатории алгебраической топологии и её приложений Высшей школы экономики	yverevkin@hse.ru
Вылегжанин Фёдор Евгеньевич	Стажёр-исследователь Международной лаборатории алгебраической топологии и её приложений Высшей школы экономики	vylegf@gmail.com
Вьонг Хыу Бао	Старший научный сотрудник Регионального научно-	vuonghuubao@live.com

образовательного центра  
Томского государственного  
университета

Дель Ирина  
Васильевна

Ассистент кафедры  
вычислительной математики и  
компьютерного  
моделирования Томского  
государственного  
университета

irina.del@mail.tsu.ru

Егоров Андрей  
Александрович

Младший научный сотрудник  
Регионального научно-  
образовательного центра  
Томского государственного  
университета

a.egorov2@g.nsu.ru

Зонов Матвей  
Никитович

Младший научный сотрудник  
Регионального научно-  
образовательного центра  
Томского государственного  
университета

mat.zonov@yandex.ru

Козловская Татьяна  
Анатольевна

Старший научный сотрудник  
Регионального научно-  
образовательного центра  
Томского государственного  
университета

t.kozlovskaya@math.tsu.ru

Ошмарина Ольга  
Андреевна

Лаборант Регионального  
научно-образовательного  
центра Томского  
государственного  
университета

olya.oshmarina@mail.ru

Рахматуллаев  
Темурбек  
Анасбекович

Стажёр-исследователь  
Международной лаборатории  
алгебраической топологии и её

raxtemur@gmail.com

приложений Высшей школы  
экономики

Панов Тарас  
Евгеньевич

Главный научный сотрудник  
Международной лаборатории  
алгебраической топологии и её  
приложений Высшей школы  
экономики

[taras.e.panov@gmail.com](mailto:taras.e.panov@gmail.com)

Чирков Михаил  
Анатольевич

Студент Ярославского  
государственного  
университета  
им. П.Г. Демидова

[mikhlchirkov@gmail.com](mailto:mikhlchirkov@gmail.com)

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Конференция проводится в рамках соглашения  
Высшей школы экономики и Томского государственного  
университета о зеркальных лабораториях  
и при поддержке Программы развития Томского  
государственного университета (Приоритет -2030)

**приоритет2030^**

лидерами становятся

