



**НАУЧНЫЙ
ФОРУМ**
nauchforum.ru

РИИЦ



№ 7(8)

НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

МОСКВА, 2017



НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Сборник статей по материалам VIII международной
научно-практической конференции*

№ 7 (8)
Октябрь 2017 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва
2017

УДК 51/53+62

ББК 22+3

НЗ4

Председатель редколлегии:

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

Редакционная коллегия:

Ахмеднабиев Расул Магомедович – канд. техн. наук, доц. кафедры строительных материалов Полтавского инженерно-строительного института, Украина, г. Полтава;

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.

НЗ4 Научный форум: Технические и физико-математические науки: сб. ст. по материалам VIII междунар. науч.-практ. конф. – № 7 (8). – М.: Изд. «МЦНО», 2017. – 100 с.

ISSN 2541-8394

Сборник входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе eLIBRARY.RU.

ISSN 2541-8394

ББК 22+3

© «МЦНО», 2017

Оглавление

Раздел 1. Технические науки	6
1.1. Информатика, вычислительная техника и управление	6
МОДЕЛЬ СБОРА ДАННЫХ ПОДВИЖНЫМ АГЕНТОМ С НЕПОДВИЖНОГО ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ НАД НИМ Крупский Александр Сергеевич	6
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КРИВОЙ Калюжин Родион Александрович Коробко Владимир Сергеевич Зариковская Наталья Вячеславовна	12
ПОДАВЛЕНИЕ СЕТЕЙ WI-FI С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА РАЗРЫВА TCP/IP-СЕССИИ Павленко Егор Владимирович Задорожный Сергей Александрович	24
ПОПОЛНЕНИЕ СЛОВАРЯ ОЦЕНОЧНОЙ ЛЕКСИКИ С ПОМОЩЬЮ ДИСТРИБУТИВНО-СЕМАНТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РУССКОГО ЯЗЫКА Пескишева Татьяна Анатольевна	28
1.2. Машиностроение и машиноведение	33
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВИБРАЦИОННОГО ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКОГО ОКСИДНОГО ПОКРЫТИЯ Гуляев Владимир Игоревич Кожанов Андрей Иванович	33
ВЛИЯНИЕ ДИНАМИКИ ИЗНОСА ИНСТРУМЕНТА НА СИЛУ РЕЗАНИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ Носенко Владимир Андреевич Даниленко Марина Владимировна	40
СТРУКТУРНЫЙ И КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА Павлов Олег Юрьевич	46

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА Свирепа Дмитрий Михайлович Семенова Анна Сергеевна	55
1.3. Metallurgy and materials science	60
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛАВНЫХ ПРИВОДОВ РАБОЧИХ КЛЕТЕЙ ТОЛСТОЛИСТОВОГО СТАНА 3000 НА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОКАТКЕ Денищенко Павел Николаевич Денищенко Наталия Павловна Бевз Андрей Андреевич	60
1.4. Radiotechnology and communication	66
РАЗРАБОТКА АДАПТИВНЫХ ЦФАР. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ Бурькин Андрей Игоревич Куприц Владимир Юрьевич	66
1.5. Construction and architecture	73
СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ АВТОСТОЯНОК Мизикина Анастасия Николаевна	73
Раздел 2. Математика	77
2.1. Computational mathematics	77
АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КВАДРАТИЧНОГО ВЫПУКЛОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПЕРЕБОРА ГРАНЕЙ Татаренко Сергей Иванович	77
Раздел 3. Физика	86
3.1. Crystallography, physics of crystals	86
ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ПРОВЕДЕНИЯ МИКРОКРИСТАЛЛОСКОПИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ Юрчук-Зуляр Оксана Александровна Смирнова Виктория Вячеславовна	86

3.2. Физика конденсированного состояния	91
КИНЕТИКА КОНТАКТНОГО ПЛАВЛЕНИЯ И ФАЗООБРАЗОВАНИЕ В СИСТЕМЕ SN-VI ПРИ НАЛИЧИИ ПРИМЕСИ В ОДНОМ ИЗ КОМПОНЕНТОВ И ЭЛЕКТРОПЕРЕНОСА	91
Ахкубекова Светлана Наниевна Шершова Илона Станиславовна	

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

РАЗДЕЛ 1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

1.1. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

МОДЕЛЬ СБОРА ДАННЫХ ПОДВИЖНЫМ АГЕНТОМ С НЕПОДВИЖНОГО ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ НАД НИМ

Крупский Александр Сергеевич

*аспирант кафедры автоматизированных систем управления
Томского государственного университета
систем управления и радиоэлектроники,
РФ, г. Томск*

Аннотация. При необходимости частой реконфигурации каналов передачи или высокой их стоимости возможно производить сбор данных с датчиков при помощи мобильных агентов (в частности БПЛА). В данной работе приведена модель, позволяющая оценить объём собранных данных в зависимости от скорости, высоты полёта и применяемого стандарта беспроводной связи.

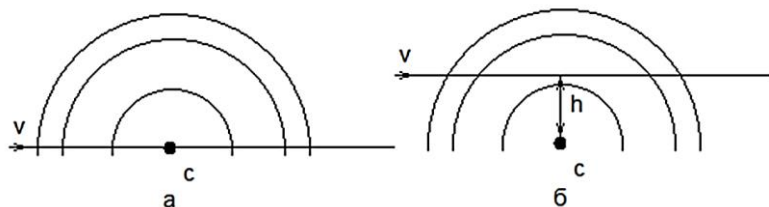
Ключевые слова: БПЛА, беспроводная сеть, передача данных.

Процесс снятия данных статическим агентом с точечного источника определяется наличием энергии и состоянием среды. В то время как для динамического агента требуется дополнительно соблюсти ряд условий, касающихся его ориентации, местоположения, и их поддержания в ограниченных рамках в течение некоторого промежутка времени.

Процесс сканирования заключается в считывании информации с источника. Скорость считывания описывается функцией $s(x)$, x -вектор, описывающий взаимное положение источника и агента и зависит от используемого стандарта связи [1]. Источником может служить, например, некоторый измеряемый параметр окружающей среды (в частности фотографирование), считывание информации с накопителя или устройства (при помощи прямого или удалённого подключения). Прямое подключение требует остановки и нахождения мобильного агента в состоянии контакта с накопителем. Удалённое подключение позволяет считать информацию при нахождении в окрестности накопителя. Объём данных, считанный мобильным агентом, выражается соотношением (1).

$$a = \int_{t=0}^T s(\bar{x}(t)) dt \quad (1)$$

В общем случае вектор \bar{x} характеризует взаимное положение, ориентацию относительно друг друга, а также относительно поверхности, если расчёт сигнала ведётся на основе соответствующих соотношений (например, интерференционная формула Введенского [2]). Функция s может быть получена экспериментально. Положим, что функция s зависит от расстояния между накопителем и агентом. В случае, если траектория перемещения агента с постоянной скоростью v проходит через накопитель C (рис.1а), то (1) примет вид (2). Предполагая наличие поверхности, возможно определить высоту h как проекцию отрезка, соединяющего агента и накопитель на нормаль к поверхности, если траектория перемещения агента не проходит через C (рис. 1б). Выражение (2) примет вид (3).



**Рисунок 1. Пролёт агента а - на высоте источника данных,
б - над источником данных**

$$a = \int_{t=0}^T s(vt) dt \quad (2)$$

$$a = \int_{t=0}^T s(\sqrt{h^2 + (vt)^2}) dt \quad (3)$$

Однако, при цифровом сигнале скорость передачи данных, описываемая s , имеет ступенчатый характер (например, рисунок 2 из [3]). В этом случае область вокруг S может быть разбита на концентрические кольца, в пределах которых скорость передачи одинакова. Что даёт возможность перейти от интегрирования к сумме.

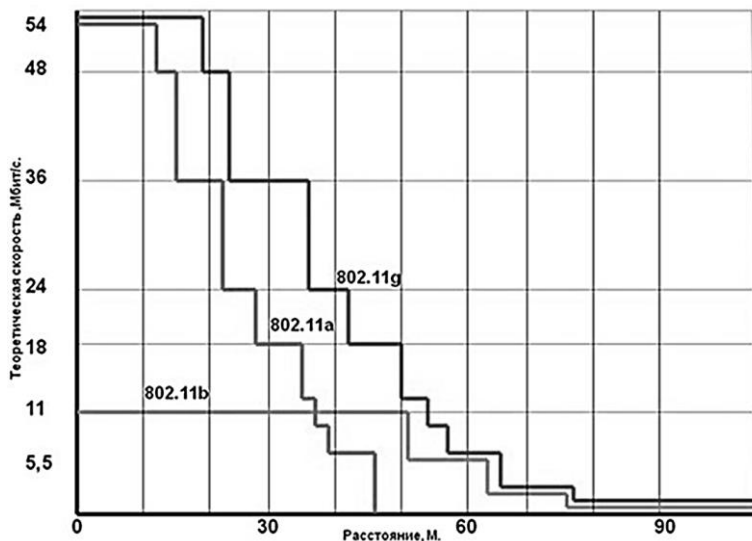


Рисунок 2. Зависимость скорости передачи данных от расстояния для различных стандартов WiFi

Функция s разбивается на последовательность s_1, s_2, \dots, s_n скоростей передачи, каждой из которых соответствует максимальное расстояние r_1, r_2, \dots, r_n , в рамках которого эти скорости действуют. Для расчёта величины переданных данных возможно применить следующий алгоритм: найти k наименьшее r_k большее h , вычислить путь агента в каждой из областей (4)

$$d_j = \begin{cases} 0, \text{ если } j < k \\ 2(\sqrt{r_j^2 - h^2} - d_{j-1}), \text{ иначе} \end{cases} \quad (4)$$

вычислить время нахождения агента в каждой из областей $t_j = \frac{d_j}{v}$,

вычислить объём снятых данных $a = \sum_{j=k}^n s_j t_j$. Геометрический смысл –

рис. 3.

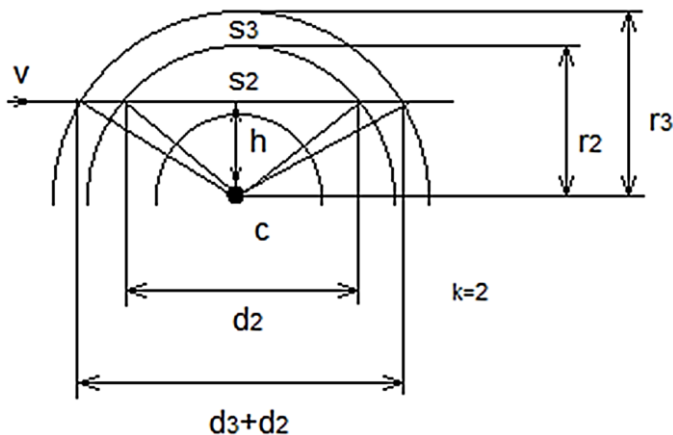


Рисунок 3. Геометрический смысл алгоритма подсчёта полученных данных

Опираясь на вид функций s из рис. 2 возможно рассчитать объёмы снятых данных для разных высот и скоростей (рис. 4-9).

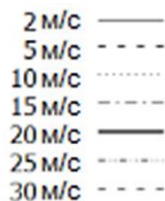
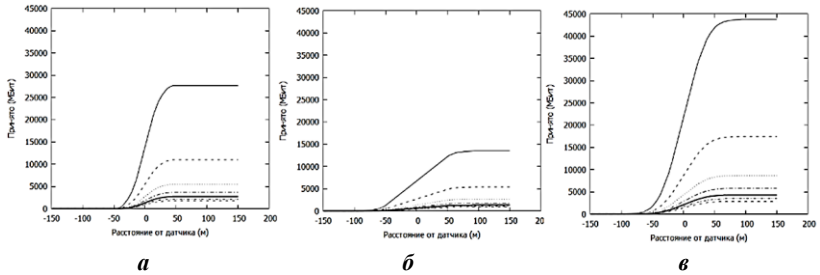
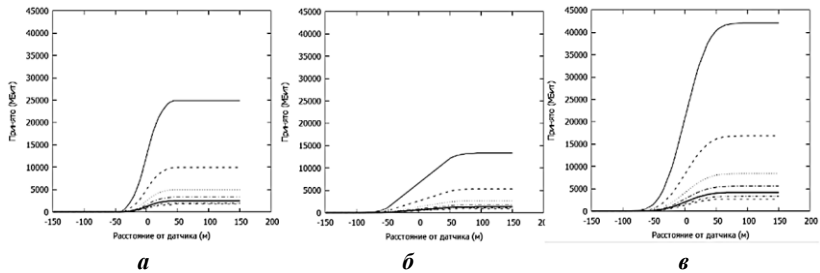


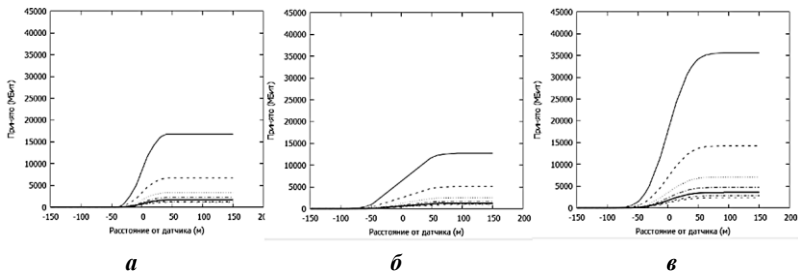
Рисунок 4. Условные обозначения для скоростей



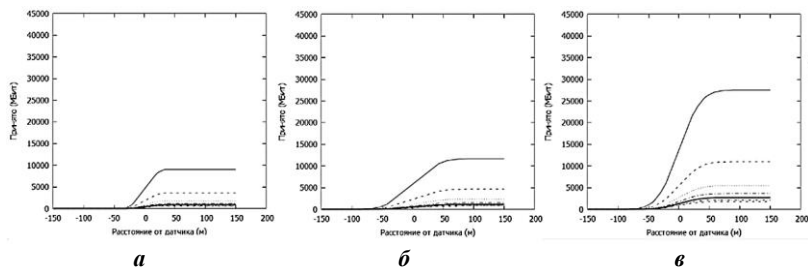
**Рисунок 5. Скорость передачи при $h = 0$ м,
а-802.11г, б-802.11а, в-802.11б**



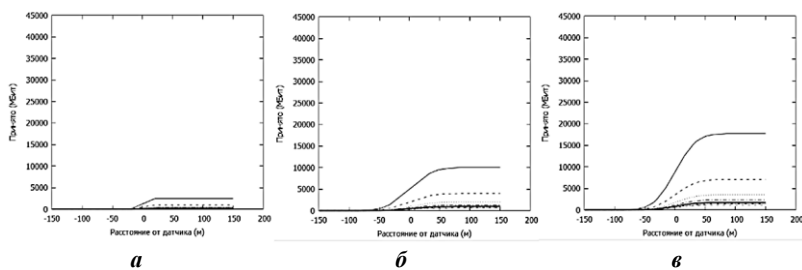
**Рисунок 6. Скорость передачи при $h = 10$ м,
а-802.11г, б-802.11а, в-802.11б**



**Рисунок 7. Скорость передачи при $h = 20$ м,
а-802.11г, б-802.11а, в-802.11б**



**Рисунок 8. Скорость передачи при $h = 30$ м,
а-802.11g, б-802.11а, в-802.11б**



**Рисунок 9. Скорость передачи при $h = 40$ м,
а-802.11g, б-802.11а, в-802.11б**

Заключение

В работе приведена модель для расчёта собранных равномерно и прямолинейно движущимся агентом с неподвижного источника данных в зависимости от его скорости и высоты. Данный результат возможно использовать при планировании сбора данных при помощи БПЛА решая прямую задачу – определяя максимальный объём данных при заданный скорости и высоте, либо обратную – определить допустимые пределы изменения скорости и высоты при заданным объёме собираемых данных.

Список литературы:

1. Технологии современных беспроводных сетей Wi-Fi: учебное пособие / [Е.В. Смирнова, А.В. Пролетарский и др.]; под общ. ред. А.В. Пролетарского. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. — 446, [2] с.: ил. – (Компьютерные системы и сети).
2. Распространение радиоволн: Учеб. пособие для радиотехн. специальностей вузов / Г.П. Грудинская. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Высш. школа, 1975. – 280 с.
3. Wi-Fi (Wireless Fidelity) стандарт беспроводной связи [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.tadviser.ru/index.php (Дата обращения 01.08.2017).

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ КРИВОЙ

Калюжин Родион Александрович

*студент, Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники,
РФ, г. Томск*

Коробко Владимир Сергеевич

*аспирант, Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники,
РФ, г. Томск*

Зариковская Наталья Вячеславовна

*канд. физ.-мат. наук, доц.,
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники,
РФ, г. Томск*

AUTOMATING THE SELECTION OF OPTIMAL PARAMETERS FOR THE EQUATION OF THE LOGISTIC CURVE

Rodion Kalyuzhin

*student,
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,
Russia, Tomsk*

Vladimir Korobko

*graduate student,
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,
Russia, Tomsk*

Natalya Zarikovskaya

*candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,
Russia, Tomsk*

Аннотация. Реализация приложения, позволяющего проводить анализ зависимости периода макролокализации пластической деформации от размера зерна для образцов поликристаллического материала, имеющей вид логистической кривой. Были использованы метод Хука-Дживса и метод градиентного спуска с постоянным шагом. Результаты работы приложения протестированы на реальных данных и хорошо согласуются с опубликованными ранее данными.

Abstract. Realization of the application allowing to analyze the dependence of the period of macrolocalization of plastic deformation on grain size for samples of polycrystalline material having the form of a logistic curve. The Hook-Jeeves method and the gradient descent method with a constant step were used. The results of the application are tested on real data and are in good agreement with the previously published data.

Ключевые слова: математическая модель; пластическая деформация; механические свойства; размер зерна; Хук-Дживс; алгоритм.

Keywords: mathematical model; plastic deformation; mechanical properties; grain size; Hooke-Jeeves, algorithm.

В ходе многочисленных экспериментов для образцов поликристаллического алюминия марки А85 была получена зависимость периода макролокализации пластической деформации от размера зерна поликристаллического материала. Эмпирическим путем было установлено, что зависимость $\lambda(d)$ на всем интервале размеров зерен описывается уравнением логистической кривой, имеющей вид (1)

$$\lambda(D) = \lambda_0 + \frac{\lambda^*}{1 + C \cdot \exp(-a_1 D)} \quad (1)$$

которое является решением дифференциального уравнения Вольтера (2):

$$\frac{d\lambda}{dD} = a\lambda - b\lambda \quad (2)$$

где: $\lambda_c = a/b$, C – безразмерная постоянная интегрирования;

a и b – положительные размерные константы.

Данная зависимость была получена для образцов поликристаллического алюминия А85, с следующими параметрами длина рабочей поверхности 50 мм, ширина рабочей поверхности 2 мм, толщина

рабочей поверхности 2 мм. Предположительно данная зависимость должна проявляться для всех материалов и с различной геометрией рабочей поверхности.

Исходя из вышесказанного, предполагается что определение количественных характеристик по параметрам логистической кривой и уравнению Вольтера позволит более точно сформулировать математическую модель, описывающую зависимость параметров макролокализации пластической деформации от размеров зерна.

В ходе работы был проведен обзор существующих методов обработки экспериментальных данных.

Для реализации программного средства для подбора оптимальных параметров при получении аналитического решения был использован язык программирования C# и технология Windows Forms.

В ходе проведения обзора существующих методов, были выделены наиболее часто используемые методы:

- метод наименьших квадратов;
- интерполяция Лагранжа;
- кубический сплайн;
- сплайн Акимы;
- метод Хука-Дживса;
- метод градиентного спуска с постоянным шагом.

Наиболее качественные результаты, согласующиеся с экспериментальными данными, показали метод Хука-Дживса и метод градиентного спуска с постоянным шагом. Рассмотрим более подробно данные методы и их реализацию.

Поиск решения состоит из последовательности шагов исследующего поиска вокруг базисной точки, за которой в случае успеха идет поиск по образцу.

Сначала необходимо выбрать базисную точку (b_i) и шаг (h_j) для каждой переменной x_j . Далее вычисляется $f(x)$ в b_i с целью получения сведений о локальном поведении целевой функции. Функция $f(x)$ в базисной точке находится следующим образом:

- вычисляется значение точки $f(b_i)$;
- каждая переменная по очереди изменяется прибавлением шага длины.

Таким образом, мы вычисляем $f(b_i + h_j e_j)$, где e_j – единичный вектор в направлении оси x_j . Если это приводит к уменьшению значения функции, то базисная точка заменяется на $b_i + h_j e_j$, в противном случае вычисляется значение функции $f(b_i - h_j e_j)$, если ее значение уменьшилось, то b_i заменяется на $b_i - h_j e_j$. Если ни один из шагов не приводит к уменьшению значения функции, то базисная

точка остается неизменной и рассматриваются изменения в направлении оси x_2 , то есть находится значение функции $f(b_1 + h_2 e_2)$ и так далее. Когда будут рассмотрены все n переменных, на выходе будет получена новая базисная точка b_2 . Если уменьшение функции не было достигнуто ($b_2 = b_1$), то исследование повторяется вокруг той же базисной точки b_1 , но с уменьшенной длиной шага, в противном случае производится поиск по образцу [1].

При выполнении поиска по образцу используется информация, полученная в процессе исследования, и минимизация функции завершается поиском в направлении, заданном образцом [1]. Так как поиск в направлении $b_2 - b_1$, уже привел к уменьшению значения функции, то вычислим функцию (3) в точке образца:

$$P_j = b_j + 2(b_{j+1} - b_i) \quad (3)$$

Затем исследование продолжается вокруг точки P_j , если наименьшее значение на данном шаге меньше значений в базисной точке b_{j+1} , то получаем новую базисную точку $b_3 = (b_{j+2})$, в противном случае не производится поиск по образцу, а продолжается исследование в точке $b_2 = (b_{j+1})$. На рисунке 1 представлен результат многомерной оптимизации для двух различных целевых функций.

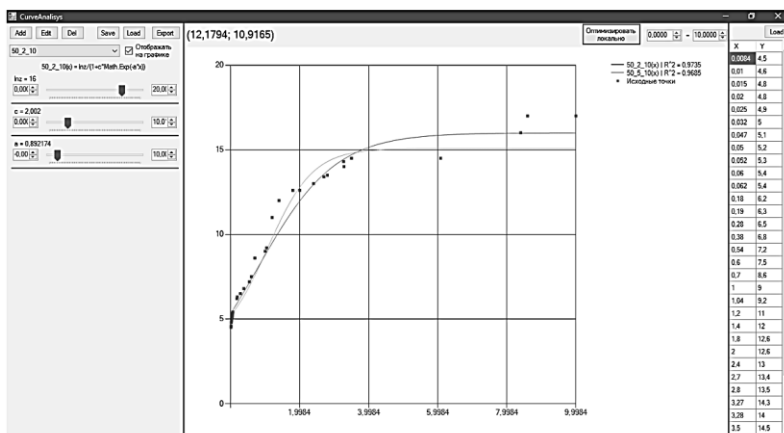


Рисунок 1. Результат применения метода Хука-Дживса для двух целевых функций

Вычислительный процесс завершается, когда длина шага будет уменьшена до заданного малого значения. В качестве альтернативного метода был рассмотрен метод градиентного спуска с постоянным шагом.

Основная идея метода состоит в оптимизации в направлении наискорейшего спуска, данное направление задается антиградиентом ∇f :

$$x^{[k+1]} = x^{[k]} - \lambda^{[k]} \nabla f(x^{[k]}) \quad (4)$$

где $\lambda^{[k]}$ выбирается:

- постоянной, в таком случае метод может расходиться;
- дробным шагом;
- наискорейшим спуском формула (5).

$$\lambda^{[k]} = \arg \min f(x^{[k]} - \lambda \nabla f(x^{[k]})) \quad (5)$$

Метод прекращает свою работу, если достиг точки остановки (6) или (7):

$$\|x^{[k+1]} - x^{[k]}\| \leq \varepsilon \quad (6)$$

$$\|f(x^{[k+1]}) - f(x^{[k]})\| \leq \varepsilon \quad (7)$$

где: $x^{[k]} \in R^n$ – значение поученное после k-ого шага оптимизации;
 ε – заранее определенная точность.

Сходимость градиентного спуска с постоянным шагом доказывается теоремой: пусть функция f , дифференцируема, сильновыпукла константой Λ . Пусть выполняется условие Липшица для градиента (8) [2].

$$\|f'(x) - f'(y)\| \leq L \|x - y\| \quad (8)$$

Пусть $0 < \lambda < 2/L$, тогда:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} x^{[k]} = x^*, \|x^{[k]} - x^*\| \leq q^k \|x^{[0]} - x^*\| \quad (9)$$

$$q = \max\{|1 - \lambda\Lambda|, |1 - \lambda L|\} \quad (10)$$

где: q – константа, характеризующая скорость сходимости метода, зависящая от шага λ .

На рисунке 2 представлен результат многомерной оптимизации методом градиентного спуска для двух различных целевых функций.

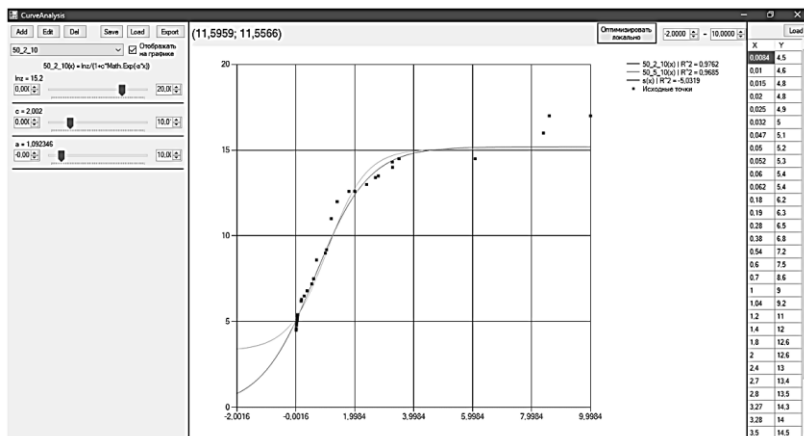


Рисунок 2. Результат применения метода градиентного спуска с постоянным шагом для двух целевых функций

Как видно из рисунка 1 и рисунка 2 метод градиентного спуска с постоянным шагом сходится быстрее, а также результат многомерной оптимизации является более точным.

Реализованный проект состоит из следующих пространств имен, разделенных для удобства разработки и дальнейшего сопровождения приложения на:

- Components;
- Data Transfer Objects (далее DTO);
- Engine;
- Services;
- Settings;
- Utils.

На рисунке 3 представлена зависимость пространств имён в данной реализации приложения.

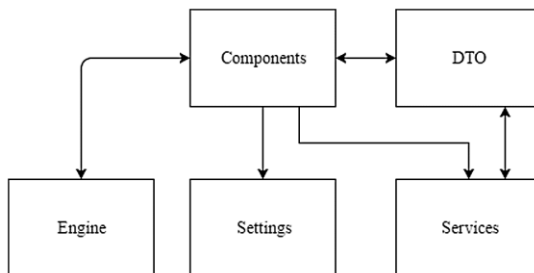


Рисунок 3. Диаграмма зависимостей пространств имён

Где пространство имен Components содержит все компоненты приложения. Каждая компонента имеет свое пространство имен, если состоит больше чем из одного класса. В пространстве имен компоненты содержатся все разработанные для нее элементы управления, а также классы, используемые только в данной компоненте.

DTO – один из шаблонов проектирования, используется для передачи данных между подсистемами приложения. Содержит все объекты, используемые для передачи данных. Данные объекты должны содержать только поля и свойства. Объекты DTO в данной реализации приложения используются для отделения данных от их обработки и предназначены только для загрузки и выгрузки данных, а также как источник данных для различных классов приложения.

Engine – данное пространство имен содержит служебные классы и интерфейсы, необходимые для работы системы модулей, а так же обслуживающие структурные элементы не относящиеся к обработке данных.

Services – содержит в себе сервисы, обслуживающие интерфейсы и реализации сервисов, предназначенные для передачи, загрузки и сохранения данных.

Settings – данное пространство имен состоит из классов настроек и служебных классов для работы с настройками приложения и модулей.

Utils – содержит классы с методами расширения [3] а так же реализации методов обработки данных.

Основным модулем приложения является анализатор кривых.

Модуль анализа кривых реализуется классом CurvesAnalysis Component предназначен для построения кривых зависящих от набора изменяемых пользователем коэффициентов. Кривые отображаются на графике внутри компоненты, вместе с заданным набором точек,

загружаемым из источника данных. Точки считаются реальными данными, а кривые построенной моделью. Точность модели определяется по критерию R^2 , который является коэффициентом детерминации и рассчитывается по формуле (11):

$$R^2 = \frac{\sum (y_{xi} - \bar{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}. \quad (11)$$

Количество кривых может быть произвольным, что представлено на рисунке 4, так же присутствует возможность не отображать кривую на общем графике.

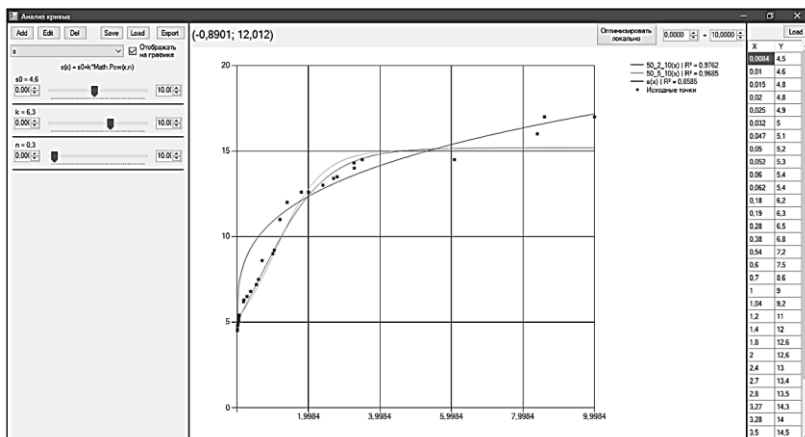


Рисунок 4. Пример построения кривых на графике

При варьировании коэффициентов, кривая изменяется в реальном времени, также пересчитывается коэффициент детерминации. На рисунке 5 представлена форма добавления или редактирования кривой.

Рисунок 5. Форма добавления или редактирования кривой

В качестве дополнительной возможности предусмотрена максимизация коэффициента R^2 для построенной кривой и заданного набора точек с помощью метода градиентного спуска с постоянным шагом.

Предусмотрена возможность сохранения данных кривых, а также выгрузки данных по текущей кривой в формате имя кривой (зависимый параметр), уравнение кривой, варьируемые коэффициенты и их значения, коэффициент детерминации и его значение.

Присутствует возможность задавать диапазон по оси абсцисс. Данный диапазон применяется для кривой, экспериментальные точки игнорируются, что проиллюстрировано на рисунке 6.

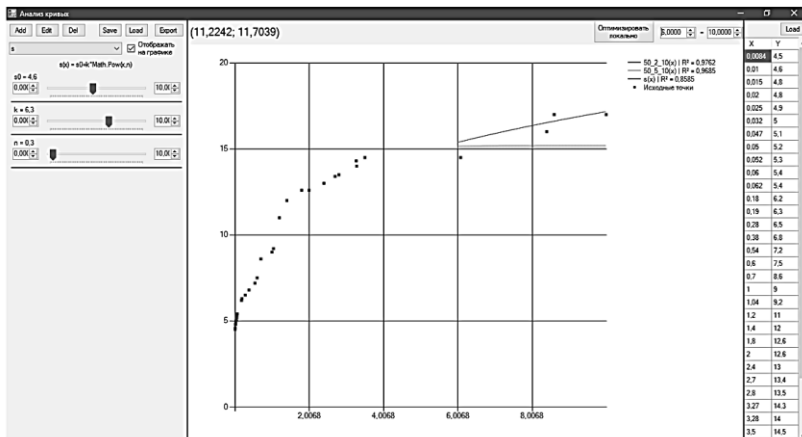


Рисунок 6. Пример применения диапазона к кривым

Компонента содержит три основных элемента управления, разделенного двумя разделителями, позволяющими пользователю изменять размер элементов управления.

Элемент управления CurvesPanelCtrl реализует работу с исходными данными кривых. Данные кривых содержатся в типизированной коллекции Curves типа BindingList с элементами класса CurveViewModel, являющимся реализацией паттерна ViewModel и предоставляющего доступ к данным структуры CurveDto, содержащей информацию по кривым. CurveViewModel также позволяет получить доступ к самой структуре CurveDto, а также существует конструктор позволяющий сыоздать CurveViewModel из CurveDto. Свойство SelectedCurve позволяет получить доступ к выбранной кривой. На рисунке 7 представлена структура хранения данных кривой.

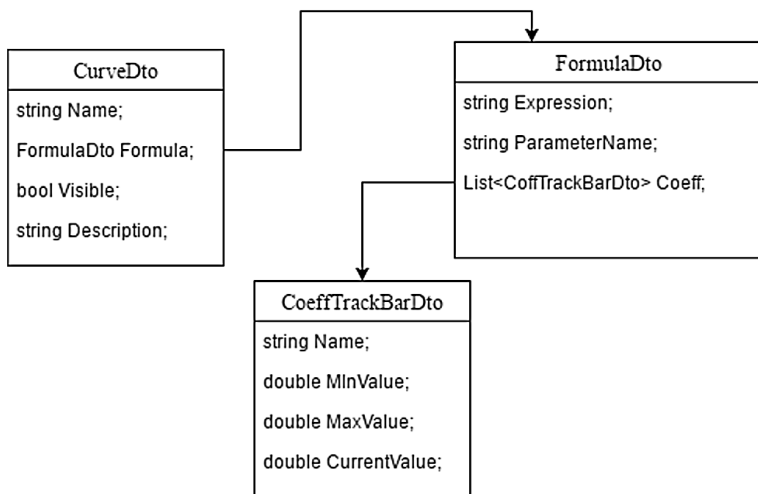


Рисунок 7. Структура хранения данных кривой

CurveViewModel реализует интерфейс INotifyPropertyChanged позволяющий подписчикам события PropertyChanged отследить изменения в кривой. Коллекция BindingList генерирует событие ListChanged при добавлении и изменении элементов, а также при событии PropertyChanged для типов, реализующих INotifyPropertyChanged. Таким образом можно отследить все изменения коллекции кривых извне.

При нажатии на соответствующие кнопки, CurvesPanelCtrl генерирует события LoadClick, SaveClick, ExportClick. При установке

нового списка кривых, вызывается метод RefreshView, который обновляет отображение элемента управления в соответствии с данными выделенной кривой, затем генерируется событие CurvesLoaded. Компонента CurvesAnalysisComponent, обрабатывает события LoadClick, SaveClick обращением к сервису, реализующему интерфейс ICurveAnalysisDataService, для загрузки и сохранения соответственно списка объектов CurveDto. Обработчик ExportClick выводит диалог экспорта данных выделенной кривой, преобразует формат экспорта и сохраняет по выбранному пользователем пути. Обработчик CurvesLoaded обновляет данные кривых на элементе управления отображающем графики кривых в соответствии с данными кривых в элементе CurvesPanelCtrl.

Элемент управления ChartViewCtrl отображает динамично изменяющиеся графики кривых, а также экспериментальные точки. Для динамического отображения изменений кривых, ChartViewCtrl подписывается на событие ListChanged свойства Curves, и при вызове этого события соответствующим образом обновляет данные графиков. Так же ChartViewCtrl содержит кнопку оптимизации, при нажатии на которую генерируется событие OptimizeClick, которое обрабатывается компонентой. Обработчик этого события рассчитывает оптимальные значения коэффициентов, по методу градиентного спуска с постоянным шагом, до получения наилучшего значения R^2 , а затем вызывает RefreshView у CurvesPanelCtrl, после чего данные графика обновляются.

Данные экспериментальных точек устанавливаются компонентой CurveAnalysisComponent. При изменении списка экспериментальных точек происходит обновление отображения на графике, а также пересчитываются значения коэффициента R^2 отображаемого в легендах кривых.

Данные для диапазона расчет значений кривых при загрузке компоненты получаются из настроек. При последующем изменении диапазона происходит изменение соответствующих настроек и их сохранение, после чего все кривые прорисовываются на заданном диапазоне значений. При перемещении мышки над графиком, в элементе управления Label отображаются координаты точки, в системе отсчета графика.

Загрузка и отображение данных экспериментальных точек происходит с помощью элемента управления ScatterPointsCtrl. Точки загружаются из файла, выбранного пользователем. Далее вызывается событие PointsChanged, которое обрабатывается компонентой CurvesAnalysisComponent, обработчик данного события устанавливает соответствующий набор экспериментальных точек в ChartViewControl.

Данные о периоде макролокализации пластической деформации для образцов поликристаллического алюминия марки А85 с геометрическими параметрами предоставлены лабораторией физики прочности НИУ ИФПМ СО РАН. Результаты, полученные с использованием разработанного приложения, хорошо согласуются с ранее опубликованными работами сотрудников лаборатории.

Полученные результаты будут использованы сотрудниками лаборатории для уточнения математической модели описывающих зависимость параметров макролокализации пластической деформации от основного структурного параметра поликристаллического материала – размера зерна.

Заключение

В настоящее время, на языке С#, было реализовано приложение позволяющие проводить анализ логистической кривой и осуществлять подбор основных параметров уравнения.

Список литературы:

1. Лекция 10: Многомерная (многомерная) оптимизация. Методы многомерной оптимизации: метод Хука – Дживса, метод Нелдера – Мида, метод полного перебора, метод покоординатного спуска, метод градиентного спуска. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/1020/188/lecture/4931>.
2. Метод градиентного спуска. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Метод_градиентного_спуска
3. Методы расширения (Руководство по программированию в С#). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/programming-guide/classes-and-structs/extension-methods>.

ПОДАВЛЕНИЕ СЕТЕЙ WI-FI С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА РАЗРЫВА TCP/IP-СЕССИИ

Павленко Егор Владимирович

*курсант, Краснодарское высшее военное училище
им. С.М. Штеменко – КВВУ,
РФ, г. Краснодар*

Задорожный Сергей Александрович

*курсант, Краснодарское высшее военное училище
им. С.М. Штеменко – КВВУ,
РФ, г. Краснодар*

SUPPRESSION OF WI-FI NETWORKS USING THE METHOD OF BREAKING TCP / IP SESSION

Egor Pavlenko

*cadet, Krasnodar Higher Military School
named after S.M. Shtemenko – KVVY,
Russia, Krasnodar*

Sergei Zadorozhnyy

*cadet, Krasnodar Higher Military School
named after S.M. Shtemenko – KVVY,
Russia, Krasnodar*

Аннотация. Развитие средств связи привело к возможности незаметного проноса нарушителями технических средств приёма и передачи информации (ТСПИ) [1] на территории охраняемых объектов. Если устройство было несанкционированно пронесено на защищаемую территорию, то в целях исключения утечки информации необходимо воспрепятствовать его работе. Возможное решение рассматривается в данной статье.

Abstract. The development of communication facilities has led to the possibility of an imperceptible carry by violators of technical means reception and transmission of information on the territory of protected objects. If the device was unauthorized transferred on the protected territory, then in order to prevent information leakage it is necessary to prevent its work. A possible solution discussed in this article.

Ключевые слова: Wi-Fi сеть, TCP/IP-сессия, техническое средство приёма и передачи информации, беспроводная точка доступа, сетевой пакет, MAC-адрес, Python 3.5, Scapy, программные утилиты, aircrack-ng.

Keywords: Wi-Fi network, TCP/IP session, technical means of information reception and transmission, wireless access point, network packet, MAC address, Python 3.5, Scapy, software utilities, aircrack-ng.

Цель работы: воспрепятствовать работе Wi-Fi-устройств, расположенных в радиусе действия Wi-Fi-адаптера [2].

Рассмотрим возможные способы подавления работы Wi-Fi-сетей. Они делятся на два основных направления: энергетический и логический.

При использовании энергетического способа осуществляется передача на выделенных частотах электромагнитных помех, что позволяет производить подавление действующих несанкционированных устройств. Но это приводит к нарушению нормальной работы легитимных Wi-Fi-сетей частных лиц и организаций. Этого недостатка не существует у логического способа.

Применение логического способа подавления Wi-Fi-сетей основано на принудительном разрыве сессии между беспроводной точкой доступа (БТД) [3] и подключенным к ней устройствам путем целенаправленной посылки специально сформированных пакетов данных от рабочей станции подавления (РСП) [4].

Алгоритм логического метода подавления сетей:

- 1) Получение списка работающих Wi-Fi-сетей;
- 2) Подавление работы Wi-Fi-сетей путем посылки сетевых пакетов для разрыва соединений;
- 3) Ведение журнала производимых действий.

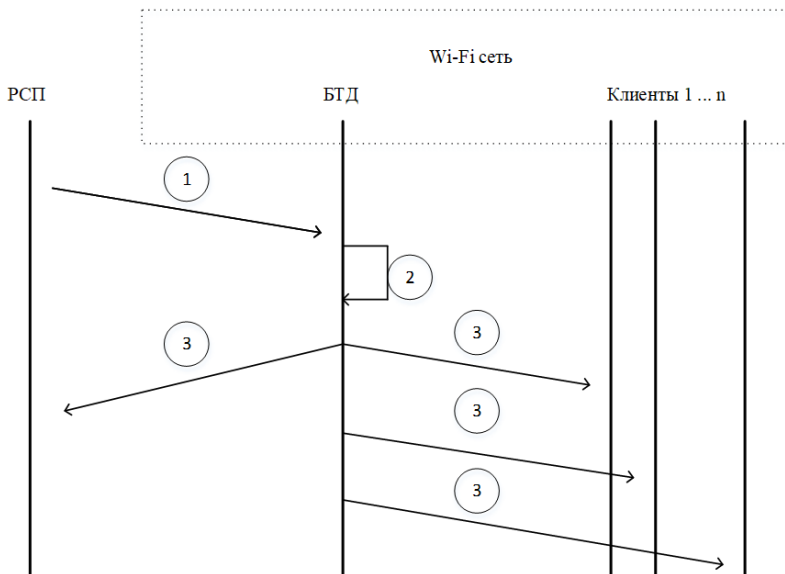


Рисунок 1. Алгоритм логического метода подавления сетей

Описание алгоритма:

1) Установление связи между рабочей станцией подавления и БТД происходит за счёт отправки с РСП на БТД специально собранного сетевого пакета, в котором в качестве адреса получателя указывается широковещательный адрес «ff:ff:ff:ff:ff:ff»;

2) БТД анализирует полученные данные и определяет, что устройство не принадлежит Wi-Fi-сети;

3) БТД отправляет на РСП пакет прерывания, в котором, в отличие от стандартного пакета, в качестве обратного MAC-адреса указывается адрес широковещательной рассылки «ff:ff:ff:ff:ff:ff». Из-за этого изменения с БТД пакеты прерывания отправляются не только на РСП, но и каждому клиенту данной сети Wi-Fi, что приводит к разрыву сессии.

Для реализации алгоритма, представленного на рисунке, авторами статьи написана программа ВФ1 на языке программирования Python 3.5 с использованием библиотеки Scapy. По сравнению с существующими программными утилитами, позволяющими подавлять Wi-Fi-сети, например aircrack-ng, ВФ1 обладает следующими преимуществами [1]:

- после запуска не требует присутствия оператора для сканирования сети и подавления выбранных сетей Wi-Fi;

- обладает избирательностью работы, т. е. позволяет работать легитимным сетям Wi-Fi, заранее занесенным в системный «белый список»;

- ведет журнал работы, что позволяет проводить анализ эффективности функционирования ВФ1.

Для проверки эффективности разработанной программы был проведён эксперимент. В ходе эксперимента все 4 Wi-Fi-сети, которые находились в рамках стабильной передачи Wi-Fi-адаптера PCП, были успешно подавлены.

Недостатком работы ВФ1 является: ограниченный радиус действия, связанный с техническими характеристиками Wi-Fi-адаптера.

Список сокращений и терминов:

- 1) IEEE 802.11 – набор стандартов связи для коммуникации в беспроводной локальной сетевой зоне. Пользователям более известен под названием Wi-Fi. Коммерческий Wi-Fi работает на частотах от 2.4 ГГц до 5 ГГц. Частотные каналы 2.4 ГГц используются для стандартов Wi-Fi 802.11n, 11g, 11b. Педжман Рошан, Джонатан Лиэри. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. Руководство Cisco. – М.: «Вильямс», 2004. – С. 304. – ISBN 5-8459-0701-2;
- 2) ТСПИ – технические средства приёма и передачи информации. Хорев А.А. Защита информации от утечки по техническим каналам. Ч. 1. Технические каналы утечки информации: Учебное пособие. – М.: Гостехкомиссия России, 1998;
- 3) Беспроводная точка доступа – это беспроводная базовая станция, предназначенная для обеспечения беспроводного доступа к уже существующей сети (беспроводной или проводной) или создания новой беспроводной сети;
- 4) Рабочая станция подавления – предназначенный для выполнения разработанного алгоритма компьютер, имеющий Wi-Fi-адаптер.

Список литературы:

1. Официальная документация по aircrack-ng [Электронный ресурс] URL: <https://www.aircrack-ng.org>.

ПОПОЛНЕНИЕ СЛОВАРЯ ОЦЕНОЧНОЙ ЛЕКСИКИ С ПОМОЩЬЮ ДИСТРИБУТИВНО-СЕМАНТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РУССКОГО ЯЗЫКА

Пескишева Татьяна Анатольевна

*канд. техн. наук, доцент,
Вятский государственный университет,
РФ, г. Киров*

SENTIMENT LEXICON EXTENSION USING RUSSIAN DISTRIBUTIONAL SEMANTIC MODEL

Tatyana Peskischeva

*candidate of engineering sciences, associate professor,
Vyatka state University,
Russia, Kirov*

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, государственное задание ВятГУ № 34.2092.2017/4.6, проект «Разработка и исследование словарей оценочной лексики для анализа тональности текстов» (2017-2019 гг.).

Аннотация. В данной работе предлагается подход к пополнению словаря оценочной лексики. Данный подход позволяет дополнить универсальный словарь оценочной лексики семантически близкими словами и получить более высокое качество решения задачи анализа тональности текста.

Abstract. In this paper we propose an approach for sentiment lexicon extension. This approach allows us to add semantically similar words to universal sentiment lexicon and to improve the quality of solving text sentiment analysis problem.

Ключевые слова: анализ тональности; словарь оценочной лексики; дистрибутивно-семантическая модель; word2vec.

Keywords: sentiment analysis; sentiment lexicon; distributional semantic model; word2vec.

Анализ тональности (sentiment analysis) – это область автоматической обработки текстов на естественном языке, предназначенная для определения, является ли данный текст (отзыв о книге или фильме) положительным, или отрицательным по отношению к объекту, о котором идет речь в тексте.

При этом тональность выражается в числовом виде и интерпретируется в соответствии с выбранной шкалой. Например, в случае с трехбалльной шкалой результатом анализа будет положительная, отрицательная или нейтральная оценка.

Для решения задачи определения тональности текста широко используются методы на основе словарей (lexicon-based methods). Данные методы подразумевают то, что слова в словаре соотносятся с определенной шкалой эмоциональности и являются маркерами, от тональности которых зависит тональность текста в целом.

В ходе анализа тональности для представления текста наиболее часто используются модель «мешка слов». В соответствии с моделью «мешка слов (bag of words)» учитывается только частота встречаемости слов в тексте, а документ представляется в виде вектора фиксированного размера. Недостаток такой модели в том, что в ней не учитываются связи между словами текста, а это может существенно повлиять на результаты обработки текста. Для решения данной проблемы можно использовать распределенное векторное представление слов.

В данной статье применяется дистрибутивно-семантическая модель русского языка для пополнения словаря оценочной лексики семантически близкими словами. Для построения модели текста использован инструмент Word2Vec [1].

Word2Vec – программный инструмент анализа семантики естественных языков, разработанный группой исследователей Google.

Word2Vec включает в себя набор алгоритмов для расчета векторных представлений слов. На вход алгоритма Word2Vec подается большой корпус текстовых документов. На выходе каждому слову сопоставляется вектор, состоящий из координат слов. Расстояние между векторами измеряется при помощи меры косинусного сходства. Мерой близости слов выступает их контекстная близость: семантически близкие слова встречаются в похожих контекстах и их векторы располагаются рядом друг с другом [2].

В Word2Vec можно использовать две различные архитектуры нейронной сети, с помощью которой осуществляется перевод слова в вектор: CBOW и Skip-gram.

CBOW (Continuous Bag of Words, «непрерывный мешок со словами») – модельная архитектура, предназначенная для предугадывания слова по окружающему его контексту (словам, расположенным

близко в тексте). Архитектура типа Skip-gram использует слово, чтобы предсказать окружающие его слова.

Алгоритм Word2Vec составляет словарь слов, входящих в обрабатываемые текстовые документы и рассчитывает встречаемость каждого слова в корпусе. Затем сортирует слова по частоте и удаляет редкие слова. Строится дерево Хаффмана, применение которого снижает вычислительную и временную сложность алгоритма. Из корпуса текст считывается заданными базовыми элементами (например, предложениями, абзацами), после чего из анализа удаляются наиболее часто встречающиеся слова корпуса.

По базовому элементу выполняется проход окном, размер которого соответствует максимальной дистанции между текущим и предсказываемым словом.

К полученным данным применяется нейронная сеть прямого распространения (feedforward neural network) с функцией активации иерархический софтмакс (hierarchical softmax) и/или негативное семплирование (negative sampling). В результате работы алгоритмы возвращают координаты векторов слов исходного корпуса текстов.

Целью данного исследования является выяснение возможностей использования предварительно обученных на значительных массивах текстов моделей Word2Vec для русского языка на примере модели Russian Distributional Thesaurus (RDT) [3].

Russian Distributional Thesaurus – проект создания открытого дистрибутивного тезауруса русского языка. Модель русского языка была построена автоматически на основании корпуса текстов книг на русском языке (12.9 млрд словоупотреблений). Для тестирования использовалась модель размерности векторного пространства 100 на основе подхода skip-gram с размером контекстного окна в 10 слов [4].

Общая идея заключается в том, чтобы для каждого слова из тонального словаря найти множество потенциально близких к нему понятий. Для оценки сходства между словами используется модель Word2Vec.

В качестве базовых тональных словарей были взяты словари из статьи [5] *Universal* ($n=4$) и *Universal* ($n=3$). Перечисленные словари были составлены с учетом экспертных знаний четырех аннотаторов, выявлявших оценочные слова из текстов отзывов 5 предметных областей: рестораны, автомобили, фильмы, книги и камеры.

Для каждого из базовых тональных словарей с помощью модели RDT осуществлялся поиск наиболее близких 5, 7 и 10 слов. В итоге был получен словарь *univ3_5*, *univ3_7*, *univ3_10*, *univ4_5*, *univ4_7*, *univ4_10*. Далее каждый из этих словарей использовался для анализа

тональности 1000 текстов отзывов из предметной области «туризм». Отзывы содержат впечатления людей от отдыха в разных отелях по всему миру. Анализ тональности выполнялся на основе метода опорных векторов. Для сравнения результатов анализа тональности используется F_1 -мера.

В ходе экспериментов были получены следующие результаты.

Таблица 1.

Результаты использования полученных словарей

Словарь	Количество слов словаря	Количество оценочных слов в отзывах	Среднее значение F_1 -меры	Время анализа тональности, с
<i>Universal (n = 4)</i>	1110	608	66,6	102
<i>Universal (n = 3)</i>	3245	1505	73,4	242
<i>Univ 4_5</i>	3520	1385	74	278
<i>Univ 4_7</i>	4340	1629	74,9	291
<i>Univ 4_10</i>	5560	1958	77,7	414
<i>Univ 3_5</i>	9006	2912	78,4	455
<i>Univ 3_7</i>	10939	3330	78,7	520
<i>Univ 3_10</i>	13541	3899	80,5	599

По итогам анализа полученных результатов можно сделать следующие выводы. В отсутствии специализированного словаря для конкретной области могут использоваться универсальные словари, что приводит к получению относительно хороших результатов. Такие словари могут быть дополнены и уточнены в дальнейшем.

Большее количество семантически близких слов повышает качество анализа тональности текста. Однако учет слишком большого количества близких слов требует больших временных затрат для пополнения тонального словаря, существенно увеличивает время анализа тональности текста, а также приводит к появлению большого количества случайных слов в словаре.

Список литературы:

1. Word2Vec Project [Электронный ресурс]. – URL: <https://code.google.com/p/word2vec/>

2. Mikolov T. [et al.]. Distributed representations of words and phrases and their compositionality. Advances in neural information processing systems. 2013.
3. Panchenko A., Ustalov D., Arefyev N., Paperno D., Konstantinova N., Loukachevitch N. and Biemann C. (2016): Human and Machine Judgements about Russian Semantic Relatedness. In Proceedings of the 5th Conference on Analysis of Images, Social Networks, and Texts (AIST'2016). Communications in Computer and Information Science (CCIS). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
4. Russian Distributional Thesaurus [Электронный ресурс]. – URL: https://nlpub.ru/Russian_Distributional_Thesaurus.
5. Kotelnikov E.V., Bushmeleva N.A., Razova E.V., Peskisheva T.A., Pletneva M. V. Manually Created Sentiment Lexicons: Research and Development // Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Papers from the Annual International Conference "Dialogue", 01-04 June 2016. Issue 15 (22). - P. 281-295.

1.2. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВИБРАЦИОННОГО ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКОГО ОКСИДНОГО ПОКРЫТИЯ

Гуляев Владимир Игоревич

*студент, Донской государственный технический университет
РФ, г. Ростов- на- Дону*

Кожанов Андрей Иванович

*студент, Донской государственный технический университет
РФ, г. Ростов- на- Дону*

Аннотация. Сделана попытка выяснить механизм образования оксидной пленки при комбинировании метода вибрационной обработки и оксидирования.

Ключевые слова: оксидная плёнка; механизм формирования; оксидное покрытие.

В основу изучения механизма формирования оксидной пленки положена методика определения характера расположения, размеров, глубины и форы следов обработки при работе в среде полиэтиленовых шаров в процессе оксидирования и без оксидирующего раствора и установления качества пленки, общего вида поверхности с помощью оптических и электронно-микроскопических методов исследований.

В работах авторов Бабичева А.П. Устинова В.П. (1) имеются сведения о формировании поверхностного слоя в процессе вибрационной обработки в среде металлических тел. Эти процессы сопровождаются пластическим деформированием поверхностных слоев металла в условиях многократного динамического контакта частиц рабочей среды с деталью.

При комбинировании метода вибрационной обработки и оксидирования взаимодействие рабочей среды (полиэтиленовых шаров) и поверхностного слоя обрабатываемого материала осуществляется через прослойку образующейся оксидной пленки и раствора, находящихся в зоне контакта. Согласно теории

химического оксидирования образование оксидной пленки, рост ее является результатом взаимодействия металла с рабочим раствором, которое осуществляется через поры пленки, образующейся в процессе оксидирования.

В процессе вибрационной обработки частицы рабочей среды наносят удары по обрабатываемой поверхности. В зоне контакта возникают напряжения, обеспечивающие пластическую деформацию, что приводит к увеличению дислокаций и образованию активных дислокационно-вакансионных центров. Под воздействием циркулирующей рабочей среды и деталей образуется сравнительно равномерный слой пластически-деформированного активного металла.

Увеличение внутренней энергии поверхностных слоев металла в результате пластической деформации приводит к повышению адсорбционной активности металлической поверхности.

Скорость химических реакций зависит от числа активных молекул. В результате скольжения шаров относительно поверхности деталей, взаимного колебания атомных групп составляющих молекулы, повышенной энергии движения рабочей среды происходит активация молекул оксидирующего раствора, за счет получения ими дополнительной энергии. Об активации молекул свидетельствует увеличение толщины оксидной пленки, полученной при ViO 4,5-5 мкм, (без ViO 3-3,5 мкм). ViO сообщает ионам дополнительную энергию, необходимую для преодоления увеличивающегося расстояния между металлом и растущей оксидной пленкой.

Таким образом, последовательное нанесение большого числа микроударов частиц рабочей среды при их взаимном соударении и скольжении приводит к повышению химической активности не только металлической поверхности, но и молекул оксидирующего раствора.

Характерный след от удара шара о поверхность оксидированной детали показан на рис. 1. Визуальный анализ фотоснимка дает основание считать, что при ударе шара деформация направлена в глубь образца. Это же подтверждается и профилограммой отпечатка, где видны незначительные навалы по краям лунки (рис. 2) в сторону проекции вектора скорости шара (рис. 3).

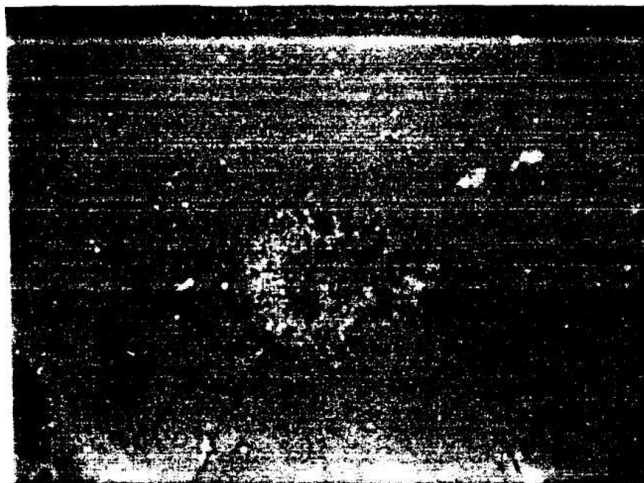


Рисунок 1. Характерные следы прямого и косого удара шара, по поверхности металла с оксидной пленкой, толщиной 1 мкм



ВУ 2000 ГУ 80

Рисунок 2. Профилограмма отпечатка прямого удара шара



ВУ 2000 ГУ 80

Рисунок 3. Профилограмма отпечатка косого удара шара

Вибрирующая среда, контактируя с поверхностью растущей оксидной пленки, разрыхляет ее, чем облегчает доступ оксидирующего раствора к поверхности металла. Реакционная способность раствора усиливается за счет активации составляющих его компонентов.

Интенсивность протекающих процессов отмечается не только в реакционной зоне, но и в зоне непосредственного контакта. Под воздействием нормальных и тангенциальных сил поверхностный слой оксидной пленки деформируется, как за счет воздействия шаров, так и за счет вибрирующего раствора.

И.А. Одинг к сдвиговым процессам пластической деформации относит механизм скольжения, проявляющийся в перемещении одной части зерна по отношению к другой. Внешне проявление этого перемещения выражается образованием на поверхности металла полос скольжения.

Полученная структура алюминия АД1 до и после обработки. Показывает изменение зерен, уменьшение размера и вытягивание их параллельно плоскости обработки зерен алюминия.

Визуальный анализ фотоснимков показывает, что на исследуемой поверхности имеется большое число беспорядочно расположенных следов обработки - выступов и впадин. Они имеют разнообразную форму, глубину и размеры. Видны мелкие углубления и продольные разнонаправленные риски разнообразной формы и размеров, что является следствием прямых и косых ударов. Контурные следы неровны, что свидетельствует о переменном характере движения шара относительно обрабатываемой поверхности.

На различных участках рельефа поверхности видны кратерообразные следы прямого воздействия шара о поверхность, деформация направлена вглубь образца. Видны множество следов, полученных от ударов шаров, направленных под углом к поверхности, что свидетельствует о скользящем ударе, вызывающем сдвиг и хрупкое разрушение материала.

При рассмотрении фотоснимков поверхности образцов, обработанных в течение 5 минут отмечается неоднородность обработанной поверхности. Она представляет собой пересечение исходных шероховатостей со следами обработки. Различаются полированные участки поверхности и участки со следами разрушения. Поверхность покрыта кратерами - впадинами различного типа.

Съём металла во времени протекает нелинейно. В начале обработки протекает инкубационный период, в течение которого заметной потери массы не наблюдается. Как показали исследования, в этот период образуются вмятины - отпечатки, происходит накопление скрытой энергии разрушения, охрупчивание поверхностных слоев обрабатываемого материала.

При более длительной обработке наблюдается соприкосновение и наложение множества единичных следов и поверхность в местах скопления большого числа следов обработки представляет многократно передеформированный слой.

При рассмотрении следов видно, что отдельные шары при столкновении с обрабатываемой поверхностью оставляют на ней прерывистый след, состоящий из более мелких следов, обусловленных характером движения шаров.

При таком перекрестном характере расположения рассмотренных следов обработки образуется своеобразный микрорельеф.

Анализируя полученные результаты можно отметить, что при ВиО в среде полиэтиленовых шаров на поверхности образуются следы кратерообразного типа, являющиеся следствием прямого удара; следы удлиненной формы, образующиеся в результате скольжения шара относительно обработанной поверхности и следы смешанного типа, являющиеся следствием как скольжения, так и прямого соударения. Большая часть следов обработки носит смешанный характер.

Большое число обработочных следов, покрывающих почти всю поверхность образца, указывает на протекание процессов пластического деформирования на микроуровне и разрыхления поверхностного слоя.

Эти явления имеют большое значение при формировании оксидной пленки и микрорельефа поверхности, так как непосредственный контакт шара происходит по оксидной пленке.

Многочисленными исследованиями установлено наличие пластического течения материала в тонком поверхностном слое образца по ходу движения отдельной гранулы. При прямом ударе шара деформация направлена вглубь образца. Большинство следов свойственны ударам шаров, направленным под углом к поверхности, которые вызывают хрупкое разрушение оксида и сдвиг отдельных частиц. Такое разрушение поверхности позволяет взрыхлять слой оксида с образованием мелкодисперсных частиц, часть из которых схватывается своими ювенильными поверхностями с оксидом, иногда попадая в поры и уменьшая их объем, частично уносится окисдирующим раствором, частично уплотняется последующими ударами шаров и приобретает полированный вид.

Первоначальный контакт шара происходит по вершинам микронеровностей. В процессе обработки увеличивается площадь контакта покрытия с поверхностью в результате закругления радиуса выступов. На профилограмме шлифованной поверхности, записанной после обработки в полиэтиленовых шарах и после совмещения с оксидированием видно, что в результате деформирования гребешков микронеровностей под воздействием ударов шаров происходит уменьшение шероховатости, увеличение радиуса закругления вершин выступов.

Следовательно, в результате вибрационной обработки оксидная пленка разрыхляется и сглаживается в процессе ее роста.

В зоне контакта, благодаря скользящим ударам шаров, частицы оксидной пленки ориентируются параллельно обрабатываемой поверхности, о чем свидетельствуют блестящие участки на поверхности покрытия, хорошо видимые на микрофотографии, (рис. 4).

На ней изображен вид поверхности оксидного покрытия, полученного при вибрационной обработке. Следует отметить, что более

50 % поверхности покрытия, полученного в результате виброобработки, имеет ориентацию частиц параллельно плоскости скольжения.

Для сравнения на рис. 5 представлена микрофотография оксидной пленки, полученной стандартным способом. Анализируя снимки можно сделать вывод, что при нанесении покрытия в стационарных ваннах, то есть без приложения нагрузки, зерна гидроксида имеют беспорядочную ориентацию, а полученные в процессе вибрационной обработки ориентированы параллельно плоскости скольжения.



Рисунок 4. Вид оксидного покрытия, полученного в процессе вибрационной обработки

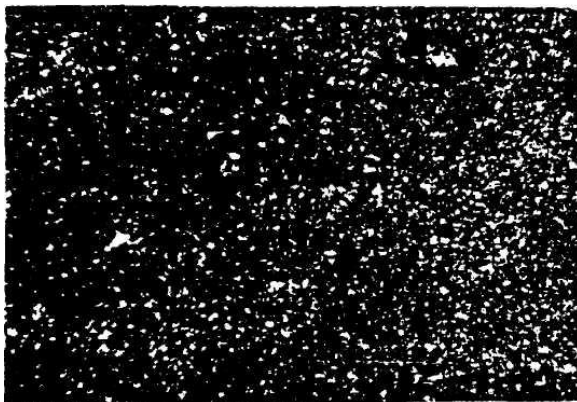


Рисунок 5. Вид оксидного покрытия, полученного традиционным способом

Подводя итог проведенных исследований, можно заключить, что вибрационная обработка в среде полиэтиленовых шаров позволяет совместить три технологических этапа:

- подготовку поверхности под покрытие - очистку от загрязнений и окислов, активацию поверхностного слоя в результате пластического деформирования и увеличения плотности дислокаций поверхностных слоев, образование ювенильных поверхностей; увеличение площади контакта;
- получение оксидной пленки;
- отделку поверхности
- создание определенного микрорельефа, повышение отражательной способности и качества поверхностного слоя.

Список литературы:

1. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии. Часть I, Ростов-на-Дону, 1993.
2. Иванов В.В., Гальченко Г.А. Вибрационное механохимическое цинкование крепёжных деталей автомобиля. Автомобильная промышленность. 2016. 9/ 02-С. 30-32.3.
3. Штынь С.Ю., Иванов В.В. Особенности протекания в поверхностном слое механохимических процессов нанесения покрытия в условиях виброволнового воздействия. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2016. Выпуск 8, Часть 2. Тула. С. 194-202.
4. Lebedev V.A., Ivanov V.V., Fedorov V.P. Morphological analysis of galvanized coating applied under vibrowave process system conditions. Materials Science and Engineering.-2016.-124.doi.10.1088/1757-899X/124/1/012160. P.1-6.

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИКИ ИЗНОСА ИНСТРУМЕНТА НА СИЛУ РЕЗАНИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Носенко Владимир Андреевич

*д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой
«Технология и оборудование машиностроительных производств»
Волжского политехнического института (филиала) ФГБОУ ВО
«Волгоградский государственный технический университет»,
РФ, г. Волгоград*

Даниленко Марина Владимировна

*старший преподаватель кафедры
«Технология и оборудование машиностроительных производств»
Волжского политехнического института (филиала) ФГБОУ ВО
«Волгоградский государственный технический университет»,
РФ, г. Волгоград*

INFLUENCE THE DYNAMICS OF TOOL WEAR ON THE POWER OF CUTTING AT THE GRINDING

Vladimir Nosenko

*doctor of science (Eng.), professor, head of Department
of Technology and Equipment of Machine Building Manufacturing,
Volzhsky Polytechnic Institute (branch)
Volgograd State Technical University
Russia, Volgograd*

Marina Danilenko

*senior lecturer, Department
of Technology and Equipment of Machine Building Manufacturing.
Volzhsky Polytechnic Institute (branch)
Volgograd State Technical University,
Russia, Volgograd*

Аннотация. В статье изложена модель определения силы резания при шлифовании. В модели учитывается изменение плотности распределения вершин зерен по глубине рабочей поверхности шлифовального круга в результате изнашивания в течение периода обработки.

Abstract. In this paper we propose a model for determining the cutting force during grinding. The model takes into account the change in the distribution density of grain peaks along the depth of the working surface of the grinding wheel as a result of wear during the processing period.

Ключевые слова: шлифование металлов; абразивный инструмент; распределение зерен; виды изнашивания.

Ключевые слова: the grinding of metal; abrasive tool; the grain's distribution; the types of wear.

Значение действующей при шлифовании силы резания является важнейшей характеристикой процесса обработки. От нее зависят упругие деформации технологической системы, температура в зоне резания и в поверхностных слоях детали, образование прижогов, износ и стойкость шлифовального круга.

Шлифованию присущи некоторые особенности, обусловленные стохастической природой протекания процесса абразивной обработки, которые в целом характеризуют нестабильность процесса во времени. Одной из причин нестабильности процесса шлифования является изменение рельефа рабочей поверхности (РП) шлифовального круга (ШК) в результате изнашивания. Изменение количества вершин зерен, участвующих в формообразовании поверхности, приводит к изменению силы резания при шлифовании. Особую актуальность нестабильность процесса шлифования приобретает в условиях автоматизированного производства.

Для расчета силы резания при шлифовании используют различные математические модели, учитывающие суммирование сил всех одновременно работающих зерен. Для этого рассматривают часть профиля РП ШК находящуюся в некоторый момент времени в зоне взаимодействия (Рисунок 1).

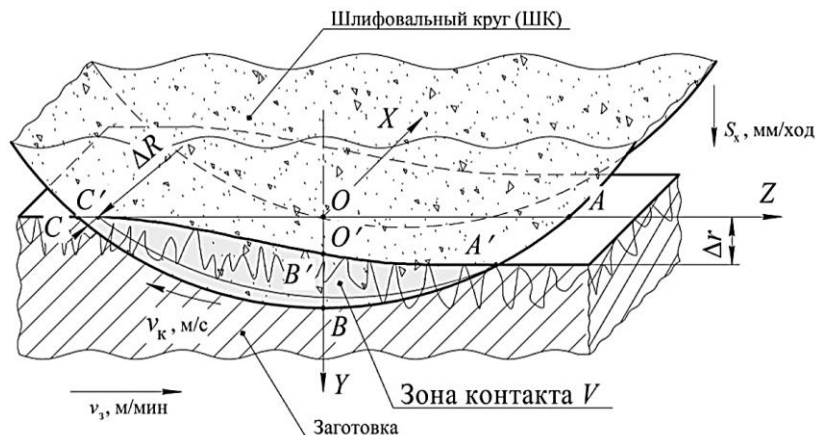


Рисунок 1. Схема зоны контакта

Разбивая эту часть профиля на слои, подсчитывают количество контактирующих зерен в каждом из них. Допуская, что сила резания на одно зерно зависит от глубины резания, суммируют их значения в пределах одного слоя. Производя вычисления по всем слоям, определяют суммарную силу резания [1-4]. Такие модели позволяют рассчитать силу резания только в некоторый момент времени при заданном статичном распределении зерен вершин зерен по глубине РП ШК.

В течение периода шлифования, в результате протекания различных процессов изнашивания, плотность распределения зерен изменяется. Это оказывает влияние на вероятность контакта, число контактирующих зерен и силу резания. В настоящее время известно достаточно много видов изнашивания. В зависимости от масштабности разрушения их можно объединить в три группы: вырывание зерна из связки, скалывание и истирание вершины зерна.

Изнашивание вершины зерна является случайным событием. Количество вершин зерен, подверженных i -ом слое на K -ом обороте круга различным видам изнашивания, определяется вероятностями вырывания зерен из связки $A_i(K)$, скалывания $B_i(K)$ и истирания $C_i(K)$ их вершин. Эти вероятности зависят от максимальной силы резания, действующей на вершину зерна в рассматриваемом слое, которая определяется по наибольшему значению фактической глубины резания, и твердости ШК (Рисунок 2). Принимаем, что каждая вершина зерна за период времени, равный одному обороту шлифовального круга подвергается только одному виду изнашивания, а вероятности этих событий составляют полную группу: $A_i(K) + B_i(K) + C_i(K) = 1$.

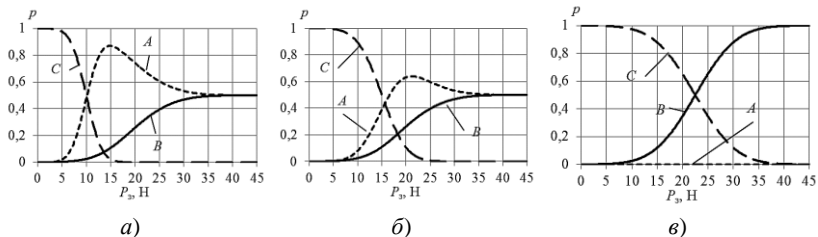


Рисунок 2. Зависимости вероятностей изнашивания вырыванием *A*, скалыванием *B* и истиранием *C* от равнодействующей силы резания единичной вершиной зерна P_z при шлифовании кругами твердостью *K* (а), *M* (б), *O* (в)

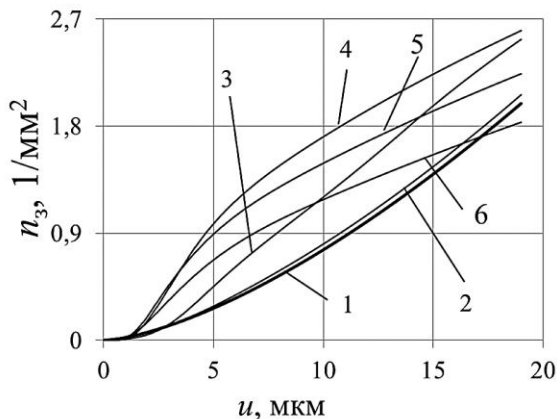
При контакте с обрабатываемым материалом, в результате изнашивания скалыванием или истиранием, вершина зерна изменяет свое первоначальное положение и перемещается в вышележащий слой РП ШК. Для определения её нового положения используются переходные вероятности.

При вырывании из связки зерно покидает рабочую поверхность круга, поэтому переходная вероятность появления вершины зерна в любом из слоев РП ШК будет равна нулю. Переходные вероятности изнашивания истиранием и скалыванием рассчитываются по методике изложенной в работе [5].

Таким образом, схема изменения количества вершин зерен в произвольном слое круга, с учетом динамики износа инструмента, выглядит следующим образом. В некоторый период времени τ , соответствующий K -му обороту круга в i -ом слое во взаимодействие с обрабатываемым металлом вступают вершины зерен, сформированные на $(K - 1)$ -ом обороте круга в $(i + 1)$ -ом слое. При прохождении зоны контакта количество вершин в i -ом слое будет изменяться под влиянием следующих факторов: часть зерен Δn_{1i} покинет слой в результате вырывания зерен из связки круга; некоторое количество Δn_{2i} покинет рассматриваемый слой в результате скалывания; в результате изнашивания истиранием часть вершин зерен Δn_{3i} переместится в вышележащий слой; в результате скалывания в нижележащих слоях вершины зерен Δn_{4i} попадут в рассматриваемый слой; в результате истирания в $i-1$ -м слое часть вершин переместится в рассматриваемый слой. Общее количество вершин в i -ом слое после K -го оборота круга равно:

$$n_i(K) = n_{i+1}(K-1) - \Delta n_{i_1}(K) - \Delta n_{2i}(K) - \Delta n_{3i}(K) + \Delta n_{4i}(K) + \Delta n_{5i}(K).$$

На рисунке 3 представлены результаты расчета плотности распределения вершин зерен по глубине РП ШК в различные периоды обработки. С целью автоматизации расчетов разработана программа для ЭВМ [6].



Примечание: 1 – начальное распределение; 2 – 30 об.; 3 – 300 об.; 4 – 900 об.; 5 – 1200 об.; 6 – 1500 об. (заготовка: сталь 45 ГОСТ 1050 (HRC 52); $S_x - 0,01$ мм/ход; $v_3 = 12$ м/мин; $v_k = 37$ м/с; ШК – 1 200×20×76 25A F60 M 6 B 50 м/с 1 кл. ГОСТ Р 52781-2007)

Рисунок 3. Плотность распределения вершин зерен из по глубине РП ШК и в различные периоды шлифования (обороты круга)

Начальное распределение вершин формируется правкой. К 900-му обороту круга плотность распределения вершин зерен по глубине РП ШК возрастает и достигает максимума. При дальнейшем увеличении числа оборотов наблюдается тенденция к снижению плотности распределения вершин зерен.

Анализ результатов экспериментальных исследований, полученных измерением плотности распределения вершин зерен на профилографе-профилометре «Сейтроник ПШ8-3», показал, что максимальное отклонение теоретических данных от экспериментальных не превышает 15 %.

Изменения в количестве вершин зерен оказывают влияние на силу резания (рисунок 4). Так для рассматриваемых условий шлифования, в период обработки с 1-го до 1000-го оборота круга, наблюдается рост силы резания, который объясняется ростом накопленной частоты

вершин зерен (рисунок 3). После 1000-го оборота круга увеличивается количество вырываемых зерен, что приводит к уменьшению вершин зерен, участвующих в формообразовании поверхности и закономерному снижению силы резания.

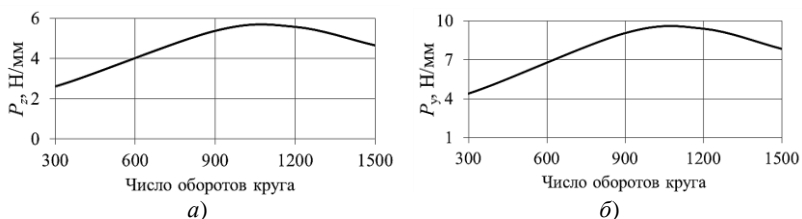


Рисунок 4. Графики зависимости касательной P_z (а) и радиальной P_y (б) составляющих силы резания от числа оборотов ШК

Вывод. При разработке динамической модели силы резания необходимо учитывать изменение распределения вершин зерен по глубине РП ШК. Это изменение происходит в результате изнашивания. Основными видами изнашивания являются истирание и скалывание вершины зерен, вырывание зерен из связки. Каждый из них в различной степени влияет на изменение положения вершины зерна и количество вершин зерен участвующих в формообразовании поверхности.

Список литературы:

1. Зубарев Ю.М. Теория и практика повышения эффективности шлифования материалов / Ю.М. Зубарев, А.В. Приемышев. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 304 с.
2. Королев А.В. Исследование процессов образования поверхностей инструмента и детали при абразивной обработке. – Саратов: Изд-во сарат. ун-та. – 1975. –192с.
3. Новоселов Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке. – Севастополь: Изд-во Сев.НТУ, 2012. – 304 с.
4. Островский В.И. Теоретические основы процесса шлифования. – Л.: Изд-во ленингр. ун-та, 1981. - 144с.
5. Носенко В.А. Динамическое моделирование распределения вершин зёрен на рабочей поверхности абразивного инструмента при шлифовании с использованием переходных вероятностей / В.А. Носенко, Е.В. Федотов, М.В. Даниленко // Известия вузов. Машиностроение. - 2017. - № 2 (683). - С. 79-89.
6. Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ № 20111614423 от 6 июня 2011 г. РФ. Расчёт сил резания при шлифовании / В.А. Носенко, Е.В. Федотов, М.В. Даниленко, С.В. Носенко; ВолгГТУ. - 2011.

СТРУКТУРНЫЙ И КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА

Павлов Олег Юрьевич

*доцент Лениногорского филиала ФГБОУ ВО КНИТУ
им. А.Н. Туполева – КАИ,
РФ, Республика Татарстан, г. Бузульма*

STRUCTURAL AND KINEMATICAL ANALYSIS KROVOSHIPNO-SOLUBLE MECHANISM

Oleg Pavlov

*associate professor
of the Leninogorsk Branch of the FGBOU IN THE KNITU
them A.N. Tupolev – KAI,
Russia, the Republic of Tatarstan, Bugulma*

Аннотация. Статья посвящена методике проведения практических занятий по анализу механизмов различного типа со студентами машиностроительного профиля. Рассмотрен пример проведения структурного и кинематического анализа кривошипно-ползунного механизма с подробным описанием методики выполнения домашних заданий по учебной дисциплине «Теория механизмов и машин». Методика предполагает повышение практических навыков обучающихся, прежде всего за счет индивидуализации обучения.

Abstract. The article is devoted to the technique of conducting practical exercises on the analysis of mechanisms of various types with engineering students. An example of carrying out structural and kinematic analysis of the crank-slider mechanism with a detailed description of the methodology for doing homework on the discipline "Theory of mechanisms and machines" is considered. The methodology involves increasing the practical skills of students, primarily through the individualization of training.

Ключевые слова: механизм; структура; кинематика; анализ; звено; пара; цепь; скорость; ускорение.

Keywords: mechanism; structure; kinematics; analysis; link; pair; chain; speed; acceleration.

Кинематическую основу любой машины составляют механизмы, предназначенные для преобразования заданного движения входному (ведущему) звену в требуемые движения остальных звеньев, как правило, с изменением скоростей и ускорений [1].

Одной из основных задач учебной дисциплины «Теория механизмов и машин» является производство структурного и кинематического анализа механизмов. В процессе обучения студентов качественному выполнению данной процедуры приходится сталкиваться с недостаточным количеством учебного времени, особенно при заочном и очно-заочном обучении. Для повышения эффективности получения студентами практических навыков анализа работы различных типов механизмов предлагается выдавать им в качестве домашних индивидуальных заданий выполнение структурного и кинематического анализа механизма по схеме, предложенной ниже для кривошипно-ползунного механизма с учетом рекомендаций авторов [1].

Структурный анализ механизма. Структурная схема, исходные данные и общий анализ механизма.

Исходные данные:

- начальное положение ведущего звена кривошипа $\varphi_1 = 45^\circ$;
- размеры звеньев: $l_{OA} = 0,05$ м; $l_{AB} = 0,20$ м.
- частота вращения ведущего звена $n = 765$ об/мин.

Структурная схема механизма представлена на рисунке 1. На ней указаны неподвижное звено (стойка), подвижные звенья, заглавными латинскими буквами обозначены центры вращения кинематических пар, входное звено и направление его движения. Звенья на схеме обозначим арабскими цифрами 1, 2, 3, 4, начиная с входного (ведущего) звена.

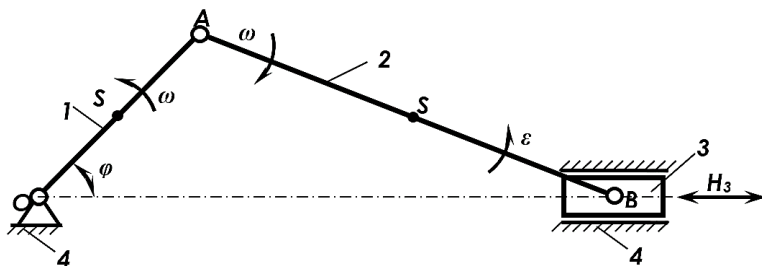


Рисунок 1. Схема кривошипно-ползунного механизма

Определение числа звеньев, кинематических пар и их характеристика

Данный механизм включает четыре звена [2].

Звено 1 – кривошип, который совершает полнооборотное вращательное движение.

Звено 2 – шатун-звено, совершающее сложное плоскопараллельное движение и образующие кинематические пары только с подвижными звеньями.

Звено 3 – ползун, совершает возвратно-поступательное движение.

Звено 4 – стойка, неподвижна.

Число подвижных звеньев $n = 3$.

Кинематические пары (КП), образуемые звеньями [2]:

4 - 1 ("0") – вращательная, одноподвижная, низшая;

1 - 2 ("А") – вращательная, одноподвижная, низшая;

2 - 3 ("В") – вращательная, одноподвижная, низшая;

3 - 4 ("Н₃₄") – поступательная, одноподвижная, низшая.

Всего кинематических пар 4 и все КП одноподвижные, т. е. $p_1 = 4$.

Двухподвижных КП нет, т. е. $p_2 = 0$ [2].

Определение числа степеней свободы механизма

Для плоского механизма

$$W = 3n - 2p_1 - 1p_1 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 - 1 \cdot 0 = 1.$$

где: $W = 1$ означает, что достаточно задать движение одному подвижному звену и все звенья получат движение.

Анализ принципа образования механизма

В состав механизма входят две структурные группы:

а) группа начальных звеньев, состоящая из звеньев 1 и 4 с одной вращательной кинематической парой "0" (рисунок 2 а).

Степень подвижности группы

$$W_1 = 3n - 2p_1 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 = 1;$$

б) группа с нулевой степенью подвижности (группа Ассура), состоящая из звеньев 2 и 3 и трех кинематических пар "А", "В" - вращательные;

"Н₃₄" - поступательная (рисунок 2б). Степень подвижности группы

$$W' = 3n - 2p_1 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 0.$$

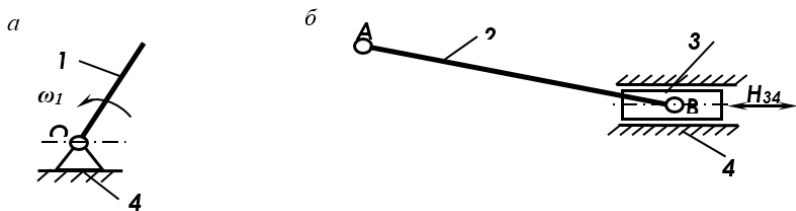


Рисунок 2 (а, б) Структурные группы механизма

Таким образом, механизм образован последовательным присоединением к группе начальных звеньев с $W = 1$ одной двухповодковой группы (диады) Ассура с $W = 0$ и является механизмом 1 класса 2-го порядка.

Перейдем к кинематическому анализу механизма Построение плана механизма в 6 – 8 положениях (через 45° или 60°)

Исходные данные: $\ell_{OA} = 0,05$ м; $\ell_{AB} = 0,20$ м.

Из условия размещения плана на листе выбирается масштабный коэффициент длины звеньев, например, по звену OA

$$K_\ell = \frac{\ell_{OA}}{\overline{OA}} = \frac{0,05 \text{ м}}{25 \text{ мм}} = 0,002 \frac{\text{м}}{\text{мм}},$$

где: \overline{OA} – длина отрезка, изображающего длину звена на плане.

С учетом $K_\ell = 0,002$ м/мм длина звена AB на плане:

$$\overline{AB} = \frac{\ell_{AB}}{K_\ell} = \frac{0,2}{0,02} = 100 \text{ мм.}$$

В выбранном масштабе вычерчиваются планы механизма (рисунок 3).

Из точки "O" проводится окружность радиусом OA – траектория движения точки "A", которая делится на 8 равных частей (через 45°), восемь положений кривошипа и горизонтальная линия – траектория движения точки "B".

Точки A нумеруются от 1 до 8 в направлении вращения. Из каждой точки $A_1 \dots A_8$ на горизонтальной линии, проведённой из точки O отмечаются места положения ползуна $B_1 \dots B_8$ отсекая их дугой окружности радиусом \overline{AB} . На середине каждого отрезка $A_n B_n$ отмечается точка положения центра масс шатуна $S_1 \dots S_8$. Соединение этих точек позволяет получить фигуру в виде овала, которая соответствует траектории движения центра масс шатуна S_2 .

Траектория движения центра масс шатуна (точки S_2) и характеристика траекторий движения точек А, В.

По планам механизма (рисунок 3) получена траектория движения центра масс шатуна, которая представляет собой эллипс. Траектория движения точки "А" – окружность, точки "В" (ползуна) – прямая линия. Ползун является рабочим органом, совершает возвратно-поступательное движение из одного крайнего положения в другое (имеет две мертвые точки).

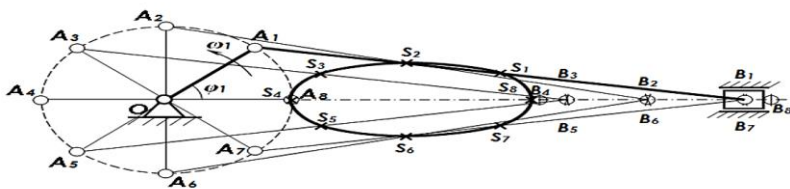


Рисунок 3. Планы положений механизма

Кинематическая схема механизма в заданном положении.

Исходные данные: $\varphi_1 = 45^\circ$; $l_{OA} = 0,05$ м; $l_{AB} = 0,20$ м;

$n_1 = 765$ об/мин или угловая скорость вращения кривошипа

$$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 765}{30} = 80 \text{ рад/с.}$$

В принятом масштабе $K_l = 0,002$ м/мм кинематическая схема механизма (план механизма) при $\varphi_1 = 45^\circ$ для анализа изображена на рисунке 4. Планы скоростей (рисунок 5) и ускорений (рисунок 6) построить на том же листе.

Рассмотрим определение линейной скорости точек А, В; угловой скорости шатуна и их направления

Линейные скорости точек v_i механизма определяются из плана скоростей, который строится из полюса плана в масштабе $K_v = \frac{v_i}{\bar{O}}$,

где \bar{O} - длина отрезка в мм, изображающая скорость точки v_i на плане. Скорость точки А: $v_A = \omega_1 l_{OA} = 80 \cdot 0,05 = 4$ м/с. Вектор \bar{v}_A приложен в точке А перпендикулярно звену 1 и направлен в сторону его вращения. Принимаем масштабный коэффициент скорости

$K_v = 0,1 \frac{м/с}{мм}$. На плане скорость \vec{v}_A изображается отрезком $\overline{p_v a} = \frac{v_A}{K_v} = \frac{4}{0,1} = 40$ мм, отложенным из полюса плана p_v (рисунок 5).

Скорость неподвижной точки О равна нулю. Для определения скорости точки В используем векторное уравнение

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA} \quad (1)$$

где: \vec{v}_{BA} - относительная скорость точки В при вращении вокруг точки А, направлена перпендикулярно звену ВА. С учетом этого

$$\underline{\vec{v}_B} = \underline{\vec{v}_A} + \underline{\vec{v}_{BA}} \quad (2)$$

$$\|OB \perp AO \perp VA.$$

Векторное уравнение (2) с двумя неизвестными величинами \vec{v}_B и \vec{v}_{BA} решается путем построения плана скоростей.

Построение плана скоростей производится в следующей последовательности.

Из произвольно выбранного полюса p_v (рисунок 5) откладываем отрезок $\overline{p_v a} = 40$ мм перпендикулярно звену АО, в направлении вращения. Из полюса p_v проводится направление вектора \vec{v}_B параллельно ОВ, а из точки "а" (конца вектора \vec{v}_A) проводится направление вектора \vec{v}_{BA} перпендикулярно ВА до пересечения с направлением вектора \vec{v}_B . Пересечение направлений дает точку "в" – конец векторов \vec{v}_B и \vec{v}_{BA} . Измерив по плану отрезки $\overline{p_v в}$ и $\overline{ав}$ в мм получим:

$$v_B = K_v \cdot \overline{p_v в} = 0,1 \cdot 34 = 3,4 \text{ м/с};$$

$$v_{BA} = K_v \cdot \overline{ав} = 0,1 \cdot 29 = 2,9 \text{ м/с}.$$

Величину угловой скорости шатуна определяем по формуле:

$$\omega_2 = v_{BA} / \ell_{AB} = 2,9 / 0,2 = 14,5 \text{ рад/с};$$

Для определения направления угловой скорости ω_2 переносим вектор относительной линейной скорости \vec{v}_{BA} в точку В плана механизма (рисунок 4) и укажем их направление.

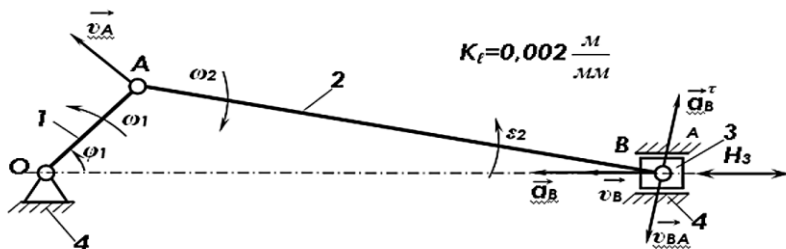


Рисунок 4. Кинематическая схема механизма

Определение линейного ускорения точек А, В; углового ускорения шатуна и их направления

Линейные ускорения характерных точек механизмов (А, В) определяются из плана ускорений, который строится в выбранном масштабе.

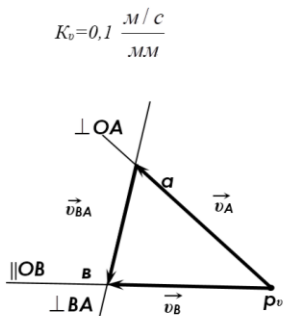


Рисунок 5. План скоростей

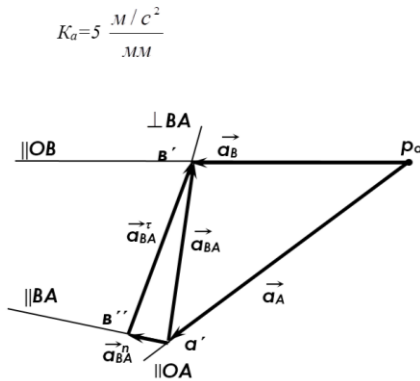


Рисунок 6. План ускорений

Так как звено 1 (ОА) вращается равномерно ($\omega_1 = 80 \text{ рад/с} = \text{const}$), то точка А имеет только нормальное ускорение

$$a_A = a_A^n = \omega_1^2 \cdot \ell_{OA} = 80^2 \cdot 0,05 = 320 \text{ м/с}^2.$$

Принимаем масштабный коэффициент ускорения $K_a = 5 \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}}$.

Вектор \vec{a}_A^n приложен в точке А и направлен вдоль звена АО к центру вращения в точке О. На плане ускорений ускорение \vec{a}_A изображается отрезком $\overline{p_a a'} = \frac{a_A}{K_a} = \frac{320}{5} = 64$ мм, отложенным из полюса плана p_a (рисунок 6).

План ускорений строится по аналогии с планом скоростей, с использованием векторного уравнения:

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA} = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^r,$$

где $\vec{a}_B \parallel \text{ОВ}$; $\vec{a}_A \parallel \text{ОА}$; $\vec{a}_{BA}^n \parallel \text{ВА}$; $\vec{a}_{BA}^r \perp \text{ВА}$.

Нормальная составляющая \vec{a}_{BA}^n равна:

$$a_{BA}^n = \omega_2^2 \ell_{AB} = 14,5 \cdot 0,2 = 42 \text{ м/с}^2$$

и направлена вдоль линии ВА к центру вращения в точке А.

В масштабе $K_a = 5$ (м/с²) / мм отрезок, изображающий нормальное ускорение \vec{a}_{BA}^n , на плане представлен: $\overline{a' a''} = \frac{a_{BA}^n}{K_a} = \frac{42}{5} = 8,4$ мм.

Согласно векторному уравнению из точки В' проводимся линия действия тангенциальной составляющей относительного ускорения \vec{a}_{BA}^r перпендикулярно линии ВА, а из полюса p_a – линия действия абсолютного ускорения точки В параллельно линии ОВ. Точка пересечения этих линий В' определяет вектор ускорения \vec{a}_B .

Измерив по плану ускорений соответствующие отрезки, получим:

$$a_B = K_a \cdot \overline{p_a b'} = 5 \cdot 46 = 230 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{BA}^r = K_a \cdot \overline{b' b''} = 5 \cdot 45 = 225 \text{ м/с}^2.$$

Величина углового ускорения звена 2 определяется по формуле:

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^r}{\ell_{AB}} = \frac{225}{0,2} = 1125 \text{ рад/с}^2.$$

Для определения направления углового ускорения звена 2 переносим вектор касательной составляющей ускорения a_{BA}^r в точку В плана механизма (рисунок 4) и укажем их направление.

В результате структурно-кинематического анализа кривошипно-ползунного механизма в заданном положении $\varphi = 45^\circ$ установлено:

1. Механизм имеет одну степень подвижности.
2. Траекториями движения характерных точек являются: точки А (кривошипа) – окружность; точки В – прямая линия.
3. Звено 1 (кривошип) движется равномерно-вращательно, звено 2 (шатун) совершает сложное плоскопараллельное равнозамедленное движение, звено (3) – ползун совершает возвратно-поступательное равноускоренное движение.

Данный механизм может найти применение в поршневых машинах (двигателях внутреннего сгорания, компрессорах, насосах, прессах и т. д.).

Разработка индивидуальных заданий, а также проверка выполнения домашних работ осуществляется преподавателем, и результаты учитываются в виде дополнительных баллов, выставляемых студентам в процессе промежуточной аттестации, о чем они предварительно оповещаются.

Список литературы:

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1988.
2. Павлов О.Ю. Механика. Учебное наглядное пособие. Лениногорск, 2014.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА

Свирина Дмитрий Михайлович

*канд. техн. наук, доцент,
Белорусско-Российский университет,
Республика Беларусь, г. Могилев*

Семенова Анна Сергеевна

*магистр технических наук,
Белорусско-Российский университет,
Республика Беларусь, г. Могилев*

STUDIES OF THE STRESS-STRAIN STATE OF COMBINED MAGNETIC-DYNAMIC TOOL

Dzmitry Svirepa

*candidate of technical sciences, associate professor,
Belarusian-Russian University,
Republic of Belarus, Mogilev*

Hanna Siamionova

*master of Science, Belarusian-Russian University,
Republic of Belarus, Mogilev*

Аннотация. Исследования напряженно-деформированного состояния комбинированного инструмента показали, что при нагружении инструмент имеет необходимый запас прочности, что позволяет судить о его высоком сроке службы и достаточной жесткости.

Abstract. Studies of the stress-strain state of combined instrument showed that when the loading tool has the necessary margin of safety, that allows to judge about its high service life and sufficient rigidity.

Ключевые слова: комбинированный магнитно-динамический инструмент; напряженно-деформированное состояние.

Keywords: combined magnetic-dynamic tool; stress-strain state.

К числу перспективных методов обеспечивающих высокие качественные характеристики наружных поверхностей деталей машин можно отнести магнитно-динамической обработки [1–11].

Разработанный метод комбинированной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием позволяет совместить две операции технологического процесса (расточивание и поверхностное пластическое деформирование) в одной, что существенно увеличивает производительность процесса. Расточивание осуществляется режущими пластинами, а упрочнение поверхности детали - деформирующими шарами, свободно установленными в кольцевой камере и находящимися под воздействием постоянного магнитного поля, что придает им высокую динамическую активность [12–13]. Обработка может осуществляться на станках сверлильно-фрезерно-расточной или токарной групп.

С целью выявления прочностных свойств инструмента, а соответственно и его стойкости была спроектирована 3D модель комбинированного магнитно-динамического раскатника [14–15]. На полученную модель были наложены закрепления а также приложены силы от процесса резания и деформирования. Модель была разбита на конечное число элементов. Для всех тел, входящих в модель были назначены физико-механические свойства (рисунок 1).

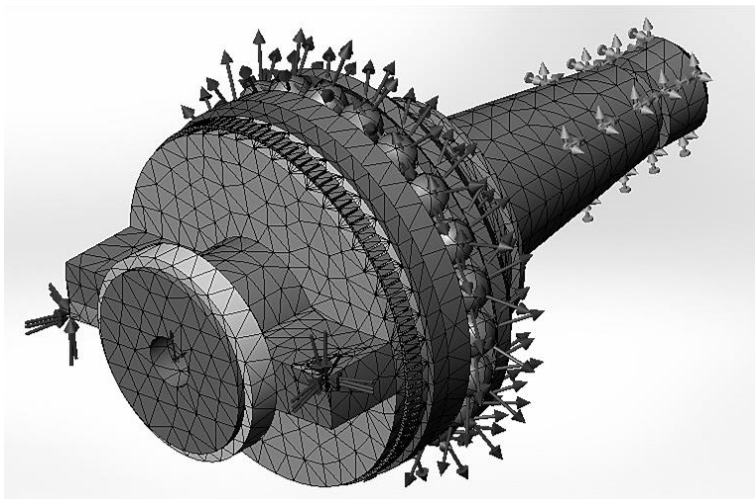


Рисунок 1. Модель комбинированного магнитно-динамического раскатника разбитая на конечное число элементов с наложенными взаимосвязями

В результате расчета были получены диаграммы напряженно-деформированное состояние комбинированного инструмента и его статическое перемещение (рисунок 2).

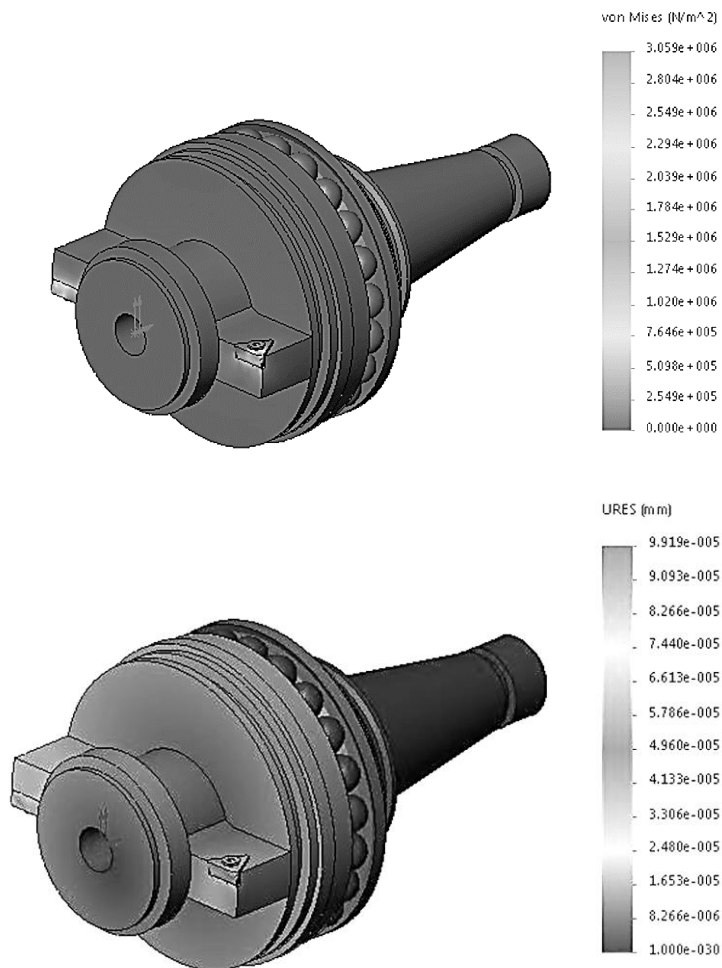


Рисунок 2. Напряженно-деформированное состояние инструмента и его статическое перемещение

Анализ исследования напряженно-деформированного состояния комбинированного инструмента показал, что данный спроектированный инструмент при нагружении имеет необходимый запас прочности, что позволяет судить о его высоком сроке службы и обладает достаточной жесткостью, которая позволяет инструменту воспринимать нагрузки без видимых деформаций.

Список литературы:

1. Довгалев А.М., Свирепа Д.М., Рыжанков Д.М. Классификация инструментов для магнитно-динамического упрочнения. Вестник Белорусско-Российского университета. – Могилев, 2008. № 2. – с. 30–38.
2. Довгалев А.М., Сухоцкий С.А., Свирепа Д.М., Рыжанков Д.М. Инструменты для магнитно-динамического упрочнения поверхностей деталей машин. Вестник Брестского государственного технического университета – Брест, 2009. № 4. – с. 94–97.
3. Довгалев А.М., Сухоцкий С.А., Свирепа Д.М., Рыжанков Д.М. Магнитно-динамические инструменты для упрочнения наружных поверхностей вращения. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – Горки, 2009. № 4. – с. 56–62.
4. Довгалев А.М., Сухоцкий С.А., Свирепа Д.М., Рыжанков Д.М. Двухрядные магнитно-динамические инструменты. Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. – Гомель, 2009. № 2. – с. 12–20.
5. Свирепа Д.М., Довгалев А.М., Рыжанков Д.М. Магнитно-динамическое упрочнение валов. Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев, 2007. – Ч. 1. – с. 95.
6. Довгалев А.М., Леванович Н.А., Свирепа Д.М. Математическое моделирование магнитно-динамического инструмента для упрочняющей обработки плоских поверхностей. Вестник Белорусско-Российского университета. – Могилев, 2010. – № 4. – с. 55–65.
7. Довгалев А.М., Сухоцкий С.А., Свирепа Д.М. Магнитно-динамическое упрочнение плоских поверхностей. Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев, 2007. – Ч. 1. – с. 55.
8. Довгалев А.М., Маковецкий И.И., Свирепа Д.М. Математическое моделирование процесса магнитно-динамического раскатывания. Вестник Брестского государственного технического университета – Брест, 2010. – № 4. – с. 26–30.
9. Способ магнитно-динамического упрочнения внутренней поверхности круглого отверстия в металлической детали. Пат. 17976 Респ. Беларусь, МПК В 24В 39/00 / А.М. Довгалев, Д.М. Свирепа; заявитель Белорус.-Рос. ун-т. – № а 20120052 заявл.16.01.2012. опубл. 28.02.14 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2014. – № 1.

10. Довгалев А.М., Свирепа Д.М. Технология комбинированного магнитно-динамического накатывания поверхностей деталей машин. Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев, 2015. – с. 27.
11. Свирепа Д.М., Довгалев А.М., Семенова А.С., Юхновец О.Н. Высокотехнологичное магнитно-динамическое упрочнение внутренней поверхности цилиндров. Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев, 2015. – с. 51.
12. Свирепа Д.М., Семенова А.С. Особенности конструирования комбинированного магнитно-динамического раскатника. Образование, наука и производство в XXI веке: современные тенденции развития. Материалы юбилейной международной конференции. – Могилев, 2016. с. 132.
13. Свирепа Д.М., Семенова А.С. Совмещенная обработка резанием и магнитно-динамическим накатыванием. Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев, 2015. – с. 48-49.
14. Семенова А.С., Свирепа Д.М. Исследование напряженно-деформированного состояния магнитно-динамических инструментов для совмещенной обработки. 53-я научно-техническая конференция: материалы конф. – Могилёв, 2017. – с. 200.
15. Свирепа Д.М., Сухоцкий С.А., Семенова А.С. Исследование стойкости магнитно-динамических инструментов. Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев, 2014. – с. 52.

1.3. МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛАВНЫХ ПРИВОДОВ РАБОЧИХ КЛЕТЕЙ ТОЛСТОЛИСТОВОГО СТАНА 3000 НА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОКАТКЕ

Денищенко Павел Николаевич

*канд. техн. наук, доцент,
Донбасский государственный технический университет,
ЛНР, г. Алчевск*

Денищенко Наталия Павловна

*ассистент,
Донбасский государственный технический университет,
ЛНР, г. Алчевск*

Бевз Андрей Андреевич

*магистрант,
Донбасский государственный технический университет,
ЛНР, г. Алчевск*

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE CHARACTERISTICS OF THE MAIN DRIVES OF WORKING STANDS OF THE PLATE MILL 3000 ON ENERGY SAVINGS DURING ROLLING

Pavel Denishchenko

*candidate of technical sciences, associate professor,
Donbass State Technical University,
LPR, Alchevsk*

Natalia Denishchenko

*assistant, Donbass State Technical University,
LPR, Alchevsk*

Andrey Bevz

*master degree, Donbass State Technical University,
LPR, Alchevsk*

Аннотация. С целью определения влияния динамических характеристик главных двигателей клетей толстолистового стана 3000 на динамику процесса прокатки и расход энергии методом компьютерного моделирования технологического процесса прокатки получены результаты, подтверждающие правильность выбора новых параметров при реконструкции.

Abstract. In order to determine the influence of the dynamic characteristics of the main engines of stand plate mill 3000 on the dynamics of the rolling process and the energy consumption by computer simulation of the technological process of rolling, the results confirming the correctness of the choice of new parameters during reconstruction are obtained.

Ключевые слова: толстолистовой стан; рабочая клеть; обжатие; режим прокатки; энергосбережение.

Keywords: plate mill; work stand; draught; rolling regime; energy saving.

Проблема энергосбережения в металлургии на фоне подорожания энергоносителей и растущей конкуренции на рынке металлопроката стоит весьма остро.

В результате реконструкции толстолистового цеха № 2 ПАО «Алчевский металлургический комбинат» рабочие клетки стана 2800 (черновая – дуо и чистовая – кварто) были заменены на клетки кварто 3000. При этом чистовая клеть была оснащена новыми двигателями главного привода. В обеих клетях произошло изменение динамических характеристик главных приводов – углового ускорения (а) и замедления (b) якоря, что неизбежно повлияет на динамику процесса прокатки, расход энергии на прокатку и производительность стана 3000. В таблице 1 приведены характеристики главных двигателей черновой и чистовой рабочих клетей ТЛЦ-2 до и после реконструкции.

Таблица 1.

Характеристики главных двигателей клетей ТЛС 3000

Характеристика	Черновая клеть		Чистовая клеть	
	до рекон- струкции	после рекон- струкции	до рекон- струкции	после рекон- струкции
Номинальная угловая скорость (ω_n), c^{-1}	2,62	2,62	6,3	5,25
Максимальная угловая скорость (ω_m), c^{-1}	6,3	6,3	9,45	12,56
Угловое ускорение якоря (a), c^{-2}	2,1	2,5	4,2	2,5
Угловое замедление якоря, (b), c^{-2}	4,2	2,5	4,2	2,5

Из данных, приведенных в таблице 1, видно, что из характеристик главного привода черновой клетки изменились значения углового ускорения и углового замедления якоря главного двигателя: угловое ускорение увеличилось, а угловое замедление уменьшилось. В чистовой клетке величины углового ускорения и углового замедления якоря главного двигателя уменьшились, при этом уменьшилась номинальная и увеличилась максимальная угловая скорость. Для проведения исследования была разработана модель проектирования технологического процесса прокатки посредством ЭВМ в среде Microsoft Excel. Модель включает в себя блоки исходных данных и блоки расчетов: скоростных и температурных режимов прокатки, энергосиловых параметров прокатки и проверку главных двигателей на нагрев. С использованием разработанной модели выполнили расчеты и исследование влияния параметров двигателей рабочих клетей стана 3000, которые были до реконструкции, и новых параметров двигателей после реконструкции (всего пять вариантов).

Для анализа результатов расчета получены следующие величины:

- цикл прокатки раската в клетке по формуле [1, с. 226]:

$$T_{ц} = \sum_{i=1}^n t_m + \sum_{i=1}^{n-1} t_{нагыз} + \tau_{н.у.},$$

где $\sum_{i=1}^n t_m$ – суммарное машинное время по проходам, с;

$\sum_{i=1}^{n-1} t_{\text{пауз}}$ – суммарное время пауз между проходами, с;

n – количество проходов в клетке;

$t_{н.у.}$ – время, связанное с установкой раствора между рабочими валками, необходимого для прокатки следующего раската (сляба), с.

• среднеквадратичный момент прокатки раската за весь цикл прокатки в клетке по формуле [2, с. 221]:

$$M_{KB} = \sqrt{\frac{\sum \sum M_i^2 t_i}{T_u}}, \text{ МН} \cdot \text{м},$$

где: $\sum M_i^2 t_i$ – квадратичный момент прокатки раската в проходе, $(\text{МН} \cdot \text{м})^2 \cdot \text{с}$.

Выполнены также расчеты удельных затрат энергии при прокатке в каждом проходе черновой и чистовой клетей по методике [3, с. 21]:

$$\omega_{np-i} = \frac{124,2 \cdot M_{ов-i}}{h_i \cdot b_i \cdot R} 10^6, \text{ МДж/т},$$

где: $M_{ов}$ – момент на валу главного двигателя в проходе, $\text{МН} \cdot \text{м}$;

h_i, b_i – соответственно толщина и ширина раската после прокатки в каждом проходе, мм;

R – радиус рабочих валков, мм.

Расчеты выполнили на примере моделирования технологии прокатки толстого листа $16 \times 1800 \times 6000$ мм в условиях ТЛС 3000. Распределение суммарной деформации от сляба к листу между черновой и чистовой клетями проводили при условии минимального цикла прокатки. Распределение деформаций между проходами проводили с учетом равномерной загрузки по энергосиловым параметрам и при условии минимального нагрева главных двигателей. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты расчетов режима прокатки листа $16 \times 1800 \times 6000$ мм

Величина, размерность	Черновая клеть		Чистовая клеть		
	$\omega_H = 2,62 \text{ с}^{-1}; \omega_M = 6,3 \text{ с}^{-1}$		$\omega_H = 6,3 \text{ с}^{-1};$ $\omega_M = 9,45 \text{ с}^{-1}$	$\omega_H = 5,25 \text{ с}^{-1}; \omega_M = 12,56 \text{ с}^{-1}$	
	$a = 2,1 \text{ с}^{-2};$ $b = 4,2 \text{ с}^{-2}$	$a = 2,5 \text{ с}^{-2};$ $b = 2,5 \text{ с}^{-2}$	$a = 4,2 \text{ с}^{-2}; b = 4,2 \text{ с}^{-2}$		$a = 2,5 \text{ с}^{-2};$ $b = 2,5 \text{ с}^{-2}$
$T_{ц}, \text{ с}$	43,607	44,672	34,431	32,770	39,225
$\sum \sum M_i^2 \cdot t_i,$ $(\text{МН} \cdot \text{м})^2 \cdot \text{с}$	115,356	102,682	44,863	75,916	47,932
$M_{кв}, \text{ МН} \cdot \text{м}$	1,626	1,516	1,141	1,522	1,105
$\omega_{пр}, \text{ МДж/т}$	19,161	17,437	32,243	44,404	31,621

Сопоставление результатов расчета скоростных, температурных режимов и энергосиловых параметров прокатки, полученных при помощи модели с практическими данными прокатки листа $16 \times 1800 \times 6000$ мм в условиях ТЛС 3000, показало адекватность разработанной модели.

Сравнение результатов расчета показало, что новые параметры главных двигателей черновой клетки практически не повлияли на температурный режим, изменение энергосиловых параметров и скоростного режима незначительно увеличило цикл прокатки раската (на 2 %), зато заметно снизило среднеквадратичный момент прокатки (на 11 %) и удельный расход энергии на прокатку (на 9 %). Существенное влияние изменение динамических характеристик главных двигателей оказало на работу чистовой клетки:

1) до реконструкции прокатка раскатов в первых проходах чистовой клетки начиналась по треугольной диаграмме, а заканчивалась (по мере увеличения длины раската) по диаграмме трапециoidalного типа;

2) увеличение максимальной угловой скорости с $9,45 \text{ с}^{-1}$ до $12,56 \text{ с}^{-1}$ при одновременном снижении углового ускорения и замедления до $a = b = 2,5 \text{ с}^{-2}$ привело к тому, что во всех проходах прокатка раскатов происходит по диаграмме треугольного типа;

3) увеличение максимальной угловой скорости с $9,45 \text{ с}^{-1}$ до $12,56 \text{ с}^{-1}$ при сохранении углового ускорения и замедления $a = b = 4,2 \text{ с}^{-2}$ незначительно снизило бы цикл прокатки (на 5 %), однако существенно увеличило бы расход энергии на прокатку (на 38 %);

4) увеличение максимальной угловой скорости с $9,45 \text{ с}^{-1}$ до $12,56 \text{ с}^{-1}$ при одновременном снижении углового ускорения и замедления до $a = b = 2,5 \text{ с}^{-2}$ увеличивает цикл прокатки (на 20 %), однако существенно снижает удельный расход энергии на прокатку (на 29 %), поэтому очевидно, что был выбран данный вариант характеристик главных приводов чистовой клетки ТЛС 3000.

Таким образом, изменение характеристик главных приводов рабочих клеток толстолистного стана 3000 оказало положительное влияние на энергосбережение при прокатке.

Список литературы:

1. Прокатка на блюминге: учеб. пособие / И.Я. Гарновский и др. – М, Metallurgizdat, 1971. – 465 с.
2. Рудской А.И. Теория и технология прокатного производства: учеб. пособие / А.И. Рудской, В.А. Лунев. – СПб.: Наука, 2008. — 527 с.
3. Технология прокатного производства в примерах и расчетах. Часть 3. Производство листовой стали: учеб. пособие / И.А. Сердюк и др. – Мариуполь: ГВУЗ «ПГТУ», 2012. – 234 с.

1.4. РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНЫХ ЦФАР. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Бурыкин Андрей Игоревич

*сотрудник НИИ РТС. ТУСУР,
РФ, г. Томск.*

Куприц Владимир Юрьевич

*старший научный сотрудник НИИ РТС. ТУСУР,
РФ, г. Томск.*

DEVELOPMENT OF ADAPTIVE DIGITAL PHASED ARRAY ANTENNA. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Andrei Burykin

*employee of the RTS Research Institute, TUSUR,
Russia, Tomsk*

Vladimir Kuprits

*senior researcher of the RTS Research Institute, TUSUR,
Russia, Tomsk*

Аннотация. В данной статье будет рассмотрены принципы работы цифровой фазированной антенной решетки, а также преимущества и недостатки цифровых антенных решеток.

Abstract. In this article, the principles of digital phased array antenna operation, as well as advantages and disadvantages of digital antenna arrays will be considered.

Ключевые слова: адаптивная ЦФАР; зеркальный канал; нелинейные искажения.

Keywords: Adaptive digital phased array antenna; mirror channel; nonlinear distortion.

Адаптивная цифровая фазированная антенная решетка (адаптивная ЦФАР) – антенная решетка с цифровой обработкой сигнала, в которой диаграмма направленности (ДН) адаптивно изменяется в зависимости от внешних или внутренних факторов. Адаптация ДН позволяет улучшить качество приема сигнала и избежать внешней искусственной или натуральной помехи.

Разработка цифровых антенных решеток началась еще в 80-ых годах. Но полная реализация в виде прототипов или работающих систем стала возможна лишь в последнее время. Это стало благодаря активной разработке и улучшению цифровой техники. Повышалась разрядность аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей, повышается быстродействие цифровой техники, компьютеров, которые обрабатывают данные и т. д.

Но развитие техники не позволяет полностью отказаться от аналоговой обработки сигнала. И любые искажения, которые возникают в следствии аналоговой обработки, в дальнейшем несут значительные погрешности при цифровой обработке. Цель данной работы и дальнейшего исследования – исследование влияния искажений, вносимых ВЧ трактом, на данные, полученные в результате цифровой обработки.

На рисунке 1 представлена схема ЦФАР. Данная схема ЦФАР реализована на супергетеродинном приемнике [1].

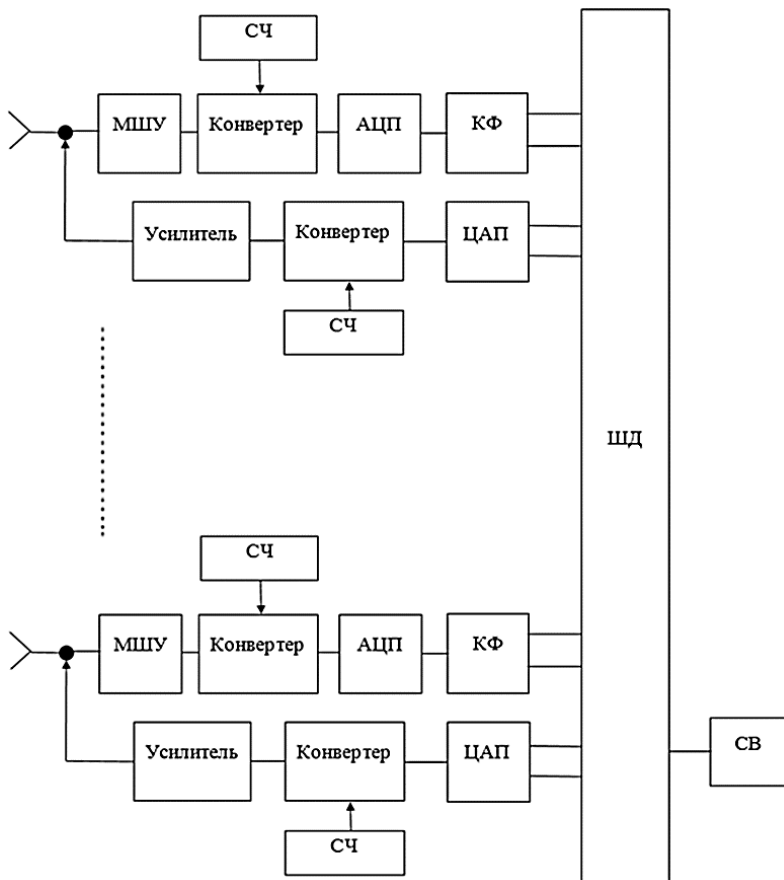


Рисунок 1. структурная схема ЦФАР

Принцип работы данной схемы заключается в следующем:

На антенну приходит аналоговый сигнал и поступает на малошумящий усилитель (МШУ), где усиливается до необходимого уровня. Далее на конвертере происходит преобразование с высокой частоты на промежуточную частоту (преобразование вниз). Промежуточная частота задаётся синтезатором частоты. На АЦП сигнал преобразуется из аналогового в цифровой, и поступает на квадратурный формирователь (КФ), где сигнал разделяется на I-квадратуру и Q-квадратуру. Данные поступают на шину данных (ШД), передающую информацию на спец. вычислитель (СВ), где сигнал обрабатывается.

Для работы ЦФАР в качестве излучения – I и Q квадратуры поступают от СВ на ЦАП через ШД. На ЦАП сигнал преобразуется из цифрового в аналоговый и поступает на смеситель, где происходит перенос на высокую частоту (преобразование вверх). Усиленный сигнал поступает на антенну и излучается в свободно пространство.

Преимущество данной схемы заключается в том, что благодаря цифровой обработке входных сигналов антенной решетки возможно применение цифрового диаграммообразования.

Основным недостатком цифровых фазированных антенных решеток (ЦФАР) является высокая стоимость.

При разработке ЦФАР необходимо учитывать множество факторов, которые могут ухудшить ее технические характеристики. Например, наличие зеркального канала - второй входной частоты, дающей такую же разность с частотой гетеродина, что и рабочая частота. Сигнал, передаваемый на этой частоте, может проходить через фильтры ПЧ вместе с рабочим сигналом [2]. Решить данную проблему поможет усложнение ПЧ фильтра или несколько преобразование частот (двойное или тройное преобразование).

Другим фактором является излучения от гетеродина, которые могут излучаться в свободное пространство, тем самым демаскируя радиотехническое средство или же мешать, давать помеху, для других радиотехнических средств. Решением является использование гетеродина малой мощности.

Еще одним фактором являются нелинейные искажения (интермодуляционные искажения), которые возникают в следствии прохождении сигнала через нелинейные элементы. Это отражается в том, что на выходе элемента в спектре появляются дополнительные комбинационные частоты. Параметр, описывающий интермодуляционные искажения называется коэффициентом нелинейных искажений и рассчитывается по формуле, взятой из [3]:

Таким образом при разработке ЦФАР необходимо учитывать множество факторов, которые могут существенно влиять на технические характеристики ЦФАР. В настоящее время разработано специальное программное обеспечение для разработки блоков, устройств и радиотехнических систем. Один из наиболее широко используемых является специализированная программа системы автоматического проектирования (САПР) SystemVue.

Модель приемного тракта была построена в SystemVue. На рисунке 3 представлен приемный тракт ЦФАР.

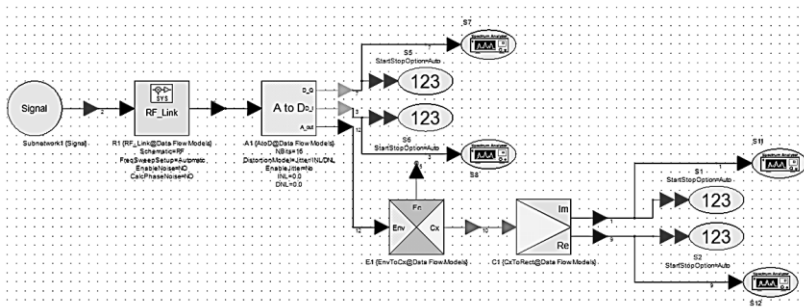


Рисунок 2. Приемный тракт ЦФАР

Принцип работы аналогичен принципу, представленному выше. Формируется сигнал на частоте 100 МГц, который поступает на ВЧ часть (Блок RF_Link). На рисунке 3 представлена схема ВЧ части.

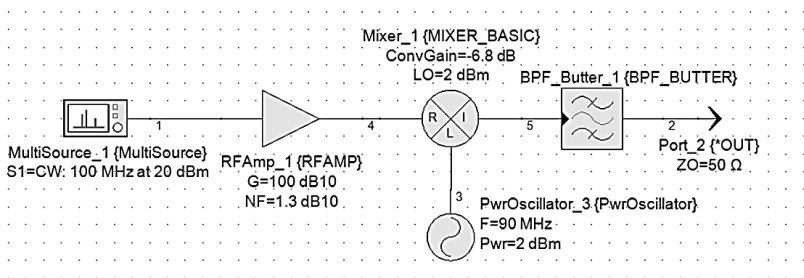


Рисунок 3. высокочастотная часть приемного тракта

Далее сигнал на промежуточной частоте 10 МГц проходит через фильтр и поступает на блок AtoD. Блок AtoD – аналого-цифровой преобразователь, в котором уже реализуется разделение на квадратуры. На выходе мы можем рассмотреть квадратуры во временной и частотной области. На следующих рисунках представлены сигналы на выходе во временной и частотной области.

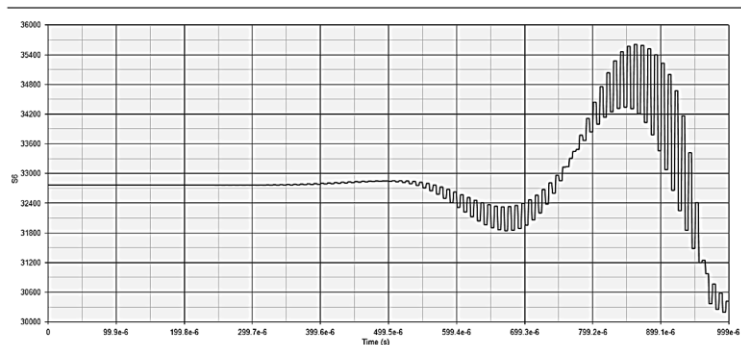


Рисунок 4. I-квадратура

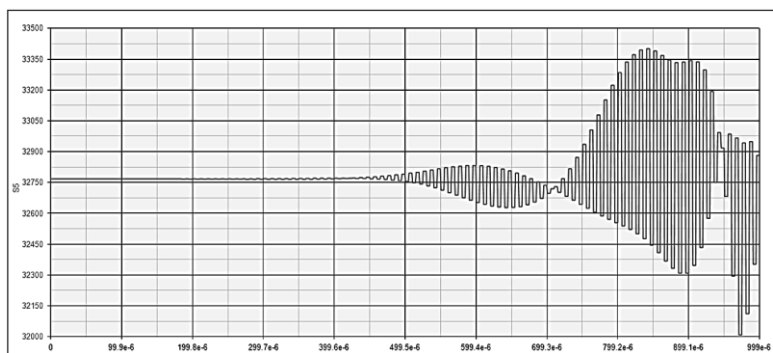


Рисунок 5. Q-квадратура

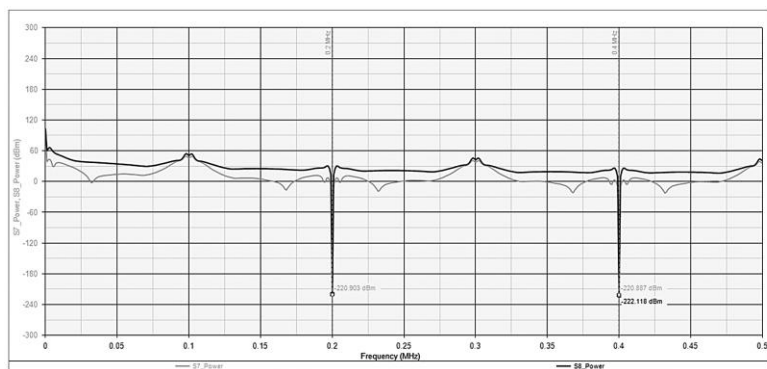


Рисунок 6. Спектры двух квадратур на выходе

Таким образом, для разработки адаптивных ЦФАР перспективным является использование САПР, например, SystemVue. Разработанные модели в САПР SystemVue позволяют анализировать и улучшать характеристики ЦФАР. В частности, уменьшить влияния зеркального канала и снизить интермодуляционные искажения тем самым снизить искажения сигналов при цифровой обработке.

Работа в направлении уменьшения стоимости ЦФАР, ее энергопотребления, тепловыделения и улучшения других характеристик, влияющих на работу РТС, так же перспективна, поскольку, данные проблемы всегда возникают в процессе разработки РТС, так же необходимо разрабатывать и улучшать характеристики системы при использовании отечественных блоков и узлов.

Список литературы:

1. Поляков А.Е. Стрыгин Л.В. Методика измерений IP2 и IP3 двухтонового сигнала: Статья – Москва 2012 – 10 с. (Дата обращения 27.09.2017).
2. Рукавицын А.А. Подавление зеркального канала в супергетеродинных приемниках: Реферат. – Москва 2003 (Дата обращения 27.09.2017).
3. Супергетеродинный приемник [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://digteh.ru/WLL/PrmSupGeter.php> (Дата обращения 27.09.2017).
4. Университет ИТМО. Адаптивные антенные решетки: Учеб. Пособие. – Санкт-Петербург. 2016 - 304 с. (Дата обращения 27.09.2017).

1.5. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ АВТОСТОЯНОК

Мизикина Анастасия Николаевна

магистрант,

*Донской государственной технологической университет – ДГТУ,
РФ, г. Ростов-на-Дону*

FIRE FIGHTING SYSTEMS OF UNDERGROUND PARKING LOTS

Anastasiya Mizikina

graduate student,

*Don State Technological University - DSTU,
Russia, Rostov-on-Don*

Аннотация. Строительство подземных автостоянок в крупных городах становится всё более популярным. Одной из основных задач, решаемых при проектировании таких объектов является обеспечение требований пожарной безопасности. В статье рассматриваются виды систем пожаротушения, их основные преимущества и недостатки, с целью определения дальнейших путей развития и улучшения систем пожаротушения подземных парковок.

Abstract. The construction of underground car parks in major cities is becoming increasingly popular. Ensuring fire safety requirements is one of the main tasks in the design of such facilities. In the article, types of fire extinguishing systems, their main advantages and disadvantages are considered in order to determine the further ways of development and improvement of fire fighting systems for underground parking lots.

Ключевые слова: подземные автостоянки; системы пожаротушения; пожарная безопасность.

Keywords: underground parking lots, fire-extinguishing systems, fire safety.

Ежегодно в России стремительно растет количество автомобилей. Характерной особенностью крупных городов становится повышенная интенсивность использования земли: рост этажности, возведение многофункциональных центров, повсеместное освоение и использование подземного пространства. Подобные факторы приводят к обострению проблемы временного и постоянного хранения автотранспорта. Организация гаражных кооперативов в современных условиях потеряла свою актуальность, парковка на улицах городов понижает их пропускную способность, поэтому строительство подземных автостоянок набирает обороты и становится всё более востребованным.

Одной из основных трудностей, возникающих при возведении подземного паркинга, является обеспечение пожарной безопасности.

Согласно требованиям отечественных нормативных документов, подземные парковки должны быть оснащены системами пожаротушения [1, с. 13].

Пожаротушение представляет собой комплекс мероприятий, которые направлены на предотвращение и ликвидацию очага возгорания, обеспечение безопасности жизни людей и сохранению имущества.

Для автостоянок закрытого типа применяются следующие типы систем пожаротушения:

- тонкораспылительные;
- порошковые;
- водяные.

Самым универсальным и наиболее доступным средством тушения пожара является вода. Благодаря таким свойствам воды как низкая стоимость, высокая удельная теплоемкость и химическая инертность по отношению ко многим веществам и материалам, системы водяного пожаротушения на сегодняшний день получили наибольшее распространение. Но стоит отметить недостатки такой системы:

- большой расход воды;
- нанесение дополнительного ущерба вследствие затопления помещений и находящегося в них имущества;
- ряд специфичных требований к проектированию;
- необходимость возведения насосных станций, дренажных сооружений; резервуаров для хранения воды;
- высокая стоимость монтажных работ и обслуживания трубопроводов и оборудования.

Самыми дешевыми и неприхотливыми системами в настоящее время зарекомендовали себя порошковые системы пожаротушения.

Но при строительстве подземных автостоянок они не получили широкого распространения вследствие большого количества недостатков, возникающих при таком их применении. К основным недостаткам можно отнести:

- высокую токсичность аэрозвеси;
- длительную задержку срабатывания системы, возникающей при обеспечении времени эвакуации людей из горящего помещения;
- слеживаемость порошка и ограниченный в связи с этим срок хранения;
- затруднение устранения остатков порошковой массы с поверхностей, после срабатывания установок;
- запрет применения установок в помещениях с большим количеством людей (50 и более) [2, с. 36]

Относительно новой технологией, стремительно набирающей популярность, стала технология тушения пожара тонкораспылительной водой (ТРВ). Главным её преимуществом перед системами водяного пожаротушения является сниженный расход воды. Высокая эффективность технологии ТРВ достигается путем одновременного действия нескольких факторов:

- высокая теплоемкость водяного мелкодисперсного тумана приводит к резкому понижению температуры в области возгорания, а в последствии, к полному прекращению процесса горения;
- водяной пар, возникающий при испарении, создает эффект вытеснения кислорода и понижению его концентрации у очага пожара;
- осажаясь на поверхностях и проникая в любые щели и поры материалов, водяной пар образует на них тонкую пленку, препятствуя распространению пожара и создавая эффект локализации;
- благодаря свойству вбирать в себя и осажать частицы дыма, понижается опасность задымления помещений. Ведь главной причиной гибели людей при пожаре является часто не само пламя, а ядовитые и токсичные газы.

В результате понижения задымления помещений при использовании тонкораспылительных систем, поднимается вопрос о снижении расходов на монтаж и обслуживание вентиляторов дымоудаления или вообще об отсутствии необходимости применения таких систем, а значит и снижении конечной стоимости объекта строительства.

К недостаткам технологии ТРВ можно отнести отсутствие нормативной базы для проектирования таких систем. Методики расчета установок разрабатываются индивидуально для каждого объекта по техническим условиям [2, с. 41]

Рассмотрев основные преимущества и недостатки, можно сделать следующие выводы. Все рассмотренные системы пожаротушения соответствуют требованиям нормативных документов. Самую низкую стоимость и простоту монтажа имеют порошковые модули. В ряде случаев, где отсутствует проблема водоснабжения объекта в больших объемах, и когда защищаемые площади велики, имеет смысл применение водяных систем пожаротушения. Однако самым эффективным и перспективным методом тушения является метод на основе ТРВ.

Таким образом, один из необходимых шагов для совершенствования и более широкого применения современных систем пожаротушения подземных парковок – это совершенствование нормативной базы по применению систем, работающих по принципу ТРВ. Для этого необходимо проанализировать и аккумулировать как отечественный опыт проектирования подобных систем, так и оценить уже существующие за рубежом регламентирующие документы: соответствующие разделы Еврокодов (EN) и национальной организации противопожарной безопасности (NFPA).

Список литературы:

1. Свод правил: СП 154.13130.2013. Встроенные подземные автостоянки. Требования пожарной безопасности. – М: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2013. – 13 с.
2. Свод правил: СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. – Введ. 2009-09-01. – 36-41 с.

РАЗДЕЛ 2.

МАТЕМАТИКА

2.1. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КВАДРАТИЧНОГО ВЫПУКЛОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПЕРЕБОРА ГРАНЕЙ

Татаренко Сергей Иванович

*канд. техн. наук, доцент,
Тамбовский государственный технический университет,
РФ, г. Тамбов*

ALGORITHM OF DECISION OF TASK OF QUADRATIC PROTUBERANT PROGRAMMING BY METHOD OF LINEAR SEARCH OF VERGES

Sergey Tatarenko

*candidate of engineering sciences, associate professor,
Tambov state technical university,
Russia, Tambov*

Аннотация. Суть предлагаемого метода решения состоит в последовательном переборе граней многогранника ограничений размерности от 0 до $n-1$ и поиске на этих гранях квазистационарных точек. Поиск начинается с ближайшей, видимой из точки безусловного максимума квадратичной функции, вершины.

Abstract. The essence of the proposed method lies in the sequential sorting of faces of the polyhedron of the constraints of dimension from 0 to $n-1$ and the faces of the quasi-stationary points. The search begins with the nearest visible point of absolute maximum of a quadratic function, the vertex.

Ключевые слова: математическое программирование; оптимизация; нелинейное программирование; квадратичная задача; квазистационарная точка.

Keywords: mathematical programming; optimization; nonlinear programming; quadratic problem; quasi-stationary point.

Задача выпуклого квадратичного программирования заключается в поиске экстремума квадратичной функции на выпуклом множестве m линейных ограничений от n переменных. Для решения такой задачи применяются различные методы, основанные на теореме Куна-Такера [1, 2]. Но такие методы требуют введения дополнительных переменных и учета нелинейных условий дополнительной нежесткости, что усложняет задачу и увеличивает ее размерность. Описанные в [3] методы перебора граней требуют последовательного решения систем линейных уравнений, порядок которых достигает $2n$. В данной работе предложен точный метод решения выпуклой квадратичной задачи с ограничениями неравенствами, основанный на последовательном решении систем линейных уравнений порядка n .

Рассмотрим задачу максимизации квадратичной функции $Z(x)$ с положительно определенной квадратикой D на замкнутом выпуклом множестве Ω линейных ограничений (неравенств)

$$Z(x) = \langle D[N, N]x, x \rangle + \langle c, x \rangle \rightarrow \max_{x \in \Omega} x$$

$$\Omega = \{ x[N] \mid A[M, N] \cdot x[N] \geq b[M] \}.$$

В [4] показано, что с помощью поворота и масштабирования системы координат, задаваемых матрицей преобразований W , такую задачу можно свести к задаче поиска точки множества Ω , ближайшей к точке y^* безусловного максимума целевой функции, если $y^* \notin \Omega$

$$Z(y) = \|y - y^*\|^2 = \langle -E[N, N]y, y \rangle + \langle p, y \rangle \rightarrow \min_{y \in \Omega} y$$

$$\Omega = \{ y[N] \mid T[M, N] \cdot y[N] \geq b[M] \};$$

$$y = W^{-1}x; \quad T = AW; \quad p = cW^{-1}; \quad y^* = p/2.$$

Суть предлагаемого метода решения состоит в последовательном переборе граней размерности от 0 до $n-1$ и поиске на этих гранях квазистационарных точек. Квазистационарная точка на грани размерности $k>0$ определяется с помощью проекции отрезка, соединяющего точку y^* с квазистационарной точкой на грани размерности $k-1$, на нормаль к грани размерности $k-1$, принадлежащую грани размерности k .

В общем случае грань многоугольника образована некоторым набором ограничений из m ограничений задачи, при условии обращения их в равенства, и сохранении всех остальных ограничений

$$\Omega(J) = \left\{ y[N] \left| \begin{array}{l} T[J, N] \cdot y[N] = b[J], J \subset M, \\ T[M \setminus J, N] \cdot y[N] \geq b[M \setminus J] \end{array} \right. \right\}.$$

Грань размерности 0 состоит из единственной (квазистационарной) точки, называемой вершиной, она образована пересечением n или более ограничений.

$$\Omega^0(J) = \left\{ y[N] \left| \begin{array}{l} T[J, N] \cdot y[N] = b[J], J \subset M, |J| \geq n, \text{rank } T[J, N] = n \\ T[M \setminus J, N] \cdot y[N] \geq b[M \setminus J] \end{array} \right. \right\}.$$

Грань размерности $k>0$ всегда содержит в себе некоторые грани размерности $k-1$ и все включенные в них грани меньшей размерности. В частности, любая грань размерности 1 всегда содержит две вершины, а любая грань размерности $k>1$ всегда содержит не менее $k+1$ вершин. Грань $\Omega(J_1)$ размерности k является для грани $\Omega(J_2)$ размерности $k+1$ прилежащей, а грань $\Omega(J_2)$ для грани $\Omega(J_1)$ граничной, если индексное множество J_2 является подмножеством J_1

$$J_2 \subset J_1 \subseteq M .$$

Если два или более разных индексных множеств описывают одну и ту же грань, то такая грань является вырожденной

$$\Omega(J_1) = \Omega(J_2), \quad J_1 \neq J_2, \quad |J_1| = |J_2|, \quad J_1 \subset M, \quad J_2 \subset M .$$

Невырожденная грань размерности k описывается единственным индексным множеством. Многогранник, у которого все грани

невырожденные, называется простым. У невырожденной грани размерности k имеется всегда $n-k$ прилежащих граней. Мощность индексного множества J связано с размерностью невырожденной грани, при $|J|=k$ размерность грани равна $n-k$.

Количество прилежащих граней у вырожденной грани определяется мощностью множества, являющихся объединением всех индексных множеств описывающих грань

$$r = |J_1 \cup J_2 \cup \dots \cup J_i|, \quad \Omega(J_1) = \Omega(J_2) = \dots = \Omega(J_i).$$

Все множество Ω является гранью размерности n , оно включает в себя все грани меньшей размерности, образующие границу Ω , а также внутренность Ω .

Если точка безусловного минимума $y^* = c/2$ находится внутри или на границе Ω , то есть $y^* \in \Omega$, то она является решением задачи, в противном случае решение задачи находится на границе Ω и его можно найти последовательным перебором граней.

Перебор граней начинается с вершины, ближайшей к точке y^* , и заканчивается, если квазистационарных точек на всех прилежащих гранях не обнаруживается. Проверяются только грани, видимые из точки y^* , т. е. в индексном множестве которых имеется хотя бы одно из ограничений, нарушенных для точки y^*

$$J \cap \left\{ i \in M \mid T[i, N] \cdot y^*[N] < b[i] \right\} \neq \emptyset.$$

Поиск начинается с нахождения видимых вершин, как решений всех возможных комбинаций систем n уравнений из m ограничений задачи

$$v(J) = \left\{ y[N] \left| \begin{array}{l} T[J, N] \cdot y[N] = b[J], J \subset M, |J| = n, \\ T[M \setminus J, N] \cdot y[N] \geq b[M \setminus J], \\ J \cap \left\{ i \in M \mid T[i, N] \cdot y^*[N] < b[i] \right\} \neq \emptyset \end{array} \right. \right\}.$$

Из всех вершин выберем ближайшую к y^* и назовем ее v_0 , а ее индексное множество обозначим J_0 . Если разные комбинации n уравнений из m ограничений дают одинаковые решения, то они определяют одну вершину, поэтому все индексные множества этих решений следует объединить в одно.

Определим все прилегающие к вершине v_0 грани размерности 1 (ребра) как пары вершин, одна из которых v_0 , а вторая v_{-0} имеет с v_0 $n-1$ общих активных ограничений

$$J_{-0} \subset J_0, \quad |J_{-0}| = n - 1.$$

Для каждого ребра определим расстояние от него до y^* с помощью треугольника из вершин v_0 и v_{-0} , принадлежащих ребру, и точки y^* (рис. 1).

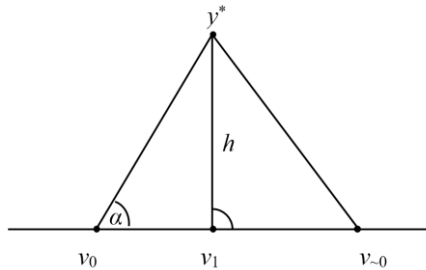


Рисунок 1. Поиск квазистационарной точки ребра

Расстояние до ребра определяется как высота этого треугольника, опущенная из вершины y^* на основание v_0v_{-0} . Поскольку точка v_0 ближайшая к y^* , то квазистационарная точка ребра v_1 ближе к точке v_0 чем к v_{-0} .

Определим параметры треугольника $y^*v_0v_{-0}$:

$$\text{высота} - h = 2S / \|v_0 - v_{-0}\|;$$

$$\text{площадь} - S = \sqrt{P \cdot (P - \|v_0 - v_{-0}\|) \cdot (P - \|v_0 - y^*\|) \cdot (P - \|v_{-0} - y^*\|)};$$

$$\text{полупериметр} - P = (\|v_0 - v_{-0}\| + \|v_0 - y^*\| + \|v_{-0} - y^*\|) / 2;$$

$$\text{угол} - \cos \alpha = \frac{\|v_0 - v_{-0}\|^2 + \|v_0 - y^*\|^2 - \|v_{-0} - y^*\|^2}{2 \cdot \|v_0 - v_{-0}\| \cdot \|v_0 - y^*\|}.$$

Если $0 \leq \cos \alpha \leq \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{4h^2}{\|v_0 - v_{-0}\|^2}}}$, то на анализируемом ребре

есть квазистационарная точка v_1 , ее координаты

$$v_1 = v_0 + \frac{v_{-0} - v_0}{\|v_{-0} - v_0\|} \sqrt{\|v_0 - y^*\|^2 - h^2}.$$

При этом если $\cos \alpha = 0$, то квазистационарная точка ребра v_1 совпадает с вершиной v_0 и эта вершина является решением задачи.

Если $\|v_0 - y^*\| = \|v_{-0} - y^*\|$, то точки v_0 и v_{-0} равноудалены и квазистационарная точка находится на середине ребра $v_1 = (v_0 + v_{-0})/2$.

Затем из всех ребер, прилегающих к вершине v_0 , выберем ближайшее к точке y^* , его индексное множество обозначим J_1 и проверим все грани размерности 2, прилежащие к выбранному ребру, т. е. имеющих с этим ребром $n-2$ общих активных ограничений. На каждой такой грани найдем квазистационарную точку. Для этого из точки v_1 построим перпендикуляр к прямой v_0v_{-0} , лежащий на исследуемой грани, и найдем на нем произвольную точку v_{-1} . Система уравнений для точки v_{-1} будет содержать условие ортогональности прямых v_0v_{-0} и v_1v_{-1} , а также $n-2$ условий активности ограничений для точки v_{-1} . Одну из координат точки v_{-1} следует задать произвольно.

$$\langle v_0v_{-0}, v_1v_{-1} \rangle = 0;$$

$$T[J_1, N] \cdot v_{-1}[N] = b[J_1], \quad J_1 \subset J_0, \quad |J_1| = n - 2.$$

На отрезке v_1v_{-1} построим треугольник, соединив концы отрезка с точкой y^* (рис. 2). Высота этого треугольника будет расстоянием от аффинной оболочки исследуемой грани до точки y^* .

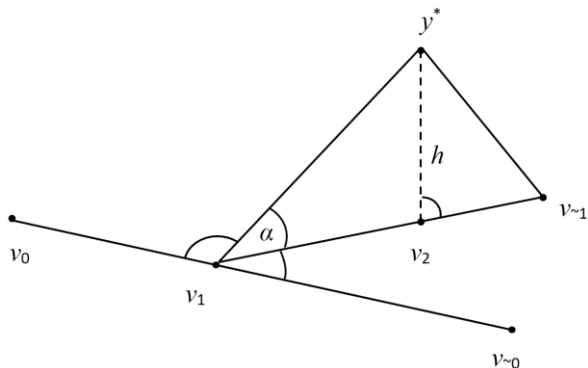


Рисунок 2. Поиск квазистационарной точки грани размерности 2

Параметры треугольника $y^*v_1v_{-1}$ – высота h , площадь S , полупериметр P и угол $\cos \alpha$ – определяются аналогично параметрам треугольника $y^*v_0v_{-0}$.

Если $\cos \alpha \neq 0$, то ближайшей точкой аффинной оболочки грани является точка

$$v_2 = v_1 + \text{sign}(\cos \alpha) \frac{v_{-1} - v_1}{\|v_{-1} - v_1\|} \sqrt{(v_1 - y^*)^2 - h^2}.$$

Для того чтобы v_2 была квазистационарной должны выполняться условия

$$A[M \setminus J_1, N] \cdot v_2[N] \leq b[M \setminus J_1], \quad J_1 \subset J_0, \quad |J_1| = n - 2.$$

Если $\cos \alpha = 0$, то точка v_2 является квазистационарной и совпадает с точкой v_1 .

Далее из всех граней размерности 2 выберем грань, квазистационарная точка которой ближе всех к точке y^* и исследуем все прилежащие к ней грани размерности 3. Затем исследуются грани размерности 4 и так далее до граней размерности $n-1$.

Процесс поиска может закончиться, если на всех прилежащих гранях не найдется квазистационарных точек. В этом случае решением задачи будет ближайшая к y^* из ранее найденных квазистационарных точек.

В общем случае исследование грани размерности $k > 1$, с индексным множеством J_k начинается с построения нормали $v_k v_{-k}$ к граничной грани меньшей размерности, лежащей на исследуемой грани. Система уравнений для нахождения точки v_{-k} содержит $k-1$ условий ортогональности нормали к $k-1$ пересекающимся в точке v_{-k} прямым и $n-k-1$ условий активности ограничений в точке v_{-k}

$$\langle v_{i-1} v_{-i-1}, v_i v_{-i} \rangle = 0, \quad i \in \{2, 3, \dots, k\};$$

$$T[J_k, N] \cdot v_{-k}[N] = b[J_k], \quad J_k \subset J_{k-1}, \quad |J_k| = n - k - 1.$$

Одну из координат v_{-k} следует задать произвольно.

Дополнительная точка v_{-k} вместе с точками v_k и y^* образует треугольник, высота которого, опущенная на сторону из точки y^* , является расстоянием до аффинной оболочки исследуемой грани. Точка v_{k+1} встречи высоты с основанием треугольника, либо с её продолжением, является квазистационарой точкой, если она удовлетворяет условиям

$$T[M \setminus J_{k+1}, N] \cdot v_{k+1}[N] \leq b[M \setminus J_{k+1}], \quad J_{k+1} \subset J_k, \quad |J_{k+1}| = n - k.$$

Сходимость последовательности квазистационарных точек v_0, v_1, \dots, v_{n-1} к решению задачи обеспечивается тем, что высота каждого последующего треугольника является катетом, а высота предыдущего гипотенузой (рис. 3),

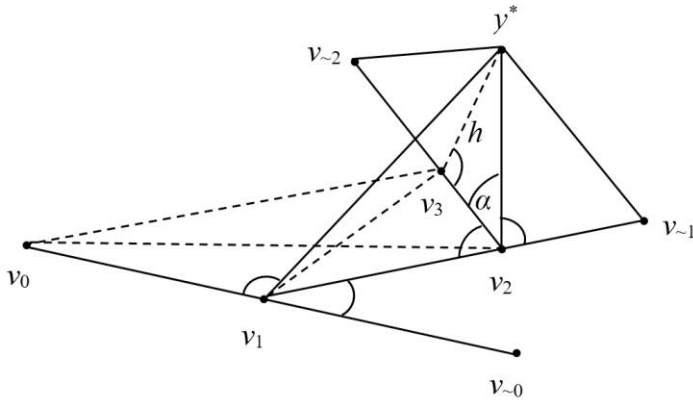


Рисунок 3. Поиск квазистационарной точки на грани размерности 3

т. е. расстояние до каждой следующей квазистационарной точки ближе к y^* , чем до предыдущей

$$\|v_{i-1} - y^*\| \geq \|v_i - y^*\|, \quad i > 0.$$

Рисунок 3 является проекцией из 4-мерного пространства на двумерную плоскость, поэтому прямые v_0v_3 , v_1v_3 , v_2v_3 перпендикулярны v_3y^* , а точки v_0, v_1, v_2, v_3 не принадлежат одной плоскости (грани размерности 2).

Для получения решения задачи в исходных координатах к найденному решению v_i следует применить обратное преобразование

$$x^* = Wv_i.$$

Обозначения

N – множество целых чисел $\{1, 2, \dots, n\}$;

$|N|$ – мощность множества N ;

$\|x\| = \|x[N]\| = \sqrt{\sum_{i \in N} x[i]^2}$ – норма вектора x ;

$x = x[N]$ – вектор с компонентами $x[i]$, $i \in N$;

$A = A[N, M]$ – матрица с компонентами $A[i, j]$, $i \in N$, $j \in M$;

$\langle x, y \rangle = x[N] \cdot y[N] = \sum_{i \in N} x[i] \cdot y[i]$ – скалярное произведение векторов x и y .

Список литературы:

1. Даугавет В.А. Численные методы квадратичного программирования. – СПб: Изд-во СПбГУ, 2004. – 127 с.
2. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации. – М.: Физматлит, 2011. – 384 с.
3. Малозёмов В.Н., Чернэуцану Е.К. О методе перебора граней в квадратичном программировании // Семинар «DHA & CAGD». Избранные доклады. 10 сентября 2011 г. (<http://www.dha.spb.ru/>).
4. Татаренко С.И. Линейное решение задачи квадратичного программирования // Программные продукты и системы. – 2014. – № 3. – С. 36-40.

РАЗДЕЛ 3.

ФИЗИКА

3.1. КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, ФИЗИКА КРИСТАЛЛОВ

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ПРОВЕДЕНИЯ МИКРОКРИСТАЛЛОСКОПИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Юрчук-Зуляр Оксана Александровна

*канд. биол. наук, доцент
Вятский государственный гуманитарный университет,
РФ, г. Киров*

Смирнова Виктория Вячеславовна

*студент, Вятский Государственный Университет,
РФ, г. Киров*

OPTIMIZATION OF CONDITIONS FOR CARRYING OUT REACTIONS MICROCRYSTALLIZATION

Oxana Iurchuk-Zuliar

*candidate of biological sciences, assistant professor
of Vyatka State University,
Russia, Kirov*

Viktoriya Smirnova

*student Vyatka State University,
Russia, Kirov*

Аннотация. В ходе микрокристаллоскопического анализа эксперимента был исследован раствор соли $MgCl_2$ на выявление кристаллов. С уменьшением концентрации соли магния в растворе, уменьшается встречаемость кристаллов кубической формы и увеличивается встречаемость кристаллов игольчатой формы.

Снижение концентрации определяемого вещества в растворе приводит к затруднениям в визуализации кристаллов в целом из-за образования плотных пленок вещества.

Abstract. The provided scientific article "Optimization of conditions of carrying out the mikrokrystalloskopicheskikh of reactions", is intended to define crystals in solutions with different concentration. The Mikrokrystalloskopichesky analysis – the method of the qualitative analysis based on reactions of formation of characteristic crystal rainfall. In this work one of methods of the mikrokrystalloskopichesky analysis is considered. The made experiment can be conducted in any chemical or chemical analytical laboratory. During the experiment $MgCl_2$ salt solution on identification of crystals has been investigated. It is certain that with reduction of concentration of salt of magnesium in solution, occurrence of crystals of a cubic form decreases and occurrence of crystals of a needle form increases. Decrease in concentration of the defined substance in solution leads to difficulties in visualization of crystals in general because of formation of dense films of substance.

Ключевые слова: оптимизация условий; микрокристаллоскопические реакции; соль магния.

Keywords: optimization of conditions; mikrokrystalloskopichesky reactions; magnesium salt

Микрохимический анализ – наука о методах химического анализа малых, иногда микроскопических количеств вещества [2]. Реакции, позволяющие определить искомые вещества в количестве от 0,01 мг и меньше, условно считаются микрохимическими. Микрокристаллоскопический анализ – метод качественного анализа, основанный на реакциях образования характерных кристаллических осадков, которые рассматривают под микроскопом и на основании внешнего вида кристаллов делают заключение о наличии искомым ионов [1, 4].

Микрохимический анализ обладает рядом преимуществ, делающих его ценным и значимым: 1) необходимо малое количество определяемого вещества; 2) быстрота выполнения; 3) низкий расход реагентов, 4) портативность аппаратуры; 5) возможность проведения реакций с дурнопахнущими и ядовитыми веществами.

Микрокристаллоскопия находит применение главным образом для качественного анализа очень небольших по размерам объектов (включения в металлы и минералы, мельчайшие металлические частицы, пыль, содержимое растительных и животных клеток и т. п.). Применение специфических реакций делает микрокристаллоскопию

очень удобным методом анализа минералов, сплавов и других объектов, а также простым способом идентификации органических соединений.

Цель работы – расширить и углубить знания о микрокристаллоскопии, показать, что данным методом можно находить кристаллы различных растворов солей, выявить от чего зависит четкость кристаллов по данному методу.

В ходе исследования применяли метод микрокристаллоскопического анализа, который направлен на выявление кристаллических осадков [3].

В результате проведенных экспериментов было исследовано 4 раствора $MgCl_2$ (хлорида магния) с различными концентрациями (фото 1, 2, 3, 4). В ходе эксперимента было получено несколько образцов.

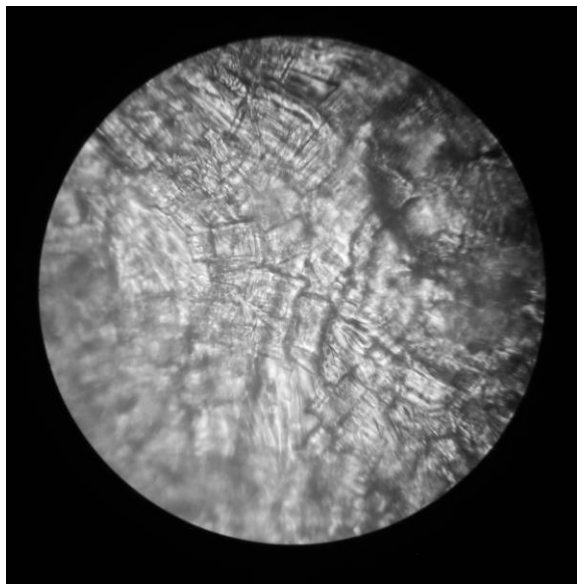


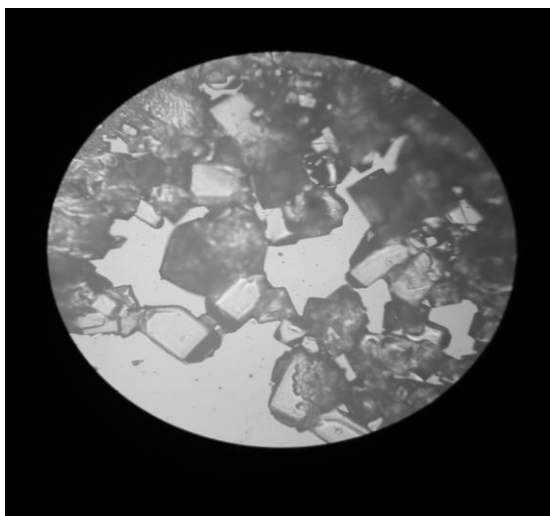
Фото 1. Кристаллы хлорида магния с концентрацией в растворе 1:33000 г/мл

На фото 1 видно, что кристаллы заметны плохо, зато хорошо просматриваются кубические грани.

На фото 2 отчетливо заметны кристаллы в виде кубов и пентаэдров.

На фото 3 кубические кристаллы едва различимы, зато появляются игольчатые кристаллы.

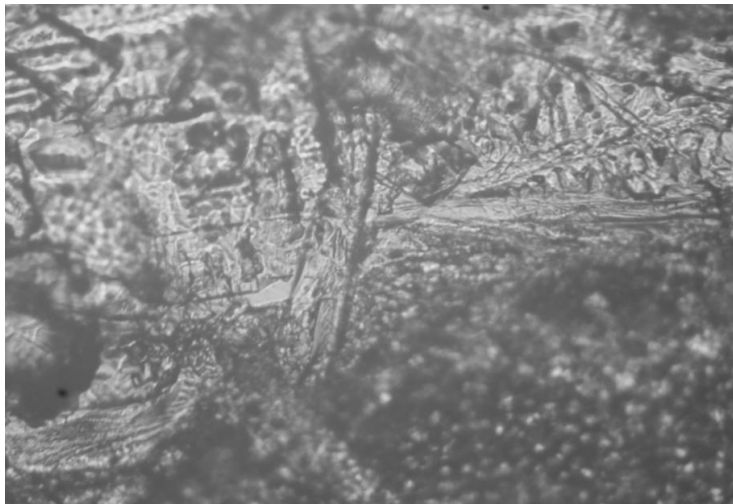
На фото 4 кубические кристаллы не обнаружены, скорее заметны расплывчатые полосы.



**Фото 2. Кристаллы хлорида магния с концентрацией в растворе
1:20000 г/мл**



**Фото 3. Кристаллы хлорида магния с концентрацией в растворе
1:50000 г/мл**



**Фото 4. Кристаллы хлорида магния с концентрацией в растворе
1:77000 г/мл**

В ходе исследования выявлено, что из всех изученных концентраций для получения кристаллов кубической формы оптимальной является концентрация 1:20000 г/мл. С уменьшением концентрации соли магния в растворе уменьшается встречаемость кристаллов кубической формы и увеличивается встречаемость кристаллов игольчатой формы. Снижение концентрации определяемого вещества в растворе приводит к затруднениям в визуализации кристаллов в целом из-за образования плотных пленок вещества.

Список литературы:

1. Алексеев В.Н. Качественный анализ. – М.: Госхимиздат, 1960, 595 с.
2. Коренман И.М. Микрорентгенография. – М.: Госхимиздат, 1955, 432 с.
3. Крешков А.П. Основы аналитической химии. Качественный и количественный анализ. – М.: Химия, 1970, 472 с.
4. Столяров К.П. Руководство по микрохимическим методам анализа. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1981, 248 с.

3.2. ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

КИНЕТИКА КОНТАКТНОГО ПЛАВЛЕНИЯ И ФАЗООБРАЗОВАНИЕ В СИСТЕМЕ SN-BI ПРИ НАЛИЧИИ ПРИМЕСИ В ОДНОМ ИЗ КОМПОНЕНТОВ И ЭЛЕКТРОПЕРЕНОСА

Ахкубекова Светлана Наниевна

*канд. физ.-мат. наук, доц., КБГАУ им Кокова В.М.,
РФ, г. Нальчик.*

Шершова Илона Станиславовна

*студент, СОГУ им. К.Л. Хетагурова,
РФ, г. Владикавказ*

KINETICS OF CONTACT MELTING AND PHASE FORMATION IN THE SYSTEM OF SN-BI THE PRESENCE OF IMPURITIES IN ONE OF THE COMPONENTS AND ELECTROMIGRATION

Svetlana Akhkubekova

*candidate of physical and mathematical sciences, assistant professor,
KSBKU them Kokova V.M.,
Russia, Nalchik*

Iлона Shershova

*student SOGU them.K.L. Khetagurov,
Russia, Vladikavkaz*

Аннотация. Установлено, что кинетика контактного плавления и формирование структуры переходной зоны зависят от направления тока, протекающего в процессе ее роста в сравнении с бестоковым вариантом опыта. Наблюдается уменьшение скорости КП в сравнении с результатами, полученными в этой системе в отсутствие примесей. Структура также отличается от структур контактных прослоек полученных без примесей и с меньшим его значением, введенным в олово.

Abstract. It was found that the kinetics of the contact rule and the formation of the structure of the transition zone depends on the direction of the current flowing in the process of its growth in comparison with the current-free variant of the experiment. There is a manual speed reduction compared with the results obtained in the system in the absence of impurities. The structure is also different from the contact structures without interlayers obtained with less impurities and its value entered into the tin.

Ключевые слова: контактное плавление; электроперенос; примеси; интегральный критерий; образцы

Keywords: contact fusion; electromigration; impurities; integral criterion; samples

Явление контактного плавления (КП), образование жидкости в зоне контакта двух и более разнородных материалов при температуре ниже температуры плавления наиболее легкоплавкого компонента, широко распространенное в природе явление, лежит в основе многих технологических процессов при соединении однородных и разнородных материалов [1]. Однако, до настоящего времени нет однозначного ответа о природе и механизме этого явления. Одно из наиболее распространенных взглядов на проявление указанного эффекта – это образование твердых растворов в поверхностных слоях соприкасаемых материалов, температура плавления которых ниже, чем температура чистых образцов. Это является первой стадией процесса.

Вторая стадия – растворение соприкасаемых частей твердых образцов в образовавшейся жидкой фазе и ее рост во времени. Уникально то, что состав и структура жидкой фазы образовавшейся на первой стадии КП как обязательное, соответствует эвтектическим сплавам [1-3 и др.].

В связи с выше сказанным, представляет научный и практический интерес влияние различных внешних факторов на процесс образования переходной зоны, ее рост и формирование контактной прослойки. Во многих работах [1,4,5 и др.] показано, что рост жидкой зоны подчиняется параболическому закону: $\delta = \sqrt{\tau}$, где δ – протяженность жидкой зоны, τ – время опыта.

Данное сообщение является продолжением работы [6] и ставит своей целью изучить кинетику КП и структурообразование в образующейся жидкой прослойке в процессе ее роста, когда концентрация индия в олове достигает 15ат. % In, т. е. исследовать КП между чистым Bi и γ – фазой при наличии электропереноса [7].

Диаграммы состояния систем Bi-Sn и Sn-In. приведена на рис. 1 (а, б).

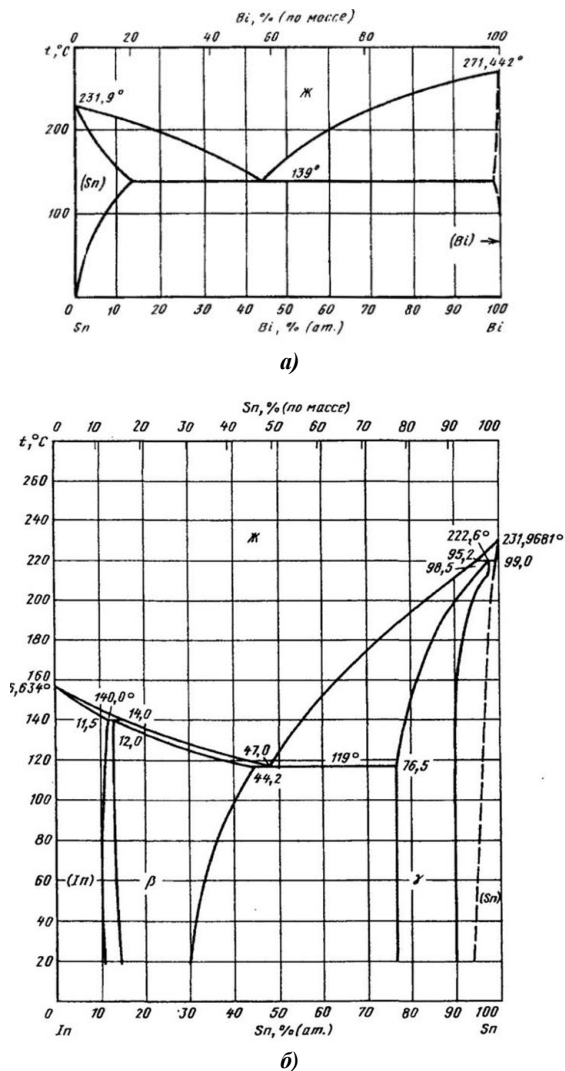


Рисунок 1. Диаграммы состояний систем Bi-Sn и Sn-In. [8]

Согласно диаграммы состояния рис. 1 б), в системе сплавов Sn-In наблюдается два перетектических превращения, которые приводят к образованию β – и γ – фаз переменного состава, составляющие основу различных припоев [8, 9].

Методика эксперимента.

I. Сплавы системы Sn-In получены сплавлением компонентов в стеклянных ампулах при температурах 300-400°C. Отжиг проводился 1 ч., при этом сплав тщательно перемешивался. Затем сплав охлаждали до температуры примерно 200°C и втягивали в стеклянные трубочки диаметром 3мм определенной протяженности. Затем трубочку с жидким сплавом опускали в керосин, охлажденный жидким азотом. Закристаллизованные сплавы освобождали из нее, затем делили на цилиндрики длиной 12-15 см.

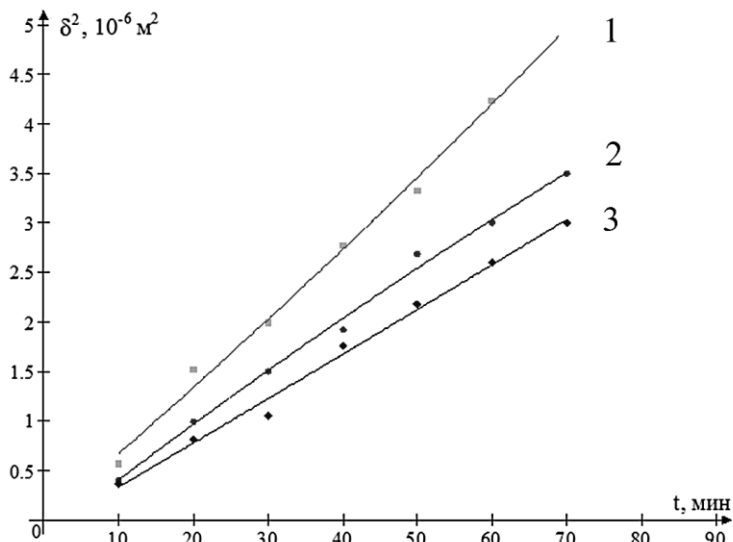
Согласно [9] в быстро закристаллизовавшейся фольге, содержащей 15, 20 и 25 ат. % In, образуется только γ - фаза, что дает нам основание предполагать, что полученные нами образцы представляют собой γ – фазу.

II. Цилиндрики указанной длины и диаметра из полученного сплава (т. е. γ - фазы) контактировали с цилиндрическими образцами таких же размеров вытянутых из чистого Bi. С целью сохранения образующейся жидкой фазы между сконтактированными образцами, опыт проводился в стеклянных цилиндриках того же диаметра, что и сами образцы высотой 10 мм. Подготовленная таким образом система устанавливалась в специальный держатель и опускалась в жидкостный термостат, с соответствующей опыту температурой. Держатель образцов устроен таким образом, что позволяет проводить опыты в трех вариантах: при различных направлениях тока и бестоковом варианте одновременно.

Результаты исследования.

По истечении времени эксперимента держатель извлекался из термостата, и после кристаллизации жидких прослоек из образцов изготавливались продольные шлифы, которые травили смесью азотной, ортофосфорной и уксусной кислот. Затем они изучались на металлографическом микроскопе МБС-9, в т. ч. измеряли протяженность прослойки. Структура сплавов более подробно исследовалась на растровом электронном микроскопе PHENOM.

Результаты исследования кинетики КП приведены на рисунках 2.



**Рисунок 2. Зависимость протяженности контактной прослойки от времени в системе (Sn+15 at.% In, γ – фаза) – Bi, $T = 415 \text{ K}$;
1 – $j = 0.4 \text{ A/мм}^2$, ток течет от сплава к висмуту,
2 – $j = 0$, 3 – $j = 0.4 \text{ A/мм}^2$, ток течет от висмута к сплаву**

Анализ рис. 2 показывает, что в интервале времени, в котором проводился эксперимент, зависимость $\delta^2(t)$ представляет собой практически линейную зависимость, т. е. процесс протекает в диффузионном режиме, в отличие от результатов, приведенных в работе [6].

Нам представляется, что полученный результат разумный в силу того, что КП происходит между отдельно взятыми компонентами, т. е. γ – фаза в этом случае выступает как самостоятельный элемент [5]. С другой стороны, полученный результат говорит о том, что для данной системы, в рассматриваемых условиях выполняется интегральный критерий при наличии ЭП [11], в отличие от результата, полученного в работе [6].

Сравнение данных результатов с опытами без добавления каких-либо примесей показывает, что наличие индия в олове очень сильно уменьшает скорость роста жидкости.

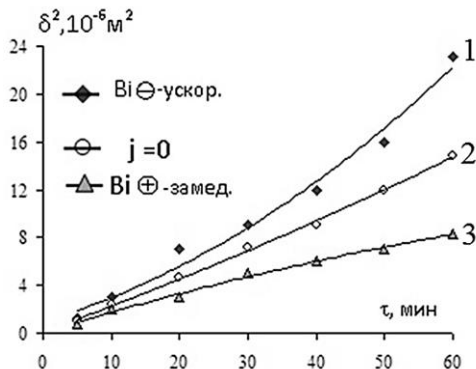


Рисунок 3. Зависимость протяженности контактной прослойки от времени в системе Sn – Bi, $T = 415 \text{ K}$; 1 – $j = 0.4 \text{ A/mm}^2$, ток течет от олова к висмуту, 2 – $j = 0$, 3 – $j = 0.4 \text{ A/mm}^2$, ток течет от висмута к олову [5]

На рис. 4, приведены фотографии микрошлифов контактных прослоек, сделанных фотокамерой Panasonic (10 мегапикселей) при увеличении $\times 40$ на микроскопе МБС-9.

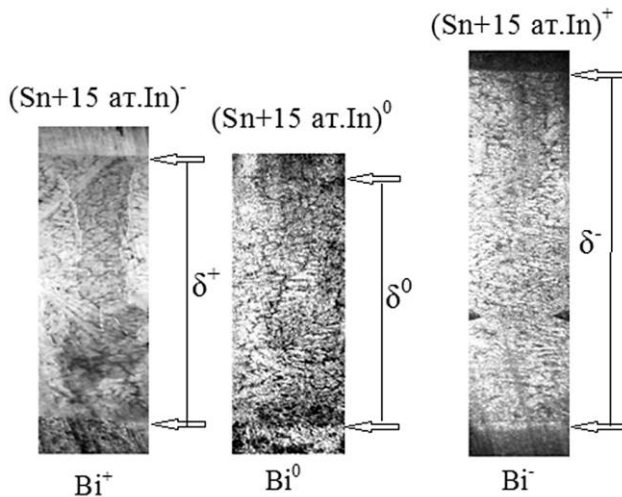


Рисунок 4. Фотографии микрошлифов контактных прослоек системы Bi – (Sn + 15 ат.% In)

Из анализа рисунка видно, что есть отличие в протяженности контактных прослоек (примерно 20-25 %). В свою очередь просматриваются существенные различия структуры закристаллизованной жидкой зоны в зависимости от направления тока в сравнении с бестоковым вариантом опытов. К примеру, когда на V_i^+ (замедляющее направление тока) фрагменты, составляющие структуру (твердые частицы, зерна) более крупные, особенно в направлении сплава (рис. 4 а), то в бестоковом варианте те же структурные составляющие более измельчены, форма которых так же отличается от предыдущего случая. Они несколько вытянуты вдоль радиуса (диаметра шлифа), причем намечается отличие некоторой области в границе близкой к чистому висмуту.

В случае ускоряющего направления тока рис. 4 в структура значительно отличается от описанных выше – в структуре появляются как области с укрупненными включениями, так и с измельченными зернами, что видимо связано с влиянием тока.

Таким образом, результаты полученных исследований показывают, что малые добавки индия при наличии электропереноса существенно влияют на кинетику контактного плавления и структуру контактных прослоек, а также при определенных условиях нарушают интегральный критерий электропереноса.

Авторы выражают особую благодарность сотрудникам Северо-Кавказского горно-металлургического института за оказание помощи при структурном анализе контактных прослоек на растровом электронном микроскопе Phenom.

Список литературы:

1. Ахкубеков А.А. Контактное плавление металлов и наноструктур на их основе: монография / А.А. Ахкубеков, Т.А. Орквасов, В.А. Созаев. – М.: Физматлит. - 2008. – 152 с.
2. Савинцев П.А., Аверичева В.Е., Зленко В.Я, Вяткина А.В. О природе и линейной скорости контактного плавления // Изв. Томск. политех. ин-та. – 1960.–Т. 105.–С. 222-226.
3. Савицкая Л.К., Савинцев П.А. К вопросу о природе контактного плавления// Изв. вузов, Физика. – 1961. – № 6. – С. 126-131.
4. Рогов В.И. Исследование контактного плавления металлических систем в диффузионном режиме; дисс. ...канд.физ.-мат.наук. – Нальчик, 1969. – 179 с.
5. Ахкубеков А.А. Диффузия и электроперенос в низкотемпературных металлических системах при контактном плавлении: дисс... д-ра ф.-м. наук. – Нальчик: КБГУ, 2001. – 312 с.

6. Ахкубеков А.А., Ахкубекова С.Н., Багов А.М, Тамаев Т.Х. Влияние примеси и электропереноса на диффузию и фазообразование в системе Sn–Bi. // Труды международного симпозиум междисциплинарного симпозиума «Физика поверхностных явлений, межфазных границ и фазовые переходы». 16-21 сентября 2016г., г.Туапсе, п. «Южный». Впуск 6. Том 1. с. 25-29.
7. Белащенко Д.К. Явления переноса в жидких металлах и полупроводниках. – М.: Атомиздат, 1970. – 399 с.
8. Лякишев Н.П., Банных О.А., Рохлин Л.Л. и др. Диаграммы состояния двойных металлических систем: Справочник: В 3 т. – М.: Машиностроение, 1996 -2001.
9. Шанк Ф.А. Структуры двойных сплавов: Справ. М., 1973.
10. Ван Цзинцзе (КНР), Шепелевич В.Г. Структура и микротвердость быстро-твердеющей фольги γ – фазы системы Sn–In. Вестник БГУ. Сер. 1. 2011. № 1, с. 22-24.
11. Ахкубеков А.А. Связь параметров диффузии и электропереноса компонентов бинарных расплавов при контактном плавлении / А.А. Ахкубеков, Б.С. Карамурзов // Письма Журнал технической физики. – 2002. – т. 28. – в. 2. – С. 60-65.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

**НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Сборник статей по материалам VIII международной
научно-практической конференции*

№ 7 (8)
Октябрь 2017 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 16.10.17. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 6,25. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»
127106, г. Москва, Гостиничный проезд, д. 6, корп. 2, офис 213
E-mail: tech@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3



**НАУЧНЫЙ
ФОРУМ**
nauchforum.ru