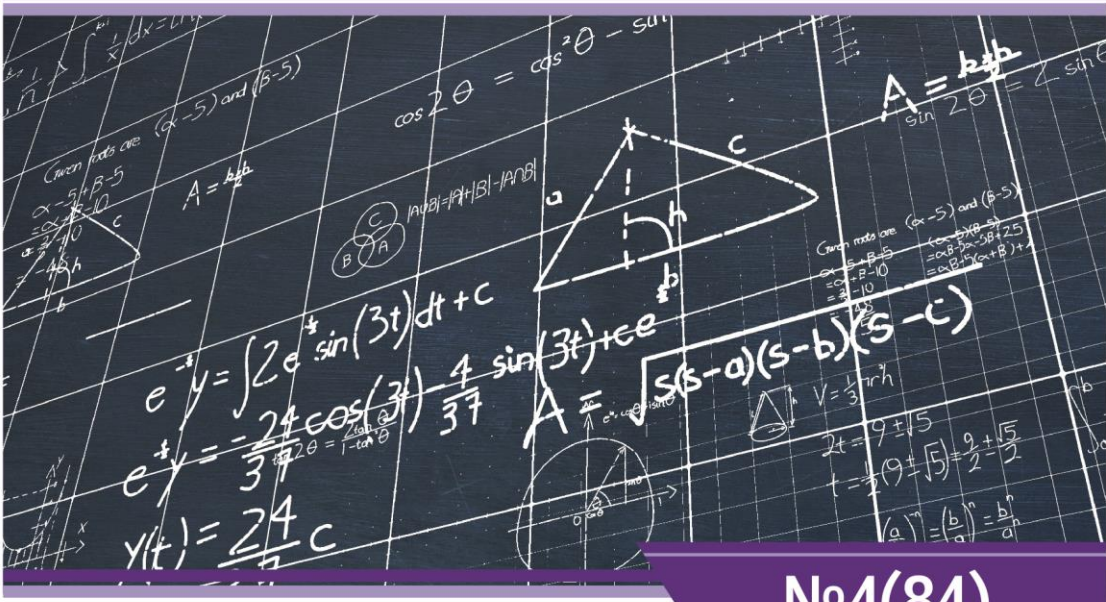
НАУЧНЫЙ ФОРУМ
nauchforum.ru

ISSN: 2541-8394



№4(84)

НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

МОСКВА, 2025

НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Сборник статей по материалам LXXXIV международной научно-практической конференции

№ 4(84)
Май 2025 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва
2025

УДК 51/53+62
ББК 22+3
Н34

Председатель редколлегии:
Лебедева Надежда Анатольевна – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:
Данилов Олег Сергеевич – канд. техн. наук, научный сотрудник Дальневосточного федерального университета;
Маршалов Олег Викторович – канд. техн. наук, начальник учебного отдела филиала ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ), Россия, г. Златоуст.

Н34 Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам LXXXIV междунар. науч.-практ. конф. – № 4(84). – М.: Изд. «МЦНО», 2025. – 38 с.

ISSN 2541-8394

Статьи, принятые к публикации, размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ББК 22+3
ISSN 2541-8394

© «МЦНО», 2025

Оглавление

Технические науки 4

Раздел 1. Технические науки 4

1.1. Информатика, вычислительная техника и управление 4

ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОМ АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ СЛУЖБЫ МАРКЕТИНГА И РЕКЛАМЫ 4
Лаухин Алексей Алексеевич
Королькова Ирина Анатольевна

1.2. Машиностроение и машиноведение 12

О ВАРЬИРОВАНИИ СРЕДНЕГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПОЛИТРОПЫ СЖАТИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ТЕПЛОВОМ РАСЧЁТЕ ДИЗЕЛЯ 12
Стефановский Алексей Борисович

1.3. Металлургия и материаловедение 19

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПЕКАНИЯ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ОКАТЫШЕЙ ИЗ КОНЦЕНТРАТА ЯКОВЛЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ 19
Диесперов Алексей Дмитриевич

Раздел 2. Математика 24

2.1. Математическая логика, алгебра и теория чисел 24

ПОПЫТКА ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ГИПОТЕЗЫ ГОЛЬДБАХА, НЕКОТОРЫЕ СЛЕДСТВИЯ ИЗ НЕЕ 24
Шиленкова Марина Владимировна

Раздел 3. Физика 32

3.1. Физика конденсированного состояния 32

МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСАЖДЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КЛАСТЕРОВ НА ПОДЛОЖКУ 32
Расулов Акбарали Махаматович
Иброхимов Нодирбек Икромжонович
Ходжиматов Жахонгир Муродович
Тухтасинов Азамат Гофурович

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗДЕЛ 1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

1.1. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОМ АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ СЛУЖБЫ МАРКЕТИНГА И РЕКЛАМЫ

Лаухин Алексей Алексеевич

студент
Московский университет имени С.Ю. Витте,
РФ, г. Москва

Королькова Ирина Анатольевна

научный руководитель,
Руководитель образовательной программы,
Московский университет имени С.Ю. Витте,
РФ, г. Москва

FEATURES OF SOFTWARE IMPLEMENTATION PROJECT MANAGEMENT OF AUTOMATION OF BUSINESS PROCESSES THE MARKETING AND ADVERTISING SERVICE

Alexey Laukhin

Student
Moscow University named after S.Yu. Witte,
Russia, Moscow

Irina Korolkova

Scientific supervisor,
Head of educational program,
Moscow University named after S.Yu. Witte,
Russia, Moscow

Аннотация. Цифровые технологии становятся неотъемлемой частью функционирования сферы маркетинга и рекламы. Одним из наиболее актуальных направлений становится разработка и интеграция различных автоматизированных средств для оптимизации бизнес-процессов в данной сфере. Целью настоящей статьи является выполнение анализа относительно возможности управления проектом автоматизации бизнес-процессов службы маркетинга и рекламы. Автором подтверждается актуальность и целесообразность применения данных инструментов в рассматриваемой области. Ставится задача о необходимости интеграции эффективных инструментов управления проектом автоматизации бизнес-процессов в сфере маркетинга и рекламы. В рамках работы представлены результаты разработки программного кода, решающие отдельные вопросы исходной задачи. Материалы статьи могут быть использованы в разработке прикладных решений управления проектом автоматизации бизнес-процессов службы маркетинга и рекламы.

Abstract. Digital technologies are becoming an integral part of the functioning in the field of marketing and advertising. One of the most relevant areas is the development and integration of various automated tools for optimizing business processes in this area. The purpose of this article is to perform an analysis regarding the possibility of managing a project to automate business processes of the marketing and advertising service. The author confirms the relevance and expediency of using these tools in the field under consideration. The task is to integrate effective project management tools for automating business processes in the field of marketing and advertising. As part of the work, the results of the development of software code that solve certain issues of the original problem presented. The materials of the article can used in the development of applied project management solutions for the automation of business processes of the marketing and advertising service.

Ключевые слова: Автоматизация, цифровые технологии, информационная система, маркетинг и реклама, бизнес-процесс, управление проектом.

Keywords: Automation, digital technologies, information system, marketing and advertising, business process, project management.

Сфера маркетинга и рекламы в период 2024 года играет критическую роль для компаний, стремящихся укрепить свои позиции на высококонкурентном рынке. В условиях глобализации и цифровизации актуализируется необходимость создания сильных брендов и эффективной коммуникации с потребителями [1]. Активное развитие цифровых решений значительно преобразует маркетинг и рекламу, повышая эффективность за счет персонализированных подходов и прогнозирования поведения аудитории.

Интеграция цифровых и автоматизированных технологий позволяет не только оптимизировать процессы, но и открывает новые возможности для быстрого анализа данных, что становится ключевой составляющей для адаптации к меняющимся запросам рынка.

Так, по данным последних исследований компании «Adindex», объем рынка цифровых решений для сферы маркетинга и рекламы по итогам 2023 года составляет свыше 325 миллиардов долларов, что подтверждает актуальность развития в данном направлении. Внедрение таких технологий служит для оптимизации процессов, анализа больших данных, повышения скорости и точности в принятии решений, а также для улучшения качества клиентского опыта.

Эти решения помогают в автоматизации таких задач как таргетинг, управление компаниями, анализ данных, прогнозирование поведения аудитории и мониторинг эффективности рекламы. Использование искусственного интеллекта и алгоритмов машинного обучения в автоматизированных решениях дает возможность строить детализированные модели поведения клиентов, анализировать эффективность рекламных каналов в режиме реального времени и оперативно вносить изменения для максимальной отдачи от инвестиций в маркетинг [2]. Автоматизация в маркетинге помогает не только снижать операционные затраты, но и значительно повышать конкурентоспособность, позволяя брендам глубже понимать потребности аудитории и оперативно реагировать на изменения.

Значимой задачей цифрового развития в маркетинге и рекламе является управление проектом автоматизации бизнес-процессов, направленных на повышение эффективности работы службы [3]. Этот процесс включает внедрение решений, которые автоматизируют задачи, связанные с планированием и реализацией маркетинговых кампаний, управлением бюджетом, анализом целевой аудитории и контролем за исполнением проекта. Автоматизированные технологии в данном случае обеспечивают непрерывный сбор и анализ данных, интеграцию различных цифровых инструментов для лучшего управления проектами, а также быструю обработку больших объемов информации для оперативного принятия решений.

Применение искусственного интеллекта, аналитических платформ и алгоритмов машинного обучения помогает командам маркетинга более эффективно управлять процессами, автоматизируя рутинные задачи, сводя к минимуму человеческие ошибки и улучшая персонализацию взаимодействия с клиентами [4]. Эти технологии позволяют значительно сократить временные и трудозатраты, тем самым высвобождая ресурсы для стратегического планирования и развития инновационных решений в маркетинговой стратегии компании.

В рамках управления проектом автоматизации бизнес-процессов в службе маркетинга и рекламы выполняются различные задачи, направленные на улучшение эффективности и точности процессов, что помогает компании быстро адаптироваться к изменениям рынка. К некоторым из таких задач относятся:

1. Автоматизация клиентской сегментации – создание гибкой системы классификации клиентов по интересам, поведению и характеристикам. Это позволяет формировать персонализированные рекламные предложения для разных целевых групп, улучшая вовлеченность клиентов и увеличивая конверсию;

2. Управление рекламными кампаниями в реальном времени – создание системы, которая отслеживает показатели эффективности и динамически регулирует параметры кампаний (бюджет, целевую аудиторию, частоту показов и др.) для достижения лучших результатов;

3. Анализ и прогнозирование потребностей клиентов – использование алгоритмов машинного обучения для анализа данных и прогнозирования поведения аудитории, что помогает заранее выявить изменяющиеся предпочтения клиентов и адаптировать рекламные стратегии;

4. Мониторинг и анализ конкурентов – внедрение автоматизированных систем для сбора информации о конкурентах, отслеживания изменений в их стратегиях и оценке их эффективности. Это позволяет оперативно корректировать собственные маркетинговые действия;

5. Оптимизация бюджета маркетинговых кампаний – использование аналитических инструментов для мониторинга и перераспределения бюджета между различными каналами в зависимости от показателей эффективности, что обеспечивает лучшую рентабельность вложений.

Эти задачи демонстрируют разнообразие и значимость процессов автоматизации в маркетинге и рекламе.

Автоматизированные технологии позволяют значительно ускорить рутинные процессы, улучшить точность данных, на основе которых принимаются решения, и повысить эффективность маркетинговых стратегий в условиях жесткой конкуренции и быстрой цифровой трансформации. В рамках данного научного исследования автором были реализованы такие

задачи автоматизации, как сегментация клиентов и автоматизация анализа эффективности рекламных кампании.

В задаче управления проектом автоматизации бизнес-процессов в маркетинге часто возникает необходимость в сегментации клиентской базы для более таргетированных кампаний. Этот процесс может быть автоматизирован с использованием машинного обучения для анализа больших объемов данных и выделения кластеров пользователей с общими характеристиками. Пример кода для сегментации с помощью алгоритма K-means:

```
import pandas as pd
from sklearn.cluster import KMeans
import matplotlib.pyplot as plt

# Загрузка данных о клиентах
data = pd.read_csv("customer_data.csv")

# Выбор характеристик для сегментации
features = data[['age', 'income', 'spending_score']]

# Применение K-means для сегментации
kmeans = KMeans(n_clusters=5, random_state=42)
data['cluster'] = kmeans.fit_predict(features)

# Визуализация результатов
plt.scatter(data['income'], data['spending_score'], c=data['cluster'])
plt.xlabel('Income')
plt.ylabel('Spending Score')
plt.title('Customer Segmentation')
plt.show()
```

Этот код позволяет автоматически разделить клиентов на группы, что упрощает дальнейшее таргетирование рекламных кампаний, а также помогает улучшить персонализацию взаимодействий с клиентами. Это обеспечивает универсальность решений автоматизации сегментации и возможность широкого применения представленного программного кода.

Перейдем к вопросу автоматизации анализа эффективности рекламных кампании. Важной частью управления проектами автоматизации является мониторинг и оценка эффективности маркетинговых кампаний в реальном времени. С помощью SQL и Python можно автоматически агрегировать данные о показателях компаний, что позволяет маркетологам

принимать решения на основе актуальной информации. Пример запроса и кода для анализа эффективности кампаний:

```
-- SQL-запрос для выборки данных по рекламным кампаниям
SELECT campaign_id, impressions, clicks, cost, revenue
FROM campaign_data
WHERE date >= '2024-01-01';

import pandas as pd
import sqlite3

# Подключение к базе данных
conn = sqlite3.connect('marketing_data.db')

# Загрузка данных о рекламных кампаниях
query = "SELECT campaign_id, impressions, clicks, cost, revenue
FROM campaign_data WHERE date >= '2024-01-01';"
campaign_data = pd.read_sql_query(query, conn)

# Рассчет ключевых показателей эффективности
campaign_data['CTR'] = campaign_data['clicks'] / campaign_data['im-
pressions']
campaign_data['ROI'] = (campaign_data['revenue'] – cam-
paign_data['cost']) / campaign_data['cost']

# Вывод результата анализа
print(campaign_data[['campaign_id', 'CTR', 'ROI']])

conn.close()
```

Этот подход позволяет автоматизировать анализ показателей, таких как CTR и ROI, в различных компаниях. Благодаря этому проектные менеджеры могут легко отслеживать рентабельность кампаний и при необходимости оперативно корректировать их для достижения максимальной эффективности.

Использование инструментов управления проектом автоматизации бизнес-процессов в службе маркетинга и рекламы предоставляет множество преимуществ, которые значительно повышают эффективность работы компании. Автоматизация позволяет существенно ускорить выполнение рутинных задач, таких как сбор и анализ данных, что дает маркетологам

ниях [5]. возможность сосредоточиться на более важных стратегических реше

Это не только экономит время, но и снижает вероятность ошибок, которые могут возникнуть при ручной обработке информации.

Помимо этого, автоматизированные системы помогают оптимизировать распределение ресурсов, включая бюджет, благодаря возможностям мониторинга в реальном времени и быстрой адаптации рекламных кампаний под изменяющиеся условия.

Благодаря анализу больших объемов данных и применению алгоритмов машинного обучения можно точнее прогнозировать потребности аудитории, что улучшает персонализацию рекламы и повышает конверсию [6]. Интеграция таких технологий позволяет улучшить координацию внутри команды, так как все процессы становятся более прозрачными и контролируемыми, что способствует лучшему взаимодействию между различными подразделениями компании. Использование автоматизированных инструментов также способствует оперативному реагированию на изменения в рыночной ситуации и конкурентной среде, что делает компанию более гибкой и конкурентоспособной.

Таким образом, основной целью представленной статьи являлось выполнение анализа относительно возможности управления проектом автоматизации бизнес-процессов службы маркетинга и рекламы. В рамках данной статьи рассмотрены ключевые задачи управления проектом автоматизации бизнес-процессов в службе маркетинга и рекламы, а также предложены программные решения для решения этих задач. Рассмотрены такие аспекты, как автоматизация клиентской сегментации, управление рекламными кампаниями в реальном времени, прогнозирование потребностей клиентов, мониторинг конкурентов и оптимизация бюджета. Программные решения, представленные автором, обеспечивают эффективное внедрение и применение этих инструментов, что существенно улучшает скорость, точность и результативность маркетинговых процессов.

В заключение следует отметить, что материалы статьи могут быть использованы при разработке прикладных решений для автоматизации бизнес-процессов в маркетинге и рекламе.

В частности, они могут стать основой для создания более совершенных систем, ориентированных на улучшение взаимодействия с клиентами, более точное прогнозирование и адаптацию рекламных стратегий к изменениям внешней среды. Эти разработки могут способствовать повышению общей эффективности работы компании, улучшая координацию и гибкость в принятии решений.

Список литературы:

1. Семенова А.А., Невейкин Е.Г. Развитие автоматизации бизнес-процессов // Инновации и инвестиции. 2023. №4. С. 148-151.
2. Прокина Е.Ю. Автоматизация бизнес-процессов // Контентус. 2022. №6 (119). С. 35-43.
3. Голик В.С. Автоматизация маркетинговой деятельности // Наука и инновации. 2021. №6 (220). С. 45-48.
4. Назарова А.Д., Сулимин В.В. Автоматизация процессов в бизнесе: преимущества и риски // Столыпинский вестник. 2023. №5. С. 2221-2230.
5. Мирошниченко М.А., Кузнецова К.А., Скоров А.Е. Автоматизация бизнес-процессов в производственной компании: организация движения и хранения документов в информационном пространстве // Вестник Академии знаний. 2021. №6 (47). С. 259-267.
6. Шевердин А.А. Автоматизация маркетинговых процессов с помощью искусственного интеллекта: преимущества и вызовы // Вестник науки. 2024. №1 (70). С. 139-150.

1.2. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

О ВАРЬИРОВАНИИ СРЕДНЕГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПОЛИТРОПЫ СЖАТИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ТЕПЛОВОМ РАСЧЁТЕ ДИЗЕЛЯ

Стефановский Алексей Борисович

канд. техн. наук, доцент,
Мелитопольский государственный университет,
РФ, г. Мелитополь

ABOUT VARIATION OF THE AVERAGE POLYTROPIC INDEX FOR COMPRESSION USED AT THE DIESEL ENGINE THERMAL CALCULATION

Alexei Stefanovsky

Candidate of Science, Associate Professor,
Melitopol State University,
Russia, Melitopol

Аннотация. Предлагается при тепловом расчёте дизеля выбирать величину среднего показателя политропы сжатия (СППС) равной показателю адиабаты воздуха (в среднем, около 1,37). При необходимости проведения расчёта для неадиабатного сжатия рабочего тела целесообразно использовать усреднённые пониженное (1,34) или повышенное (около 1,42) значения СППС, обоснованные с помощью опубликованных сведений. Уточнены области применения эмпирических зависимостей СППС от номинальной частоты вращения коленчатого вала дизеля.

Abstract. It is proposed at the thermal calculation of a diesel engine to choose a value of the average polytropic index for compression (APIC) which equals to the air adiabatic index (near 1.37 for average conditions). If the calculation should be fulfilled for non-adiabatic working fluid compression, APIC equals to the mean decreased (1.34) or increased (about 1.42) value which are proved by published evidence. Areas of use of empirical functions linking APIC to the diesel engine crankshaft rated rotation speed become more distinct.

Ключевые слова: средний показатель политропы сжатия; частота вращения коленчатого вала; дизель.

Keywords: average polytropic index for compression; crankshaft rotation speed; diesel engine.

В рамках классического теплового расчёта (ТР) дизеля конечные параметры рабочего тела (РТ) при его сжатии определяются весьма просто, если известны начальные параметры РТ, геометрическая степень сжатия ε и средний показатель политропы сжатия (СППС), обычно обозначаемый n_1: см., например, учебники [4, с. 26], [2, с. 36], [1, с. 107]. Данный показатель рекомендуется, как правило, выбирать из интервала, основанного на опыте экспериментальных исследований различных дизелей: n_1 = 1,32…1,42. Также известен способ вычисления СППС по Е.К. Мазингу, на основе численного решения системы двух уравнений, одно из которых совпадает с формулой, используемой в ТР для вычисления конечной температуры РТ, а второе – это упрощённая форма первого закона термодинамики для сжатия РТ (состоящего из воздуха и остаточных газов) [1, с. 106-107].

Чтобы увеличить вариацию выбираемого значения СППС, не усложняя ТР дизеля, в учебной и справочной литературе используются эмпирические формулы, увязывающие СППС с заданной номинальной частотой вращения коленчатого вала (ЧВКВ) $n_н$ дизеля и приведённые в таблице.

Таблица.

Эмпирические формулы, увязывающие СППС и номинальную ЧВКВ дизеля

Источники сведений	Формула (номер)
[7, с. 169], [5, с. 4], [6, с. 16]	$n_1 = \frac{1{,}5n}{n+180}$ или $\frac{1{,}5n_н}{n_н+180}$ (1) (В работе Портнова Д.А. коэффициент 178 вместо 180 и ЧВКВ n = 1600...2300 1/мин.)
[11, с. 64]	n_1 = 1,41 –110/n, (2) где n = 600…2500 1/мин – ЧВКВ.
[10, с. 26], [9, с. 21]	n_1 = 1,41 –100/n, (3) где n = 1000…3500 1/мин – ЧВКВ дизелей без наддува.

Кавтарадзе Р.З. опубликован график зависимости среднего показателя политропы, обозначенного n, от ЧВКВ дизелей с различными величинами рабочего объёма цилиндра V_h (0,5; 1,0; 2 дм^3), и такой же

зависимости для предельной величины этого показателя n_{max} [3, с. 448]. Вероятно, этот график (для $\varepsilon = 17$) был получен посредством уточнённого моделирования процесса сжатия РТ. Изображённая кривая линия для n_{max} похожа на экспоненту с затухающим ростом, но другие кривые – для трёх значений V_h – имеют общий максимум при ЧВКВ 3500…4000 1/мин (около 1,370). Ниже ЧВКВ 2000…2500 1/мин эти линии показывают слишком низкие значения среднего показателя политропы, не согласующиеся с практикой осуществления ТР транспортных дизелей при задании такой номинальной ЧВКВ.

При варьировании СППС n_1 в пределах 1,32…1,42 его значение отклоняется от середины этого интервала примерно на $0{,}05/1{,}37*100 \approx 3{,}65$ %. Если принять $\varepsilon = 17$, то это может приводить к предельным относительным отклонениям конечных параметров РТ в среднем на 13-14 %. Поэтому желательно уменьшить размах варьирования СППС при ТР дизеля. Для этого представляется целесообразным считать процесс сжатия РТ адиабатным (когда количества теплоты, подведённой к РТ и отведённой от него, совпадают с достаточной точностью), и тогда СППС $n_1 = k_{ад,сж}$ – приравнивается к среднему (для интервала изменения температуры РТ) показателю адиабаты. Последний варьируется намного меньше, чем n_1, что видно из номограммы [4, с. 27]: для $\varepsilon = 12…20$ и начальной температуры РТ $T_a = 280…400$ К $k_{ад,сж} \approx 1{,}36…1{,}38$, то есть варьируется лишь на $0{,}02/1{,}37*100 \approx 1{,}5$ % относительно середины интервала 1,37. В этом случае относительные отклонения конечных параметров РТ не превысят 4 %, что более приемлемо. В частности, у дизеля без наддува и с повышенной ε можно ожидать $k_{ад,сж} \approx 1{,}37…1{,}38$; у дизеля с наддувом без охлаждения наддувочного воздуха $k_{ад,сж} \approx 1{,}36$, а при охлаждении последнего $k_{ад,сж} \approx 1{,}37$. Эффектом от масляного охлаждения поршней в первом приближении можно пренебречь, так как температура их днищ будет существенно выше T_a.

Более полное представление о влиянии номинального скоростного режима дизеля на СППС можно получить с помощью базы данных о параметрах ТР и результатах уточнённого моделирования рабочих циклов и экспериментальных исследований транспортных дизелей с диаметром цилиндров от 0,88 до 6,2 дм [8, с. 7-18]. На рисунке показаны статистические зависимости СППС n_1 от номинальных средней скорости поршня $v_{п,ср}$ (5…12 м/с, левый график) и ЧВКВ $n_н$ (около 400…4000 1/мин, правый график). К сведениям из этой базы данных (им соответствуют нумерованные круглые точки: светлые – для ТР, тёмные – для других случаев; источники информации перечислены в [8, с. 26-28]), добавлены квадратные точки, относящиеся к экспериментальным исследованиям одноцилиндровых дизелей без наддува с размерностями цилиндров 8,5/8,0

(сведения о рабочем процессе этого дизеля – по данным компании «Туламашзавод») и 9,5/11,4 и дизеля 6ЧН 14/15,2 с турбонаддувом, согласно работам [13, с. 62-63] и [12, с. 24].

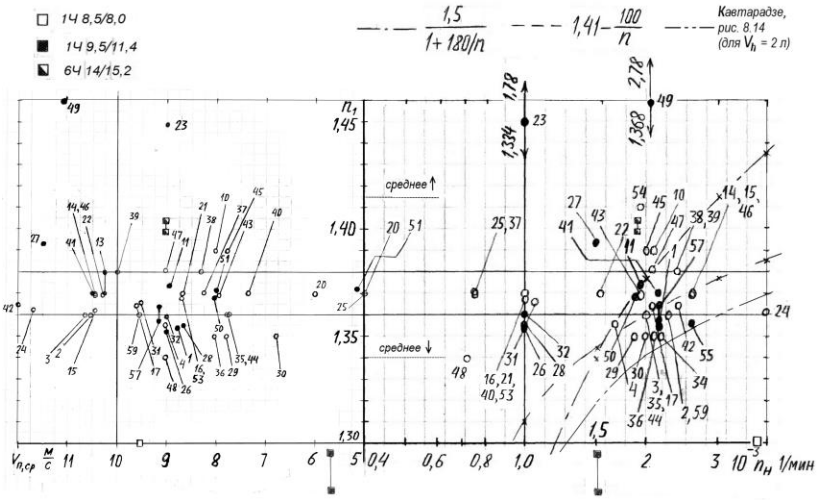


Рисунок. Влияние номинальных параметров быстроходности дизелей на СППС (для точек №23 и 49 также указаны предельные «сглаженные» значения)

Видно, что самый низкий СППС, в среднем около 1,29 (вычислен по конечным и начальным измеренным значениям давления и объёма РТ), получен для предкамерного дизеля 1Ч 9,5/11,4, а самый высокий, около 1,46 (согласно уточнённой модели рабочего цикла) – для дизеля №49 базы данных с турбонаддувом и размерностью цилиндра 15,9/15,9. При этом дизель 1Ч 9,5/11,4 работал на пониженном скоростном режиме, используя керосин в качестве топлива; коэффициент избытка воздуха составлял 1,30 и 1,45. На втором месте, по удалённости от центра распределения значений СППС, находятся дизели 1Ч 8,5/8,0 и №23 базы данных (с турбонаддувом и размерностью цилиндра 25/27). Все остальные точки расположены в пределах полосы значений $k_{ад,сж}$ = 1,36… 1,38 или незначительно удалены от неё. Усреднение 30 значений СППС, находившихся в пределах указанной полосы, дало среднее арифметическое (СА) около 1,37, при среднеквадратичном отклонении (СКО) точек 0,0063, пределах относительных отклонений точек от СА примерно

±0,8 % и среднем относительном отклонении 0,35 %. Это позволяет рекомендовать СППС, равный 1,37, для выполнения ТР дизеля при допущении, что сжатие РТ – адиабатное (кроме случая турбонаддува без охлаждения наддувочного воздуха).

Усреднение значений СППС в совокупностях, для которых n_1 меньше 1,36 и больше 1,38, дало соответствующие значения СА около 1,34 и 1,415, СКО 0,026 и 0,029 и пределы относительных отклонений точек от указанных СА –5 % и +3 %. Средние абсолютные отклонения точек в этих подгруппах от СА несколько меньше соответствующих значений СКО: около 0,019 и 0,024. Средние относительные отклонения точек от СА – около 1,5 % и 1,7 %. Наибольшее отрицательное отклонение точки (для дизеля 1Ч 9,5/11,4) близко к (1,29 –1,34)/0,026 ≈ 2 СКО, а наибольшее положительное (для дизеля ЧН 15,9/15,9) – к (1,46 – 1,415)/0,029 ≈ 1,6 СКО. Это позволяет рекомендовать значения СППС, равные вышеуказанным СА (1,34 или 1,415), для случаев выполнения ТР при неадиабатном сжатии РТ. При необходимости, можно дополнительно варьировать n_1, задавая отклонения от этих СА, выраженные пропорционально вышеуказанным СКО (0,026 и 0,029), в пределах плюс-минус СКО. Например, для СА 1,34 получится интервал n_1 = 1,34 ±0,026 ≈ 1,31…1,36, в пределах которого можно выбрать значение СППС, соответствующее сжатию РТ, которое сопровождается отводом теплоты.

На правом графике рисунка изображены кривые линии, соответствующие двум эмпирическим формулам из таблицы и модельной кривой для ε = 17 и V_h = = 2 дм^3 [3, с. 448]. Эти линии, не являясь линиями регрессии n_1 на $n_н$, имеют значительный наклон, особенно при $n_н$ < 1500 1/мин, и проходят значительно ниже группы нумерованных точек, относящихся к более тихоходным судовым и тепловозным дизелям – №20, 51, 25, 37, 48 и др. Следовательно, для этих двигателей увязывать СППС и $n_н$ с помощью эмпирических формул нецелесообразно, и при ТР необходимо принимать n_1 ≈ 1,37 или (при неадиабатном сжатии) равным вышеуказанным СА (1,34 или 1,415), причём только две точки – №23 и 27 – относятся к подгруппе с СА 1,415.

Для более быстроходных (по $n_н$) автотракторных дизелей возможна увязка СППС и $n_н$ с помощью эмпирической формулы (3), которая соответствует условию адиабатного сжатия РТ в интервале около 2000…3000 1/мин, а в интервалах $n_н$ около 1200…2000 и 3000…5000 1/мин даёт приемлемые отклонения от $k_{ад,сж}$. В работе Портнова Д.А. , предложившего первый вариант формулы (1) для n = 1600…2300 1/мин, приведен график зависимости СППС от давления наддува для пяти дизелей, согласно которому в четырёх случаях n_1 ≈ ≈ 1,40, а в 5-м случае n_1 ≈ 1,37 [7, с. 169]. Поэтому формула (1) для вычисления СППС может быть полезной, если

нужно выполнить ТР дизеля при $n_1 > k_{ад,сж}$, что достигается в интервале $n_н \approx 2000…4000$ 1/мин (см. правую часть рисунка). Отметим, что ЧВКВ, используемая в ТР – именно номинальная ($n = n_н$).

На левом графике рисунка видно, что номинальная средняя скорость поршня $v_{п,ср}$ дизеля не является регрессором для СППС (как и номинальная ЧВКВ). Также регрессорами для СППС не являются ни степень сжатия ε, ни диаметр цилиндра дизеля (соответствующие графики в статье не показаны).

Таким образом, для использования в тепловом расчёте транспортных дизелей рекомендованы три усреднённых значения СППС (1,34; 1,37; 1,415) и уточнены области применения эмпирических формул (1) и (3), увязывающих СППС и заданную номинальную ЧВКВ дизеля.

Список литературы:

1. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей / Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 372 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания : Учеб. для вузов / А.С. Хачиян [и др.]; под ред. В.Н. Луканина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1985. – 312 с.
3. Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы: Учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 720 с.
4. Колчин А.И. , Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей : Учебное пособие для втузов. – М.: Высшая школа, 1971. – 344 с.
5. Контрольная работа по теории автотракторных двигателей: методич. указания и справочные материалы для студентов-заочников IV курса / Разраб. Б.С. Стефановский, А.П. Карпуша, А.Б. Стефановский; Таврическая гос. агротехнич. академия. – Мелитополь, 1996. – 13 с.
6. Курсовая работа по тракторам и автомобилям. Часть 1. Особенности конструкции, рабочий процесс и показатели тракторных двигателей : Методич. указания для самостоятельной работы студентов / Б.С. Стефановский [и др.]; Таврическая гос. агротехнич. академия. – Мелитополь, 1997. – 22 с.
7. Портнов Д.А. Быстроходные турбопоршневые двигатели с воспламенением от сжатия. Теория, рабочий процесс и характеристики. – М.: Машгиз, 1963. – 640 с.
8. Стефановский А.Б. Максимальная температура рабочего тела в результатах моделирования и экспериментальных исследований рабочего процесса транспортных дизелей. Справочное пособие. – Мелитополь, 2024. – 30 с.

9. Стефановский А.Б. Расчёт параметров рабочего цикла, его показателей и номинальных показателей автотракторного дизеля. Расчётно-графическая работа : Учебное пособие по дисц. «Тракторы и автомобили»… – 3-е изд., испр. – Мелитополь, 2024. – 98 с.
10. Стефановский А.Б. Расчёт показателей автотракторного дизеля и параметров его систем : Учеб. пособие / Таврический гос. агротехнологич. ун-т. – Мелитополь, 2019. – 84 с.
11. Тракторные дизели : Справочник / Под общ. ред. Б.А. Взорова. – М.: Машиностроение, 1981. – 536 с.
12. Ali Y., Hanna M.A., Borg J.E. In-Cylinder Pressure Characteristics of a CI Engine Using Blends of Diesel Fuel and Methyl Esters of Beef Tallow // Journal Series Number 11072 of the University of Nebraska Agricultural Research Division. – University of Nebraska-Lincoln, s.a. – 26 p. (Наиболее поздние ссылки в перечне источников – за 1995 г.)
13. Sanchez T.A. F. Experimental study of a kerosene fuelled internal combustion engine : Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica / Instituto Superior Técnico. – Lisboa, 2008. – 68 p.

1.3. МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПЕКАНИЯ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ОКАТЫШЕЙ ИЗ КОНЦЕНТРАТА ЯКОВЛЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Диесперов Алексей Дмитриевич

студент,
Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II,
РФ, г. Санкт-Петербург

STUDY OF THE INFLUENCE OF SINTERING ON THE MAGNETIC PROPERTIES OF PELLETS MADE FROM YAKOVSKOYE DEPOSIT CONCENTRATE

Alexey Diesperov

Student, Empress Catherine II
St. Petersburg Mining University,
Russia, St. Petersburg

Аннотация. Исследовано влияние спекания на магнитные свойства железорудных окатышей из концентрата Яковлевского месторождения. Установлено, что спекание при 1150 °C снижает магнитную восприимчивость в 5 раз из-за окисления кислородом. Показано, что измельчение образцов повышает плотность измеряемого материала, что повышает точность измерений.

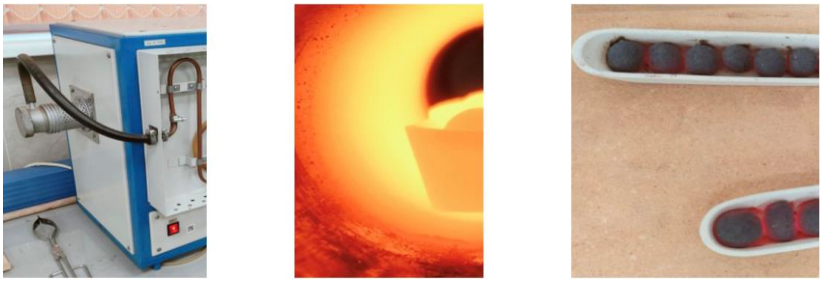
Abstract. The influence of sintering on the magnetic properties of iron ore pellets made from the Yakovskoye deposit concentrate was studied. It was found that sintering at 1150 °C reduces magnetic susceptibility by a factor of 5 due to oxidation by oxygen. It was shown that grinding the samples increases the density of the measured material, which improves measurement accuracy.

Ключевые слова: концентрат Яковлевского месторождения, окатыши, магнитная восприимчивость, спекание, окисление кислородом.

Keywords: Yakovlevskoye deposit concentrate, pellets, magnetic susceptibility, sintering, oxygen oxidation.

В данной работе проведено изучение влияния процесса спекания на магнитные свойства железорудных окатышей, полученных из концентрата Яковлевского месторождения [1]. В качестве связующего вещества в окатышах использовалась только вода. Исследовались как сырые, так и спечённые окатыши, что позволило сравнить их магнитную восприимчивость до и после термической обработки.

Процесс спекания проводился в лабораторной трубчатой электропечи ПТК-1,2-40 (рисунок 1). Окатыши помещались в холодную печь, после чего происходил нагрев до 1150 °С в течение 90 мин. После спекания образцы извлекались из печи и подвергались дальнейшему анализу.



а б в

а) лабораторная печь; б) окатыши в печи; в) извлечённые окатыши

Рисунок 1. Процесс спекания окатышей

Для оценки магнитной восприимчивости использовался аппарат «Магнит-6». Измерение проводилось в относительных процентах. Исследование проходило в два этапа: сначала измерения выполнялись для целых окатышей размером 8–15 мм, а затем – для измельчённого материала. Между окатышами находились пустоты, что могло вносить некоторую погрешность в измерения.

Для устранения этого фактора окатыши были измельчены в истирателе ИВЧ-3 до размера частиц менее 74 мкм (рисунок 2).

а *б* *в*

а) истиратель ИВЧ-3; б) загруженные в истиратель сырые окатыши
в) загруженные в истиратель спеченные окатыши

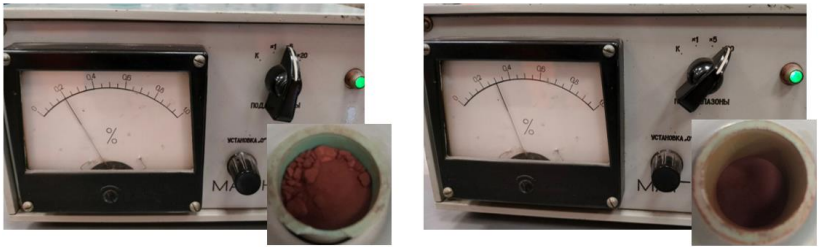
Рисунок 2. Измельчение окатышей

После измельчения оборудование очищалось с помощью битого стекла с участием воды и ПАВ [2].

При исследовании целых окатышей магнитная проницаемость составила: 0,275 (×1) % = 0,013 (×20) % – для спечённых; 0,213 (×20) % – для сырых окатышей.

После измельчения результаты изменились: 0,2 (×5) = 0,05 (×20) % – для пыли из спечённых окатышей; 0,25 (×20) % – для пыли из сырых окатышей (рисунок 3).

а б



в г

а) целых спеченных окатышей; б) сырых окатышей; в) измельченных спеченных окатышей; г) измельченных сырых окатышей

Рисунок 3. Измерение магнитной восприимчивости

Полученные данные свидетельствуют о том, что измельчение материала повышает точность измерений, поскольку исключает влияние воздушных зазоров между окатышами. Кроме того, спекание приводит к значительному снижению магнитной восприимчивости – в случае измельчённых окатышей этот показатель уменьшился в 5 раз.

Снижение магнитной восприимчивости после спекания может быть связано с окислением магнетита (Fe_3O_4) – основного магнитного компонента железорудного концентрата. При нагреве в воздушной среде магнетит частично превращается в гематит (Fe_2O_3), который обладает значительно меньшей магнитной восприимчивостью. Этот процесс объясняет пятикратное падение магнитной проницаемости после термической обработки [3].

Также важно отметить, что использование измельчённого материала позволяет минимизировать погрешность измерений, связанную с неоднородностью распределения частиц. В дальнейших исследованиях рекомендуется применять именно такой подход для повышения точности и стандартизации результатов.

Выводы: 1. Выявлено, что спекание окатышей из концентрата Яковлевского месторождения приводит к снижению их магнитной восприимчивости в 5 раз, что обусловлено окислением магнетита в гематит при высокой температуре.

2. Для повышения точности измерений магнитных свойств рекомендуется использовать измельчённые образцы, так как это позволяет исключить влияние воздушных промежутков между частицами.

3. Полученные данные указывают на необходимость оптимизации режимов спекания для сохранения магнитных свойств окатышей. В частности, можно рассмотреть возможность проведения термической

обработки в контролируемой атмосфере, например, с пониженным содержанием кислорода или в инертной среде, для минимизации окисления магнетита.

Список литературы:

1. Диесперов, А. Д. Гранулометрический анализ железорудного концен-трата Яковлевского месторождения в процессе подготовки к металлургиче-ской переработке / А. Д. Диесперов, А. Б. Лебедев // Наука. технологии. ин-новации – 2025. – Петрозаводск : Новая наука, 2025. – С. 61-65.
2. Егорова, С. О. Очистка оборудования от остатков железорудного кон-центрата в процессе лабораторных исследований / С. О. Егорова, А. Б. Лебедев // Наука. технологии. инновации – 2025. – Петрозаводск : Новая наука, 2025. – С. 66-69.
3. Основы теории процессов при обжиге железорудных окатышей / Б. П. Юрьев, Л. Б. Брук, Н. А. Спирин, [и др.]. – НТИ (филиал) УрФУ, 2018. – URL: https://elar.urfu.ru/handle/10995/62823 (дата обращения: 28.04.2025). – Текст : электронный.

РАЗДЕЛ 2.

МАТЕМАТИКА

2.1. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА, АЛГЕБРА И ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ

ПОПЫТКА ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ГИПОТЕЗЫ ГОЛЬДБАХА, НЕКОТОРЫЕ СЛЕДСТВИЯ ИЗ НЕЕ

Шиленкова Марина Владимировна

учитель математики АНОО «Школа Сосны», РФ, г. Одинцово

Аннотация. В данной работе представлена попытка доказательства гипотезы Гольдбаха, утверждающей, что любое чётное число, большее 4, может быть представлено в виде суммы двух простых чисел. Используя метод от противного, продемонстрировано, что предположение о существовании чётного числа, неразложимого на два простых слагаемых, приводит к логическому противоречию. В ходе доказательства исследуются связи с другими фундаментальными проблемами теории чисел, включая слабую гипотезу Гольдбаха (о представлении нечётных чисел тремя простыми) и гипотезу Полиньяка (о бесконечности пар простых чисел с заданной чётной разностью). Показано, что доказательство гипотезы Гольдбаха влечёт за собой возможность представления любого чётного числа в виде разности двух простых, что расширяет понимание структуры распределения простых чисел. Работа также затрагивает потенциальные приложения разработанных методов в криптографии и смежных областях. Результаты подчёркивают значимость гипотезы Гольдбаха для аналитической теории чисел и открывают новые направления для исследований, включая подходы к гипотезе Римана и проблеме простых-близнецов.

Ключевые слова: гипотеза Гольдбаха, простые числа, теория чисел, метод от противного, гипотеза Полиньяка, распределение простых чисел.

Введение. Математик Христиан Гольдбах впервые выдвинул гипотезу в письме швейцарскому математику Леонарду Эйлеру в 1742 году, звучит она следующим образом: любое четное число, больше 4, можно представить в виде суммы двух простых чисел.

Гипотеза связана с распределением простых чисел, их свойствами. Доказательство сильной гипотезы могло бы дать новые методы в теории чисел, возможно, пролить свет на другие нерешённые проблемы, например, гипотезу Римана или проблему простых близнецов.

Также стоит упомянуть практические применения. Хотя напрямую гипотеза может не иметь прикладного значения, разработанные для её доказательства методы могут быть полезны в криптографии, алгоритмах шифрования, которые основаны на свойствах простых чисел.

Важно подчеркнуть, что математические гипотезы часто стимулируют развитие новых теорий и подходов. Даже если гипотеза Гольдбаха будет опровергнута, это тоже даст важные знания о структуре простых чисел.

Гипотеза Гольдбаха, несмотря на свою кажущуюся простоту, остаётся одной из ключевых нерешённых проблем теории чисел. Её доказательство (или опровержение) важно по нескольким причинам:

Доказательство гипотезы Гольдбаха может:

- пролить свет на гипотезу Римана, которая также связана с распределением простых чисел.
- помочь в решении проблемы простых близнецов (существует ли бесконечно много пар простых чисел, отличающихся на 2).
- стимулировать развитие новых методов в аналитической теории чисел, таких как улучшение кругового метода или оценок тригонометрических сумм

Ранее, в своей статье о связи гипотезы Гольдбаха с гипотезой Коллатца, я пыталась найти закономерность между количеством операций из алгоритма Коллатца и номером простого числа, которое будет являться одним из слагаемых.

Здесь я докажу, что гипотеза Гольдбаха верна. Основным толчком к этому доказательству является простота: ответ лежит на поверхности. В письме к Эйлеру Гольдбах высказал предположение, что "каждое целое число, большее 5, есть сумма трёх простых". Эйлер уточнил, что сильная версия гипотезы (о двух простых) логически следует из слабой. До XX века прогресс был минимальным. В 1923 году Харди и Литлвуд доказали слабую гипотезу для достаточно больших чисел, используя круговой метод.

В 1937 году Иван Виноградов доказал слабую гипотезу для чисел, превышающих некоторую константу N, но не вычислил её явно.

В 2013 году перуанский математик Харальд Хельфготт опубликовал доказательство слабой гипотезы для всех нечётных чисел, больших 10^{30}.

Для чисел меньше 10^{30} гипотеза подтверждена вычислительными методами. Таким образом, слабая гипотеза считается доказанной.

Помимо этого, в ходе доказательства, я попытаюсь найти новые необычные закономерности, которые могут подтолкнуть других математиков на размышления по доказательству других гипотез или к новым математическим умозаключениям. При доказательстве я использую метод от противного, то есть предположу, что гипотеза не верна, что должно привести к противоречию.

Раздел 1. Гипотеза Гольдбаха: любое четное число, большее 4, можно представить в виде суммы двух простых чисел.

Известно, что для первых четных чисел: 4, 6, 8, 10 и т.д. это утверждение выполняется. То есть оно верно до какого-то определенного значения четного числа.

$2k = p_1 + p_2$, где $2k$ – некоторое четное число, p_1, p_2 – некоторые простые числа.

Допустим, что другое большее четное число $2k+2n$ нельзя представить в виде суммы двух простых чисел.

$$\begin{cases} 2k + 2n \neq p_3 + p_4 \\ 2k = p_1 + p_2 \end{cases}$$

Вычтем из первого неравенства второе уравнение:

$2n \neq (p_3 - p_1) + (p_4 - p_2)$, но разность двух простых чисел, больших 2, всегда четное число, а сумма двух четных чисел также всегда четное, то есть найдется такое n, для которого наше предположение не верно.

Итак, мы пришли к противоречию для некоторых n, то есть для некоторых четных чисел, больших 2k.

Допустим, что есть какое-то четное число, которое нельзя представить в виде суммы двух простых чисел, но оно следует за четным числом, которое представимо в виде суммы двух простых.

Тогда имеем,

$$\begin{cases} 2k + 2 \neq p_3 + p_4 \\ 2k = p_1 + p_2 \end{cases}$$

Аналогично, вычтем из первого неравенства системы второе уравнение:

$2 \neq (p_3 - p_1) + (p_4 - p_2)$, получаем, что сумма двух четных чисел (в том числе и отрицательных) не равна 2, но мы знаем, что простые числа отличаются друг от друга не меньше, чем на 2.

То есть, $|p_3 - p_1| \geq 2$ и $|p_4 - p_2| \geq 2$.

Рассмотрим случай, когда эти две разности положительны,

но если $p_3 \geq p_1 + 2$ и $p_4 \geq p_2 + 2$, то

$$2k + 2 \neq p_1 + 2 + p_2 + 2, \text{ то есть } 2k + 2 \neq (p_1 + p_2 + 2) + 2 = 2k + 2 + 2.$$

Таким образом, 2k+2, по нашему предположению, нельзя представить в виде суммы двух простых, но следующее за ним число, можно представить в виде суммы двух простых чисел.

Предположим, что $2k + 2 \neq p_3 + p_4$, но 2k+2 – четное число, и $p_3 + p_4$ – четное число, тогда $2k + 2 = p_3 + p_4 + 2t$, где t – некоторое натуральное число, так как одно из этих простых чисел приближено к 2k+2.

Путем вычитания двух уравнений, мы получим,

$2 = p_3 - p_1 + p_4 - p_2 + 2t$, но разность двух простых не меньше 2, следовательно, вторая разность должна быть отрицательна. То есть, если первое простое для 2k+2 больше первого простого для 2k, то их вторые простые меньше, а их разность меньше разности первых как минимум на 2.

Получаем, что

$$p_2 - p_4 \geq p_3 - p_1$$

$p_2 + p_1 \geq p_3 + p_4$, но это невозможно, так как 2k+2>2k.

Таким образом, t – не положительное, то есть либо 0, либо отрицательное.

Возьмем t=0, но тогда $2k + 2 = p_3 + p_4$, то есть мы пришли к противоречию с нашим предположением.

Рассмотрим случай, если t – отрицательно.

Что мы имеем:

$$2k + 2 = p_3 + p_4 - 2v, \text{ где } v=-t$$

$$2k = p_1 + p_2$$

Снова вычтем,

$$2k = p_1 + p_2 < 2k + 2 = p_3 + p_4 - 2v < p_3 - p_4$$

$p_3 + p_4 - p_1 - p_2 - 2v = 2$, но тогда $v \to 0$, так как мы обусловились, что одно из 3 и 4 простых чисел стремится к 2k+2, что противоречит нашему предположению, так как $p_3 + p_4 - 2v$ станет меньше 2k.

Из вышеописанного следует, что если некоторое четное число можно разложить на сумму двух простых слагаемых, то даже если существует число или числа, большие, чем оно, то затем мы все равно придем к четному числу, которое также можно разложить на сумму двух простых слагаемых. То есть начиная с некоторого n четные числа будут представляемы как сумма двух простых чисел.

Рассмотрим этот случай.

Пусть некоторое четное число можно представить как сумму двух простых, и все предыдущие четные числа тоже можно представить в виде суммы двух простых. Мы можем использовать этот факт, так как он эмпирически доказан, то есть была совершена вычислительная проверка его подлинности.

Но следующее за ним четное число нельзя представить в виде никаких двух простых чисел, и несколько чисел за ним тоже не обладают таким свойством, но по доказанному выше, мы утверждаем, что снова натолкнемся на четное число, удовлетворяющее гипотезе Гольдбаха.

Итак, некоторое число 2k+2 нельзя представить в виде суммы двух простых, но предыдущее четное число можно записать как сумму двух простых слагаемых:

$$2k = p_1 + p_2$$
$$2k + 2 \neq p_3 + p_4$$
$$p_1 + p_2 + 2 \neq p_3 + p_4$$

$p_1 + p_2 + 2m \neq p_3 + p_4 + 2b$, при этом b = m – 1. Но начиная с некоторого четного числа, его снова можно записать как сумму двух простых.

Получаем, что

$$p_1 + p_2 + 2m = p_3 + p_4 + 2b = p_3 + p_4 + 2(m - 1)$$
$$= p_3 + p_4 + 2m - 2$$

$p_1 + p_2 = p_3 + p_4 - 2$ – противоречие.

Таким образом, если найдется четное число, которое нельзя представить в виде суммы двух простых чисел, то никакие четные числа большие него, нельзя представить в виде такой суммы, но множество простых

чисел неограниченно, бесконечно, соответственно при сложении достаточно больших простых чисел, мы снова получим четное число, которое можно записать в виде суммы двух простых слагаемых.

Раздел 2. 1. Рассмотрим в каких случаях, при каких дополнительных условиях гипотеза Гольдбаха работает для любого четного числа.

$$\begin{cases} 2k + 2 = p_3 + p_4 \\ 2k = p_1 + p_2 \end{cases}$$

Вычитая из первого уравнения системы второе, получаем

$$p_3 - p_1 + p_4 - p_2 = 2.$$

Но это возможно лишь при определенных условиях.

1) если $p_3 - p_1 = 2$, то есть простые числа являются числами-близнецами и $p_2 = p_4$. Но не для любого простого числа есть число-близнец, поэтому не всегда это утверждение, это условие будет выполнено.

2) если $p_3 - p_1 = p_2 - p_4 + 2$. В этом случае мы видим, что $p_3 - p_1$ и $p_2 - p_4$ – два последовательных четных числа.

При этом, $p_3 > p_1$, $p_2 > p_4$

Также, возможно, стоит заметить, что $\frac{p_3 - p_1}{2}$ и $\frac{p_2 - p_4}{2}$ – симметричны относительно $\frac{1}{2}$, принимая только целые значения. Эту вероятную связь с критической полосой дзета-функции, необходимо проследить подробнее.

2. Возьмем любое простое число и прибавим к нему 1, то в результате сложения, мы получим четное число, которое в свою очередь можно представить в виде суммы двух простых чисел. Таким образом, любое простое число может быть записано как сумма двух простых чисел минус один.

Если P – простое, большее 2, то найдутся такие простые Q и K такие, что

$$P = Q + K - 1.$$

Проверим, для некоторых простых чисел:

1) $3 = 2 + 2 - 1$
2) $5 = 3 + 3 - 1$
3) $7 = 3 + 5 - 1$
4) $11 = 7 + 5 - 1$
5) $13 = 7 + 7 - 1$

и т.д.

Проверка не является необходимой, так как утверждение является следствием гипотезы Гольдбаха. При этом, если доказать это утверждение, то гипотеза Гольдбаха будет являться следствием.

3. Рассмотрим слабую гипотезу Гольдбаха.

Любое нечётное число, большее 5, можно представить в виде суммы трёх простых чисел. Именно о ней говорил Эйлер, что сильная версия гипотезы логически следует из слабой.

Рассмотрим некоторое произвольное простое число:

$a = p_1 + p_2 + p_3$, где p_i – простые числа, для i = 1, 2, 3.

$a - p_1 = p_2 + p_3$, где $a - p_1$ – четное. То есть гипотеза Гольдбаха выполняется, если любое четное число может быть записано в виде разности двух простых.

Об этом можно судить исходя из гипотезы Полиньяка, которая утверждает, что для любого четного числа n, найдется пара простых чисел, разность между которыми равна n, и таких пар бесконечно много.

Предположим, что данная гипотеза неверна, то найдется такое четное число

$2k \neq p - p_k$, но в соответствии с гипотезой Гольдбаха $2k = p_{11} + p_{22}$ – сумма простых чисел, тогда получаем, что $2k \neq p - p_k$, следовательно,

$p_{11} + p_{22} \neq p - p_k$, откуда $p_{11} + p_{22} + p_k \neq p$, то есть не выполняется слабая гипотеза Гольдбаха – противоречие, а значит, гипотеза о разложении любого четного на разность простых верна.

Предположим, что верно предположении о разности, но не верна гипотеза Гольдбаха, тогда

$2k = p - p_k$, но $2k \neq p_{11} + p_{22}$, следовательно, $p_{11} + p_{22} \neq p - p_k$, откуда $p_{11} + p_{22} + p_k \neq p$, то есть не выполняется слабая гипотеза Гольдбаха – противоречие. Значит, гипотеза Гольдбаха верна, при условии истинности утверждения о разности простых чисел.

Таким образом, для истинности гипотезы Гольдбаха необходима и достаточна истинность гипотезы: любое четное число можно представить в виде разности двух простых чисел, для четных чисел больших двух.

В связи с вышеизложенным сделаю вывод, что если гипотеза Гольдбаха неверна, то неверно предположение о разности простых. А следовательно, в какой-то момент рост расстояния между простыми числами закончится, что может означать, что множество простых чисел конечно, ограниченно, но это неверно.

Заключение. В данной статье я попробовала доказать гипотезу Гольдбаха, методом от противного. При выполнимости гипотезы Гольдбаха доказано утверждение о разности двух простых.

А именно: любое четное число, больше 2, можно представить в виде разности двух простых чисел. Отсюда можно сделать вывод, что расстояние между двумя простыми числами может сколь угодно расти, при этом образуя геометрическую прогрессию, со знаменателем 2.

Если в данной логической цепочке, приведенной в ходе доказательства, допущены ошибки, и доказательство неверно, то, возможно, данные рассуждения дадут почву для размышлений другим математикам. Но из моих рассуждений ясно, что гипотеза Гольдбаха верна, то есть неверно ее отрицание, чего в полной мере достаточно для того, чтобы утверждать, что гипотеза доказана.

Список литературы:

1. Hardy G.H., Littlewood J.E. Some problems of ‘partitio numerorum’; III: On the expression of a number as a sum of primes // Acta Mathematica. – 1923. – Vol. 44. – P. 1–70.
2. Vinogradov I.M. The Method of Trigonometrical Sums in the Theory of Numbers // London: Interscience. – 1954. – P. 1 – 180.
3. Проект Goldbach Conjecture Verification: [Электронный ресурс]. – Вычислительные проверки гипотезы. URL: https://www.primegrid.com.
4. Энциклопедия математики (Springer): [Электронный ресурс]. – Обзор гипотезы Гольдбаха и её статуса. URL: https://encyclopediaofmath.org/wiki/Goldbach_problem.

РАЗДЕЛ 3.

ФИЗИКА

3.1. ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСАЖДЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КЛАСТЕРОВ НА ПОДЛОЖКУ

Расулов Акбарали Махаматович

д-р физ. –мат. наук, профессор,
Ферганский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Фергана

Иброхимов Нодирбек Икромжонович

канд. физ. -мат. наук, докторант DSc,
Ферганский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Фергана

Ходжиматов Жахонгир Муродович

докторант PhD,
Ферганский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Фергана

Тухтасинов Азамат Гофурович

докторант PhD,
Ферганский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Фергана

MOLECULAR DYNAMICS SIMULATION OF DEPOSITION OF BIMETALLIC CLUSTERS ON A SUBSTRATE

Akbarali Rasulov

Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Professor,
Ferghana State Technical University,
Republic of Uzbekistan, Ferghana

Nodirbek Ibrokhimov

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, doctoral student of DSc,
Ferghana State Technical University,
Republic of Uzbekistan, Ferghana

Zhakhongir Khodzhimatov

PhD student,
Ferghana State Technical University,
Republic of Uzbekistan, Ferghana

Azamat Tukhtasinov

PhD student,
Ferghana State Technical University,
Republic of Uzbekistan, Ferghana

Аннотация. В статье разработаны алгоритмы и компьютерная программа, основанная на методы молекулярной динамики (MD) и метод Монте-Карло (МК), для описания процесса осаждения кластеров Co_xAg_x на поверхность Ag(100) при начальных энергиях (0.25-1.5 эВ/атом). Компьютерным моделированием построены равновесные конфигурации металлических кластеров Co_xAg_x при температуре T=0 K. Проведено осаждение малых и больших атомных кластеров на поверхность кристалла серебра. Результаты моделирования показывают, что проникновение кластеров в мишень зависит как от их энергии, так и от их размеров, причем зависимость от размеров сильнее. Более крупный кластер проникает на меньшую глубину, чем кластер меньших размеров. Меньший кластер практически полностью сливается с мишенью.

Abstract. The article develops algorithms and a computer program based on the methods of molecular dynamics (MD) and the Monte Carlo method (MC) to describe the deposition of clusters of Co_xAg_x on the surface of Ag(100) at initial energies (0.25-1.5 eV/atom). The equilibrium configurations of the

metal clusters of the Co_xAg_x were constructed by computer modeling at a temperature of T=0 K. The deposition of small and large atomic clusters on the surface of a silver crystal is carried out. The simulation results show that the penetration of clusters into the target depends on both their energy and their size, and the size dependence is stronger. A larger cluster penetrates to a lower depth than a smaller cluster. The smaller cluster almost completely merges with the target.

Ключевые слова: биметаллические кластеры, наноструктура, моделирование, низкая энергия, термодинамическое равновесие.

Keywords: bimetallic clusters, nanostructures, modeling, low energy, thermodynamic equilibrium.

Введение

Наночастицы обладают уникальными свойствами, определяемыми их размером и квантово-механической природой. Особенно интересны биметаллические нанокластеры, сочетающие свойства двух различных элементов. Такие структуры перспективны в нанотехнологиях, оптике и магнитных устройствах.

Ранее проводились как экспериментальные, так и численные исследования структуры и стабильности кластеров Ag–Co [1, 2]. Особое внимание уделяется использованию классических моделей, которые позволяют моделировать системы с числом атомов в сотни тысяч [3].

Материалы и методы

Для моделирования использовалась молекулярная динамика с потенциалом EAM [4] и алгоритмами MPI. Учтено электрон-фононное взаимодействие, особенно значимое для охлаждения системы после удара [5]. В случае биметаллических кластеров Ag–Co взаимодействие моделировалось только для серебра.

Метод Монте-Карло по Метрополису применялся для получения равновесных конфигураций кластеров Co_xAg_{201-x} в диапазоне температур 100–1000 K [6].

Результаты и обсуждение

С использованием параллельного программирования и MPI кластеры Co_nAg_m с n = m (где n = 100, 250, 500, 750, 1000, 1250 и 1500) были осаждены на поверхность Ag(100) при энергии 0,25 эВ до 1,5 эВ на атом для исследования процессов роста тонкой плёнки методом осаждения кластеров с низкой энергией (LECBD). В этом случае кластеры Co_nAg_m с

количеством атомов 200, 500, 1000, 1500, 2000, 2500 и 3000 осаждаются последовательно, случайным образом выбирая следующий кластер из указанного списка.

Результаты показали, что меньшие кластеры сильнее деформируются и глубже проникают в подложку, тогда как крупные кластеры сохраняют внутреннюю структуру [7]. На низких температурах атомы Co группируются под поверхностью, избегая центра, при $x < 20$. При $x > 50$ кобальт концентрируется в центре, но смешение с Ag остаётся ограниченным. Промежуточные стехиометрии демонстрируют либо группы Co под поверхностью, либо центральное ядро.

Кластеры размером до 3000 атомов использовались для анализа условий формирования структуры ядро–оболочка и фазовых переходов [8].

В результате конкуренции между напряжением и связыванием кобальта при низких температурах, при $x<20$ атомы кобальта располагаются непосредственно под поверхностным слоем кластера группами не более пяти атомов, занимая чётко определённые позиции и избегая центральной области кластера. Повышение температуры способствует укрупнению этих групп. Их растворение предсказывается при температурах, превышающих температуру плавления кластера. При $x>50$ атомы кобальта формируют скопление в центре кластера и пересекают грани {111}, когда серебряных атомов недостаточно для образования полной оболочки. При этих стехиометриях температура оказывается недостаточной для смешения Ag и Co даже выше температуры плавления. При осаждении маленьких кластеров (например, $Co_{10}Ag_{191}$) их форма нарушается, формируется интерфейс с ориентациями <100> и <110>. На высоких энергиях выравнивание затруднено из-за имплантации. Повреждение подложки варьируется в зависимости от энергии, образуются ступеньки и островки из атомов [9]. Учитывая морфологию и стехиометрию, можно контролировать поведение кластеров на атомном уровне.

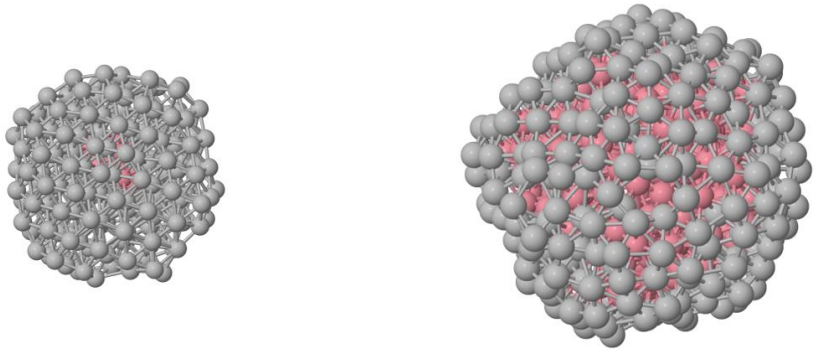


Рисунок 1. Конфигурация кластера $Co_{10}Ag_{191}$ (маленький) и $Co_{285}Ag_{301}$ (большой)

Кластеры аналогичного диапазона размеров используются для моделирования их замедления при осаждении на подложку. Замедление нанокластеров $Co_{10}Ag_{191}$ и $Co_{285}Ag_{301}$ на поверхности Ag(100) исследуется на атомарном уровне с использованием классического молекулярно-динамического моделирования.

Заключение

Использование метода MD с потенциалом EAM подтвердило свою эффективность для анализа осаждения кластеров Co-Ag. Выявлено, что:

- Меньшие кластеры глубже проникают и интегрируются в подложку;
- Для сохранения структуры требуется энергия ≤ 0.25 эВ/атом или крупные кластеры (Co > 250);
- Размер оказывает большее влияние, чем энергия.

Проведённые исследования способствуют пониманию морфологии и свойств наноструктурированных материалов, получаемых методом осаждения кластеров [10].

Список литературы:

1. Hou Q., Tian H., Fu Z., Yin Y., Zhu Q. Molecular dynamics study of structural evolution in copper nanoparticles during solidification // Physical Review B. 2000. Vol. 62. P. 2825–2830.
2. Neuckermans S., Van Petegem S., Roca i Cabarrocas P., Vantomme A. Alignment of hydrogenated silicon nanowires in electric fields // Physical Review Letters. 2003. Vol. 90. 033401.

3. Neuckermans S., Van Petegem S., Roca i Cabarrocas P., Vantomme A. Orientation alignment of Si nanowires in electric fields // Physical Review Letters. 2004. Vol. 92. 163401.
4. Pauwels B., Vantomme A., Clauws P., et al. Defect dynamics in ion-implanted Si studied by means of in situ TEM and RBS/channeling // Physical Review B. 2001. Vol. 63. 165406.
5. Rasulov A., Karazhanov S.Zh., Marikkar F.A.M., Rakhmanov Sh.S. Modeling of Ni clusters on TiN substrates using molecular dynamics simulation // Computational Materials Science. 2005. Vol. 33. P. 148–152.
6. Rasulov A., Rakhmanov Sh.S., Yuldashev S.U. Mathematical Modeling of the Growth of Nanoclusters on the Surface of a Solid Substrate // Journal of Applied Mathematics and Physics. 2024. Vol. 12. P. 2820–2828.
7. Van Hoof T.B., Vandersmissen R., Vantomme A. Ion implantation of nanocrystals in SiO_2 matrices: Energy transfer mechanisms // European Physical Journal D. 2007. Vol. 43. P. 159–163.
8. Van Petegem S., Vantomme A., Clauws P. Ion beam synthesis of nanoclusters in silica by metal implantation and thermal annealing // Materials Research Society Symposium Proceedings. 2001. Vol. 634. B3.9.1.
9. Weiss C., Kasas S., Espinosa L., et al. Imaging mechanical properties of single DNA molecules // Physical Review Letters. 2010. Vol. 105. No. 8. 086103.
10. Yadgarov I., Rosentsveig R., Houben L., Popov I., Feldman Y., Popovitz-Biro R., Tenne R. New synthesis and characterization of fullerene-like WS_2 nanoparticles with improved mechanical properties // Technical Physics. 2015. Vol. 60. P. 474–476.

НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Сборник статей по материалам LXXXIV международной научно-практической конференции

№ 4(84)
Май 2025 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 05.05.25. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 2,38. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: tech@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 1

16+

НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru