ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

IX Международная научная конференция "Техноконгресс"

2017

Международная заочная естественнонаучная конференция с публикацией в РИНЦ

t-nauka.ru

КЕМЕРОВО 2017

СБОРНИК СТАТЕЙ ТРИНАДЦАТОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ТЕХНОКОНГРЕСС»

17 июля 2017 г.

ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431

ISBN

Кемерово УДК 378.001. Сборник статей студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава. По результатам XIII Международной научной конференции «Техноконгресс», 17 июля 2017 г. www.t-nauka.ru / Редкол.:

Никитин Павел Игоревич - главный редактор, ответственный за выпуск журнала.

Баянов Игорь Вадимович - математик, специалист по построению информационно-аналитических систем, ответственный за первичную модерацию, редактирование и рецензирование статей.

Артемасов Валерий Валерьевич - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей.

Зимина Мария Игоревна - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей.

Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиеви - кандидат технических наук, Наманганский инжинерно-строительный институт (НамМПИ)

Безуглов Александр Михайлович - доктор технических наук, профессор кафедры математики и математического моделирования, Южно-российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И .Платова,

Наджарян Микаел Товмасович - кандидат технических наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении.

Шушлебин Игорь Михайлович - кандидат физико-математических наук, кафедра физики твёрдого тела Воронежского государственного технического университета.

Равшанов Дилшод Чоршанбиевич - кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология, машины и оборудования полиграфического производства», Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими.

Крутякова Маргарита Викторовна – доцент кандидат технических наук, Московский политехнический университет.

Гладков Роман Викторович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации вооружения и военной техники Рязанского гвардейского высшего воздушно-десантного командного училища

А.О. Сергеева (ответственный администратор)[и др.];

Кемерово 2017

В сборнике представлены материалы докладов по результатам научной конференции.

Цель – привлечение студентов к научной деятельности, формирование навыков выполнения научно-исследовательских работ, развитие инициативы в учебе и будущей деятельности в условиях рыночной экономики.

Для студентов, молодых ученых и преподавателей вузов.

Издательский дом «Плутон» www.idpluton.ru e-mail: admin@idpluton.ru

Оглавление

1. ИНТЕГРАЦИЯ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В БАНКОВСКУЮ СФЕРУ.....2
Косяков А.А.
2. НЕФОРМАЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ В АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЯХ.....5
Постников А.А., Гумелев В.Ю., Юров Ю.Ю.
3. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ГОК: АТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБЖИГА ОКАТЫШЕЙ.....8
Грехнев А.А., Ескожина А.Т., Зарубин М.Ю.
4. ВНЕДРЕНИЯ В ОБЛАСТИ МОРСКОЙ ПЕРЕВОЗКИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА.....13
Хурамшина Р.А., Дмитриева Т.В., Абсалямова В.Ф., Колесникова О.И.
5. МЕТОДИКА СЕПАРАЦИИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В МИКРОФЛЮИДНЫХ КАНАЛАХ.....18
Кочетков Ф.М., Беляев Е.И., Денисов Д.В.
6. ИЗМЕНЕНИЕ ЛИНИЙ СПЕКТРА ИСПУСКАНИЯ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА ПРИ РАСПЫЛЕНИИ МИШЕНИ ИЗ ТАНТАЛА В РЕАКТИВНОЙ СРЕДЕ, СОДЕРЖАЩЕЙ АЗОТ И КИСЛОРОД.....24
Денисов Д.В., Беляев Е.И., Кочетков Ф.М.
7. МЕТОДИКИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДЛОЖКИ ПРИ МАГНЕТРОННОМ РАСПЫЛЕНИИ.....27
Беляев Е.И., Кочетков Ф.М., Денисов Д.В.

Косяков Алексей Андреевич
Kosyakov Aleksey Andreevich
Студент ЧелГУ
Физический факультет, специалист по информационной безопасности, 3 курс
E-mail: kosyakov1996@bk.ru

УДК 004.896

ИНТЕГРАЦИЯ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В БАНКОВСКУЮ СФЕРУ

INTEGRATION OF MACHINE LEARNING METHODS IN THE BANKING SECTOR

Аннотация: В данной статье рассматриваются прогрессивные методы борьбы с киберпреступностью в банковской системе и применение машинного обучения для их усовершенствования.

Abstract: this article discusses innovative methods of combating cybercrime in the banking system and the use of machine learning to improve them.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, киберпреступность, мошенничество, банк, убытки, методы машинного обучения.

Key words: artificial intelligence, machine learning, cyber crime, fraud, bank, loss, machine learning methods.

На сегодняшний день банки стали неотъемлемой частью нашей жизни и превратились в сложную и запутанную систему, в которой есть ряд уязвимостей и недостатков, которыми в свою очередь могут воспользоваться злоумышленники. С каждым годом убытки банков от киберпреступлений растут пропорционально росту банков и таким образом на 2016 год мы имеем что годовая потеря мировой экономики от киберпреступности составляет $650 млрд. С целью уменьшить убытки, в банки начали интеграцию методов машинного обучения[1].

Согласно Википедии Машинное обучение – это класс методов искусственного интеллекта, которые решают задачи не на прямую, а обучаются с помощью решения большого количества аналогичных задач[1].

Понятие искусственного интеллекта впервые появилось на Дартмутской конференции в 1956 году, где и было положено начало развития ИИ. Будущее ИИ было крайне неопределенным, одни верили что это будущее, другие же говорили что это ненужная выдумка компьютерных гениев. Так это продолжалось до 2012 года[5].

За последние время произошел существенный скачок в развитии ИИ и теперь никто не говорит что ИИ это фантазии учёных, особенно после 2014 года. Главными причинами такого роста стали:

1) Широкое распространение графических процессоров, которые ускоряют и удешевляют параллельные вычисления.

2) Появление неограниченного объёма хранения данных разных типов.

Многие крупные банки начали вводить систему ИИ в свои организации ещё в 2010 году. Одним из первопроходцев в данном направление стал JPMorgan. За тем в 2012 году Сбербанк так же принял данную методику на своё вооружение[2].

Чтобы перейти к практике нам нужно немного разобраться с теорией, как именно устроено машинное обучение и какой принцип его работы. На самом деле всё очень просто. Большую часть задач машинного обучения можно разделить на обучение с учителем и без него [2]. Разница между этими подходами заключается в поступающих на вход данных и задачами которые ставятся перед этими методами.

- Для обучения с учителем входные данные представляют собой “Обучающее множество”, которое состоит из набора примеров X и набором решений Y. Задачей же ставится нахождение функции f(x) = y, которая преобразует множество X в Y [3].
- Для обучения без учителя на вход подаётся набор объектов и их признаков.

В таком типе задач требуется обнаружить некоторые внутренние связи, зависимости, закономерности, которые существуют между исследуемыми объектами[3].

Чтобы успешно бороться с киберпреступлениями банк должен освоить два основных метода на качественно другом уровне.

1) Сегментация клиентов

Сегментация – целью сегментации является деление клиентов на кластеры со схожими признаками. Распределение клиентов по разным группам зависит от признаков по которым нужно провести сегментацию[2].

Сама по себе сегментация *нужна только для описания определённого кластера пользователей*. Источником данных для сегментации в большинстве случаев выступает *банковская анкета клиента* и *лог транзакций* – журнал финансовых операций, проведенных всеми клиентами банка за определенный период времени.

Для решения этой задачи используется такой метод машинного обучения, как кластерный анализ[5].

2) Обнаружение мошенничества

Можно выделить 4 основных способа мошенничества, которые приводят к незаконному снятию или пополнению средств с лицевого счета клиента:

1. операции с украденными пластиковыми картами;
2. операции с украденными идентификационными данными клиента, карты ;
3. мошенничество при оплате пластиковой картой через интернет-магазины;
4. использование украденных учетных данных интернет (мобильных) банков.

Для решения всех этих проблем изначально требуется составить, так называемый “портрет” клиента, который получается путем сегментации клиентов и определением потока его денежных средств. Затем для задач [1-3] можно использовать такие метода машинного обучение как *Decision Tree* или *Neural Network* с их помощью можно получить оценку правомерности транзакции(степень ликвидности)[1].

Чтобы решить задачу [4] достаточно анализировать логи интернет (мобильного) банка и проверять их на наличие аномалий (нехарактерной активности). Для этого отлично подходит такой метод машинного обучения, как *Anomaly Detection[1]*.

Источниками данных являются: логи транзакций; личные сведения о клиенте известные банку (такие как адрес проживания, ФИО и т.д.) и геолокация.

Пожалуй самой интересной задачей, с точки зрения применимости машинного обучения к ней, является задача [3], для решения этой задачи с наивысшей точностью, можно использовать:

1) IP адрес
2) Адрес доставки
3) Имя владельца

Машинное обучение как один из этапов борьбы с кибермошенниками, относительно новое направление, но несмотря на это уже имеются первые плоды данного решения. Оно с большой вероятностью предсказывать ликвидность сделок (вероятность зависит от времени работы – чем больше время, тем больше вероятность дать правильный ответ).

Примером успешного применения машинного обучения может служить международная платежная система Visa которая в 2011 году разработала свою собственную антифорд-систему с использованием этих методов. По отчётности Visa первый год существования, эта система остановила убытки на сумму ~ $2 млрд[2].

Другим не менее ярким примером служит компания IBM, которая в своём годовом отчёте заявила, использование антифорд-систем на основе методов машинного обучения помогло “отловить” на 15% больше мошеннических транзакций.

Так же заинтересованность банков в подобной системе выдает и то что участниками конференции «Big Data and Analytics for Banking Summit 2015» являются такие гиганты финансовой индустрии, как JPMorgan, Morgan Stanley, Bank of America, Barclays[3] и т.д.

В заключении хотелось бы добавить, что те результаты которые показывают системы основанные на методах машинного обучения далеки от идеальных, но сама концепция машинного обучения такова, что при должных мощностях и определенного промежутка времени, эти системы будут работать практически идеально. И на примере банков по прогнозам специалистов через 5-10 лет использования антифорд-системы, она сможет с 90% вероятностью определять и отлавливать мошеннические транзакции [4].

Библиографический список:

1. Ссылка на on-line-статью Codeinstict:// http://www.codeinstinct.pro/2015/07/big-data-in-banking.html (Дата обращения: 5.05.2017).
2. Ссылка на on-line-статью The Wall Street Journal:// https://blogs.wsj.com/cio/2013/03/11/visa-says-big-data-identifies-billions-of-dollars-in-fraud/ (Дата обращения: 9.05.2017).
3. Ссылка на web-страницу Роботоша:// http://robotosha.ru/algorithm/machine-learning-supervised-unsupervised.html (Дата обращения: 15.05.2017).
4. Ссылка на web-страницу FutureBanking:// http://futurebanking.ru/post/3189 (Дата обращения: 7.06.2017).
5. Ссылка на электронную книгу Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms:// http://www.cs.huji.ac.il/~shais/UnderstandingMachineLearning/understanding-machine-learning-theory-algorithms.pdf (Дата обращения: 7.06.2017).

Постников Александр Александрович
Postnikov Aleksandr Aleksandrovich
адъюнкт, Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище, г. Рязань

Гумелев Василий Юрьевич
Gumelev Vasilij YUr'evich
кандидат технических наук, старший преподаватель, Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище, г. Рязань

Юров Юрий Юрьевич
YUrov YUrij YUr'evich
кандидат технических наук, профессор, Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище, г. Рязань

УДК 530.17

НЕФОРМАЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ В АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЯХ

INFORMAL SYMPTOMS OF COMPLEX SYSTEMS IN ACCUMULATED BATTERIES

Аннотация. На основе анализа различных источников были выявлены основные неформальные признаки сложных систем. Показано, что аккумуляторным батареям присущи все выявленные признаки, что позволяет отнести их к сложным системам.

Abstract. Based on the analysis of various sources, the main informal characteristics of complex systems. It is shown that rechargeable batteries has all the signs that can be attributed to complex systems.

Ключевые слова: батарея; диагностирование; сложный объект; сложная система.

Keywords: battery; diagnostics; compound object; compound system.

Состояния аккумуляторной батареи, независимо от ее предназначения и применения, характеризуются довольно большим количеством функциональных взаимосвязанных параметров и низким уровнем информации о внутреннем состоянии [1, 39], в связи с чем, автор предлагает считать батарею «сложным объектом». В качестве доказательств можно привести результаты теоретических и экспериментальных исследований Гумелева В.Ю. и Кочурова А.А. [2 – 8], которые показали неоднородность элементного состава моноатомного поверхностного слоя активной массы электродов аккумулятора, деструктивное влияние изменения концентрации электролита у поверхности положительного электрода на процессы его старения при хранении, а также некоторые другие особенности функционирования батарей.

Несмотря на то, что термин «сложный объект диагностики» был введен Я.Я. Осисом [9, 5] еще в шестидесятые годы XX столетия, четкого определения до сих пор не существует и в настоящее время употребляется не часто. Так, сложный объект может быть охарактеризован:

- большими мощностями входных и выходных параметров;
- глубокой функциональной связью между параметрами;
- отсутствием достаточной априорной информации о внутренних состояниях.
- наличием блочной структуры.

Более часто в технической литературе встречается термин «сложная система» [10, 45; 11, 11; 12, 30], который, как и «сложный объект», не имеет строгого определения. Проанализировав источники [10 – 15], сложную систему можно определить как иерархическую многозвенную структуру более простых подсистем и элементов, обладающих глубокой функциональной связью друг с другом, как правило, нелинейной [16, 118]. Уровень сложности системы будет зависит от глубины рассматриваемых элементов и их связей.

В литературе [15, 28] авторы, помимо степени сложности, подразделяют все системы и по характеру связей на детерминированные и вероятностные. Следует учесть еще и тот факт, что некоторые исследователи в своих работах все же допускают ряд ограничений, касающихся сложных вероятностных систем, принимая число состояний объекта диагностирования конечным.

Таким образом, можно сформулировать некоторые неформальные признаки сложной системы в виде аккумуляторной батареи как объекта диагностирования.

1. Отсутствие четкого математического описания функционирования батареи. Кочуров А.А. в своей публикации [17] указал на противоречия в теории работы свинцового аккумулятора, согласно которой электрохимические процессы описываются теорией «двойной сульфатации».

Различными исследователями [18, 42] для оценки адекватности механизма химической реакции «двойной сульфатации» реальным потенциалообразующим процессам использовалось выражение:

$$E = E_0 + \frac{2{,}3RT}{F} lg\left(\frac{a_{H_2SO_4}}{a_{H_2O}}\right),$$

где E – электродвижущая сила аккумулятора (ЭДС);

E_0 – начальное значение ЭДС аккумулятора;

R = 8,31 Дж/(моль×К) – универсальная газовая постоянная;

T – абсолютная температура, К;

$F = 9{,}64\times10^4$ Кл/моль;

$a_{H_2SO_4}$, a_{H_2O} – активности соответственно серной кислоты и воды.

Хорошая сходимость результатов по вышеуказанному выражению с экспериментальными значениями ЭДС считается достаточно убедительным аргументом. Однако, при сравнении адекватности расчетов, выполненных с реальными процессами в свинцовых батареях были приведены расчетные значения ЭДС для плотности электролита ρ = 1,2 г/см^3 (m=3,65÷3,83 моль/кг), то есть при соотношении активностей близких к единице. Но в процессе эксплуатации плотность электролита в свинцовых батареях может меняться в пределах от 1,05 до 1,31 г/см^3[18, 42].

2. «Зашумленность» указывает на трудность процесса анализа технического состояния объекта диагностирования, которая обуславливается именно сложностью объекта и обилием второстепенных процессов. Состояние объекта под воздействием таких процессов может оказаться неожиданным даже для исследователя. В таком случае обнаруженную неожиданность можно рассмотреть как случайную, а в некоторых случаях и пренебречь ею. Значит, любой сложный объект имеет множество так называемых «неожиданностей», наличие которых указывают на сложность аккумуляторной батареи как системы.

3. «Нестационарность» является необходимым и абсолютным атрибутом любой сложной системы, которая с течением времени либо эволюционирует, либо, как свинцовая батарея, деградирует. «Нестационарность» вызвана изменением связей между функциональными и структурными параметрами под воздействием различных факторов [19, 106], как случайных, так и преднамеренных. Здесь невольно напрашивается вопрос: «Может ли аккумуляторная батарея в процессе эксплуатации эволюционировать?» Очевидно, что нет, это вытекает из самого определения эволюции [20, 558], подразумевающего новое состояние объекта, имеющее более высокий уровень, нежели предшествующий. Например, из работ [21 – 22] известны способы восстановления засульфатированных пластин свинцовых батарей. Авторы имеют разные подходы к восстановлению их работоспособности. Применив один из вышеуказанных способов, или оба вместе, возможно улучшить характеристики батареи, а сама она может перейти из одного технического состояния в другое. Однако мы не сможем улучшать характеристики объекта без вмешательства в его устройство до таких значений, которые позволили бы батарее занять уровень технического состояния выше, чем тот, что был у нее в начале эксплуатации.

4. «Неповторяемость» экспериментов со сложной системой связана с ее «зашумленностью» и «нестационарностью» и проявляется в различных реакциях системы на одни и те же ситуации в различные промежутки времени.

Перечисленные признаки сложной системы не являются исчерпывающими, а отсутствие одного или нескольких из них не делает систему простой.

В каждом случае любая сложная система может быть представлена в виде «черного ящика». Данный термин довольно часто встречается в различной технической литературе. Однако при таком подходе необходимо учитывать глубину взаимосвязей между выходными параметрами, соответствующими им состояниями аккумуляторной батареи и воздействующими (входными) сигналами. Таким образом, задача, заключающаяся в определении технического состояния аккумуляторной батареи, видится нам довольно сложной, что в свою очередь требует поиска иных подходов к ее решению. В качестве основных инструментов, позволяющих, на наш взгляд, выработать методику диагностирования аккумуляторных батарей нами рассматривается теория информации, теория сложных систем и теория автоматов.

Библиографический список:

1. Подоляк, С.И. Методы и средства диагностирования аккумуляторных батарей пассажирских вагонов [Текст]: дис. … канд. техн. наук / Подоляк С.И. - Омск, 1998. – 172 с.

2. Гумелёв В.Ю., Кочуров А.А. Расчет поверхностной концентрации серы на электродах свинцового аккумулятора // Исследования в области естественных наук. 2013. № 2 [Электронный ресурс]. URL: http://science.snauka.ru/2013/02/4174 (дата обращения: 26.01.2017)

3. Гумелёв В.Ю., Кочуров А.А. Характер разрушения положительных электродов свинцовых аккумуляторов // Исследования в области естественных наук. 2013. № 3 [Электронный ресурс]. URL: http://science.snauka.ru/2013/03/4181 (дата обращения: 26.01.2017)

4. Кочуров А.А., Гумелёв В.Ю. Анализ существующих механизмов токообразующих процессов в свинцовом кислотном аккумуляторе // Исследования в области естественных наук. 2013. № 4 [Электронный ресурс]. URL: http://science.snauka.ru/2013/04/4576 (дата обращения: 26.01.2017)

5. Гумелёв В.Ю. Атомарный состав поверхности электродов свинцовых аккумуляторов // Исследования в области естественных наук. 2013. № 7 [Электронный ресурс]. URL: http://science.snauka.ru/2013/07/5207 (дата обращения: 27.01.2017)

6. Гумелёв В.Ю. Влияние образования слоя электролита у поверхности положительного электрода на процесс его деструкции // Исследования в области естественных наук. 2013. № 8 [Электронный ресурс]. URL: http://science.snauka.ru/2013/08/5593 (дата обращения: 26.01.2017)

7. Гумелёв В.Ю. Сопротивления конструкционных элементов положительного электрода // Исследования в области естественных наук. 2013. № 9 [Электронный ресурс]. URL: http://science.snauka.ru/2013/09/5705 (дата обращения: 26.01.2017)

8. Кочуров А.А., Гумелёв В.Ю. Совершенствование конструкции свинцового аккумулятора // Исследования в области естественных наук. 2014. № 10 [Электронный ресурс]. URL: http://science.snauka.ru/2014/10/8422 (дата обращения: 28.01.2017)

9. Осис, Я.Я. Определение понятия «сложный объект диагностирования» [Текст] / Я.Я. Осис // Кибернетика и диагностика: Вып. II. – Рига. – Издательство «Зинатне», 1968. С. 5-10.

10. Растригин Л. А. Адаптация сложных систем. — Рига: Зинатне, 1981. — 375 с.

11. Заяц Т.М. Теория и математические методы планирования эксплуатации вооружения и военной техники с использованием информационных технологий [Текст]: монография / Т.М. Заяц, Ю.А. Заяц. – Рязань: РВАИ, 2009. – 101 с.

12. Моделирование систем и процессов : учебник для академического бакалавриата / В. Н. Волкова, Г. В. Горелова, В. Н. Козлов, Ю. И. Лыпарь, Н. Б. Паклин, А. Н. Фирсов, Л. В. Черненькая ; под общ. ред. В. Н. Волковой и В. Н. Козлова. — М.: Издательство Юрайт, 2014. — 588 с. — Серия: Бакалавр. Академический курс.

13. Острейковский, В.А. Теория надежности: Учеб. для вузов / В.А. Острейковский. – М.: Высш. шк., 2003. – 463 с.: ил.

14. Иванов Е. Н. Расчет и проектирование систем противопожарной защиты — 2-е изд., доп. и перераб. М.: Химия, 1990. – 384 с.: ил. ISBN 5-7245-0199-6

15. Леонов, А. Л. Автоматизация химических производств и пути ее развития [Текст] / А. Л. Леонов, Ф. Я. Ревзин. — М.: Химия, 1967. — 300 с.

16. Форестер, Дж. Динамика развития города [Текст] / Дж. Форестер. Пер.с англ. М.Г. Орловой. Под ред. Иванилова, А.П. Иванова, Р.Е. Органова. – М.: Прогресс, 1974. – 287 с.

17. Кочуров А.А. О противоречиях в теории работы свинцового кислотного аккумулятора [Электронный ресурс] / URL:http://mospolytech.ru/science/autotr2009/scientific/article/s01/s01_24.pdf (дата обращения: 04.02.2017)

18. Кочуров, А.А. Теоретические основы решения проблемы увеличения сроков службы аккумуляторных батарей при хранении и повышения эффективности способов их восстановления [Текст]: монография / А.А.

19. Комплексная автоматизация химических производств [Текст] / РСФСР. М-во высшего и среднего специального образования ; под ред. д-ра техн. наук проф. Е.Г. Дудникова. - М. : Машгиз, 1963. - 287 с.: рис. - (Труды Московского института химического машиностроения. Т. 25)

20. Большая Советская энциклопедия «Т. 29» [Текст] / 3-е изд. Под ред. А.М. Прохорова. – М.: Советская энциклопедия, 1978. – 639 с.

21. Пат. 2267191 Российская Федерация, МПК H01M10/08. Присадка для серно-кислотного электролита и способ ее применения [Электронный ресурс] / Цирульникова Н.В., Рудомино М.В., Фетисова Т.С., Крутикова Н.И., Павский А.С., Сазонов М.В.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное предприятие «Поликом». - № 2004111526/09; заявл. 15.04.2004; опубл. 27.12.2005. Режим доступа: http://www.fips.ru/cdfi/fips.dll/ru?ty=29&docid=2267191 (Дата обращения: 06.02.2017)

22. Пат. 148762 Российская Федерация, МПК H01M10/44. Портативное устройство для заряда аккумуляторных батарей со встроенным зарядно-разрядным десульфатирующим устройством с возможностью создания и загрузки дополнительных алгоритмов заряда [Электронный ресурс] / Дорошенко Р.В.; заявитель и патентообладатель Дорошенко Р.В. - № 2013142492/07; заявл. 17.09.2013; опубл. 20.12.2014. Режим доступа: http:// http://www.fips.ru/cdfi/fips.dll/ru?ty=29&docid=148762&ki=PM (Дата обращения: 06.07.2017)

Грехнев Андрей Андреевич
Andrey Andreyevich Grekhnev
студент специальности «Автоматизация и управление»

Ескожина Ажара Токтамысовна
Eskorzhina Azhara Toktamysovna
Преподаватель
E-mail: esckozhina.azhara@yandex.ru

Зарубин Михаил Юрьевич
Zarubin Mikhail Yurievich
к.т.н, доцент
Рудненский индустриальный институт, Казахстан, г. Рудный

УДК 681.51

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ГОК: АТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБЖИГА ОКАТЫШЕЙ

INTELLIGENT MILL: ATOMATIZATION OF THE PROCESS OF PELLET FIRING

Аннотация: рассматриваются проблемы оптимизации процессов обогащения полезных ископаемых при построении интеллектуальных ГОКов в рамках отдельного технологического процесса – обжига окатышей.

Annotation: the problems of optimizing the processes of mineral processing during the construction of intelligent GOKs are considered in the framework of a separate technological process - pellet firing.

Ключевые слова: система автоматического управления, микропроцессорное управление, обжиг, окатыши

Keywords: automatic control system, microprocessor control, firing, pellets

В связи с истощением сырьевой базы для современного металлургического производства уже достаточно давно приходится использовать дополнительные процессы обогащения руд и их подготовки для дальнейшей переработки. Одним из наиболее распространенных продуктов для доменного производства железа сейчас является обогащенная железная руда с флюсами, поставляемая в виде железорудных окатышей. Несмотря на достаточно длительный период развития данных видов производств и они не лишены проблем.

Одной из наиболее актуальных проблем при автоматизации процесса загрузки обжиговых машин является создание надежных средств контроля. Несмотря на относительную простоту задачи, стандартные датчики отсутствуют. Это связано с жесткими требованиями в отношении надежности в условиях воздействия повышенной запыленности, влажности и температуры. Для датчиков, непосредственно контактирующих с окатышами, дополнительным требованием является высокая стойкость при абразивном трении.

Проблемы датчиков порождают проблемы стабилизации толщины слоя окатышей. Если слой окатышей будет меньше положенных, то скорость передвижения тележек с паллетами изменяется. Это приводит к изменению качества выходного продукта. Что, естественно, является браком и предприятие теряет прибыль. Например, на АО «ССГПО» если при выходе продукта более 3% будет брак, то забраковывается вся исходная партия.

Для того, чтобы недопустить подобного поддерживают высоту слоя окатышей за счет изменения скорости передвижения вагонеток. Высота слоя окатышей измеряется с помощью двух датчиков высоты слоя, установленных с правой и левой сторон обжиговой машины. На основании

этих данных вычисляется среднее арифметическое значение высоты слоя окатышей, загружаемых на обжиговые тележки. Данное значение на АО «ССГПО» должно равняться 360 мм, с максимально допустимым отклонением +/-2 мм. У используемых на данный момент на предприятии сельсин-датчиках типа БД 404А класс точности 1.5% [1]. При этом представленные на рынке датчики обладают более лучшими показателями как точности, так и адаптированности к условиям обжига [2]. Например, лучшими параметрами, на наш взгляд, обладает датчик БД-500М.

В связи с этим, возможна модернизация систем автоматики процесса обжига и повышение качества управления технологическим процессом, как следствие, снижение процента исходного брака. Однако модернизированная система должна продолжать удовлетворять по параметрам надежности, устойчивости и качества управления. Для оценки данных параметров проведено моделирование системы с модернизированными датчиками.

На рисунке 1 изображена динамическая характеристика объекта управления высоты слоя окатышей, снятая экспериментально. Паллеты двигались со скоростью 1,4 м/мин, высота слоя поддерживалась на уровне 360 мм. Затем скорость движения паллет была уменьшена до 1,3 м/мин, высота слоя окатышей соответственно увеличилась до 390 мм.

Модернизированная система стабилизации высоты слоя окатышей представлена замкнутым контуром с жесткой обратной связью по отклонению. Система состоит из сельсин-датчика высоты слоя (Двыс), регулятора (Р), тиристорного выпрямителя (ТВ), двигателя (Д) с редуктором (Ред-р) и устройства формирования высоты слоя окатышей (УФВ). Возмущающим воздействием является подача окатышей на паллеты.

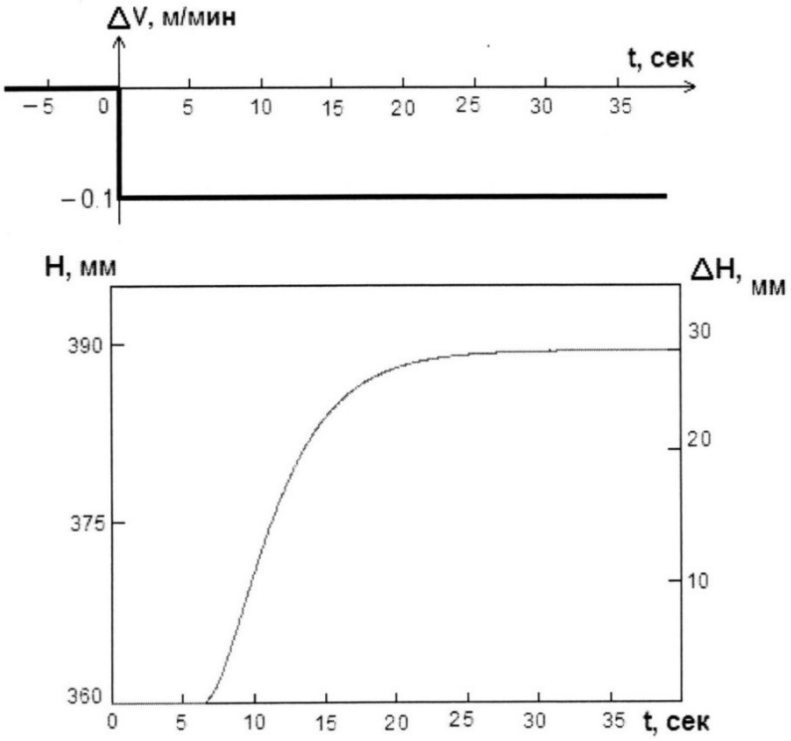

Рисунок 1- Разгонная характеристика объекта управления

На рисунке 2 представлена функциональная схема САР.

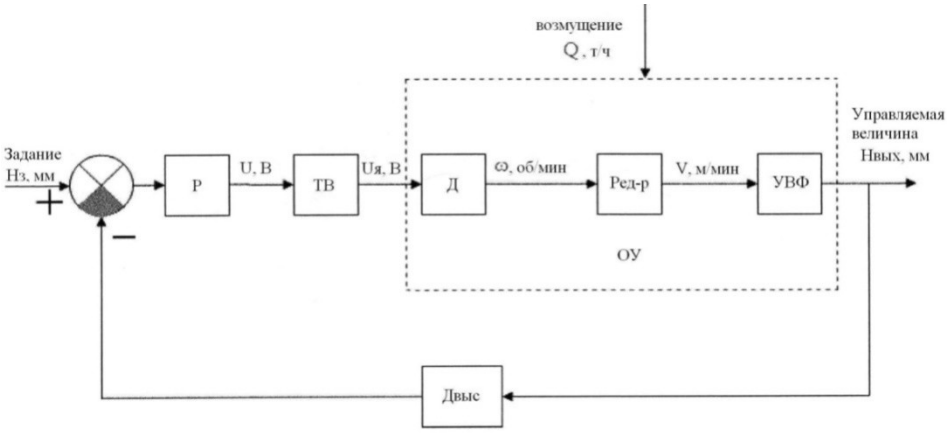

Рисунок 2 - Функциональная схема САР высоты слоя окатышей

Для проверки на устойчивость и определения запаса устойчивости построены графики линейных амплитудо-частотной и фазо-частотной характеристик [3]. Исследования проведены с применением программы VISSIM. Полученные таким способом графики приведены на рисунке 3.

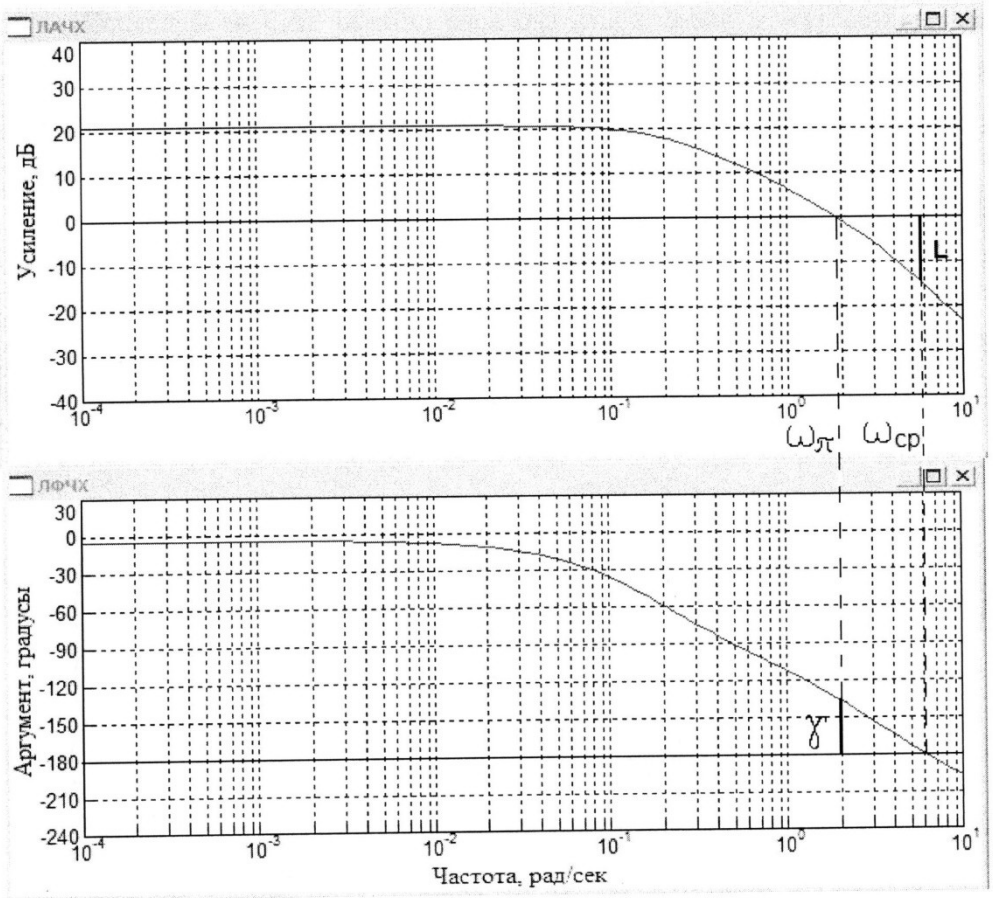

Рисунок 3 - ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутого контура САР

У «хороших» систем запас устойчивости по амплитуде L лежит в диапазоне 12 - 20 дБ, запас устойчивости по фазе находится в пределах 35° - 65° и более, а усиление статической системы на нижних частотах составляет 20 - 40 дБ. В данной системе запасы по амплитуде (15 дБ) и фазе (50°). ЛАЧХ на нижних частотах имеет наклон -20 дБ/дек. Эти данные позволяют говорить о достаточном запасе устойчивости модернизированной системы.

График переходного процесса, позволяющий оценить качество управления, представлен на рисунке 4. На графике показана реакция системы на изменение подачи окатышей. Переходная характеристика устойчива. Установившееся значение ошибки регулирования равно нулю, время регулирования САР составляет 1,9 сек.

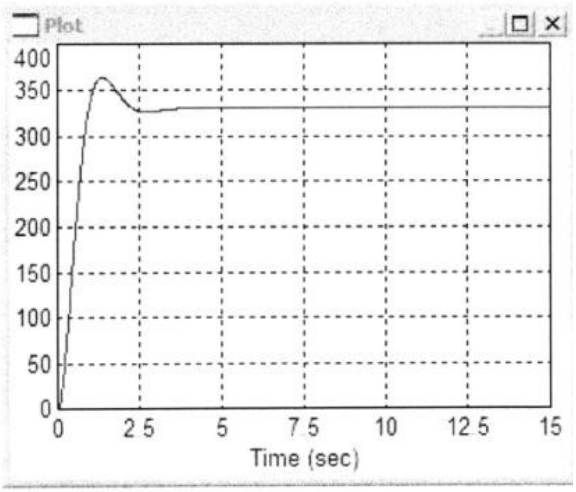

Рисунок 4 - Переходная характеристика модернизированной САР

Выводы: для решения проблемы стабилизации толщины слоя окатышей в обжиговых машинах предложена модернизация системы управления путем замены используемых сельсин-датчиков БД-404А на более новые модели - БД-500М. Модернизированная САР проверена по критериям устойчивости и качества управления. Получены запасы по амплитуде (15 дБ) и фазе (50°) и времени регулирования 1,9 сек позволяют говорить о возможности ее применения в управлении технологическим процессом.

Предложенная модернизация поможет решить проблему с точностью замеров, снизить риск забраковывания исходного готового продукта, что, естественно, позволит снизить производственные издержки.

Библиографический список:

1. Технологическая инструкция по добыче и переработке железных руд АО «ССГПО» – Рудный: АО «ССГПО», 2000.

2. БД-500М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.

3. Лукас В.А. Теория автоматического управления. – М.: Недра, 2010.

Хурамшина Регина Азатовна
Khuramshina Regina Azatovna
Магистрант,ФГБОУ ВО«Уфимский государственный нефтяной технический университет»
Кафедра «Транспорт и хранение нефти и газа»
E-mail: Khuramshina.regina@mail.ru

Дмитриева Татьяна Владимировна
Dmitriyeva Tatyana Vladimirovna
Научный руководитель
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспорт и хранение нефти и газа»

Абсалямова Венера Фауесовна
Absalyamova Venera Fauesovna
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»
Доцент кафедры «Транспорт и хранение нефти и газа»

Колесникова Ольга Игоревна
Kolesnikova Olga Igorevna
Доцент, Кандидат филологических наук, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

УДК 65.011.12

ВНЕДРЕНИЯ В ОБЛАСТИ МОРСКОЙ ПЕРЕВОЗКИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

INTRODUCTION IN THE FIELD OF MARITIME TRANSPORTATION OF LIQUEFIED NATURAL GAS

Аннотация: В данной статье рассмотрены внедрения в области морской перевозки сжиженного природного газа. Выполнена оценка времени при погрузке СПГ.

Annotation: This article describes the implementation in the field of Maritime carriage of liquefied natural gas. Estimated time for the loading of LNG.

Ключевые слова: природный газ, сжиженный природный газ, морской транспорт, танкеры-газовозы, регазификация

Key words: natural gas, liquefied natural gas, maritime transport, liquefied gas carriers, regasification,

В настоящее время природный газ является и останется на обозримую перспективу жизненно важным компонентом в обеспечении глобальных энергетических потребностей из-за своих преимуществ перед другими видами ископаемого топлива и в силу постоянно растущей в нем потребности. Важнейшей проблемой является то, что основные месторождения природного газа расположены в труднодоступных отдаленных и неосвоенных районах. Поэтому транспортировка его до потребителя является не только экономически невыгодным, но и технологически сложной задачей.

Большая часть газа доставляется потребителям по трубопроводам в газообразной форме. Транспорт сжиженного природного газа предпочтительнее, чем другие способы доставки. Для ожижения газ охлаждается до температуры
-162,5 °С и сжимается в 600 раз на специальных заводах. По соответствующим расчетам сделали вывод, что перевозка СПГ танкерами оказывается экономически выгодным.

Развитие морского транспорта для перевозки СПГ была вызвана не только увеличением объема танкеров, но и были рассмотрены экономические и географические задачи.

Особый интерес представляют новые технологии подготовки газа и его сжижения. Современные заводы СПГ можно классифицировать по разным признакам. Особенно самым является, что существующие заводы можно разделить на две части по географическому расположению. Эти заводы СПГ, находящиеся в южных широтах и находящиеся в более суровые северных широтах.

Большие по вместимости суда более эффективны, т.к. инвестиции на тонну перевозимого груза снижаются с ростом объема перевозимых грузов, так же как уменьшаются эксплуатационные и рейсовые расходы. Поэтому необходимость увеличения масштабного фактора послужила серьезным толчком развития инноваций в СПГ-танкерах.

Важным моментом является географический фактор, который инициировал появление нового поколения СПГ-танкеров, способных плавать в ледовых условиях. Одним из перспективных является Северный морской путь. Транспортировка в условиях Крайнего Севера является одной из самых дешевых.

Неразведанные запасы углеводородов в арктических территориях, может быть обеспечно в дальнейшем только инновациями. Поэтому такие сложные в реализации технологические идеи, как проекты плавучих установок СПГ, направленные на сжижение материальных, финансовых, трудовых и временных затрат, привлекают к себе все большее внимание.

Охлаждение груза при погрузке

Рассмотрим две задачи.

1. Из−¿за теплообмена в коммуникациях газ пропан поступает в танк при температуре -30°С и в процессе погрузки должен быть охлаждён до -40°С с использованием бортовой реконденсационной установки. Определить время реконденсации и охлаждения груза в 1 тыс. т. Учитываем только теплоту груза.

Дано: $t_A = -30$ °С, $t_B = -40$ °С, $M = 10^3$ т.

Найти: τ .

Согласно p-h диаграмме (рисунок 1) определяем необходимый удельный теплоотвод от жидкого пропана при таком охлаждении:

$$\Delta h = h_A - h_B = 453{,}1 - 430{,}1 = 23{,}0 \text{ кДж/кг.} \quad (1)$$

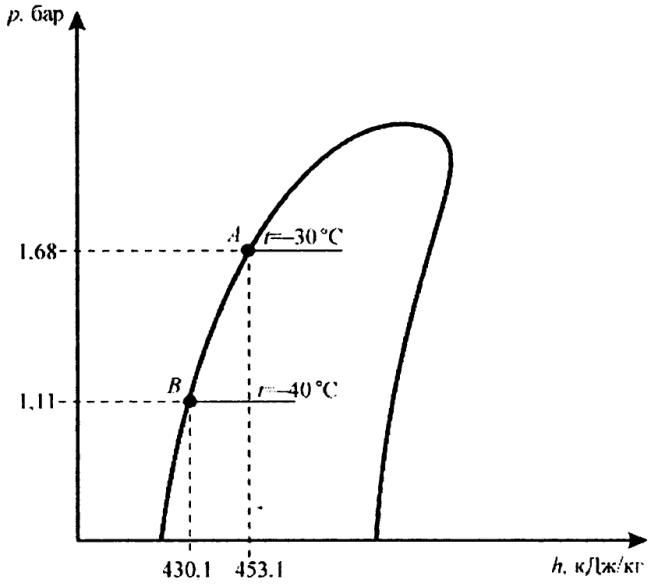

Рисунок 1 – Определение времени охлаждения груза

От 1 тыс. т жидкого пропана в данном случае нужно отводить теплоту в следующем количестве:

$$Q = M \cdot \Delta h = 10^6 \cdot 23,0 = 230 \cdot 10^5 \text{ кДж.} \quad (2)$$

Предположим, что в рассматриваемом случае на судне имеется три двухступенчатых реконденсационных установки мощностью 3,5×10^5 кДж/ч. Тогда время реконденсации и охлаждения груза в 1 тыс. т составит:

$$\tau = \frac{Q}{Q_{рек}} = \frac{230 \cdot 10^5}{5 \cdot 3,5 \cdot 10^5} = 22 \text{ ч.} \quad (3)$$

Таким образом, можно, приняв груз согласно условиям погрузки, заняться его охлаждением в рейсе – это не повлияет на норму приёма груза в танк по пределу заполнения.

2. Более общий случай. Учитываем другие факторы. Небольшие терминалы обычно не имеют оборудования для обратного приёма пара из грузовых танков во время их загрузки. В таких случаях, если принимаемый груз имеет более высокую температуру, чем требуется по судовой инструкции в соответствии с величиной давления подрыва, на которую установлен предохранительный клапан, груз должен быть охлаждён в процессе погрузки с использованием бортовой реконденсационной системы или непрямой системы охлаждения. Объём танков 1000 м^3. Тип танков – С. Изоляция танков – полиуретан.

Дано: $t_A = 15$ °С, $t_T = -23$ °С, $p_A = 1,1$ бар, $p_T = 2,9$ бар, $V_T = 1000$ м^3.

Найти: τ_L .

Для общего решения задачи, кроме характеристик принимаемого груза и танка (применяются танки типа С, изоляция полиуретан), нужно знать следующие параметры:

- температуру груза на приёме и на ходу;
- температуру атмосферы танка перед погрузкой;
- производительность реконденсационной установки;
- температуру окружающей среды (воздух, море).

Время погрузки τ_L в общем виде может быть определено из уравнения теплового баланса:

$$\tau_L = \frac{Q_T + Q_I + Q_L + Q_A}{Q_{net} - Q_{TR}}, \quad (4)$$

где Q_T , кДж – теплота, получаемая грузом от танка;

Q_I , кДж – теплота, получаемая грузом от изоляции;

Q_L , кДж – теплота, поступающая с грузом;

Q_A , кДж – теплота, поступающая в груз от атмосферы танка в процессе погрузки от её начала до конца;

Q_{TR} , кВт – теплота, проникающая в танк в единицу времени (с);

Q_{net} , кВт – мощность теплоотвода реконденсационной установки.

Теплота, получаемая грузом от танка:

$$Q_T = m_T c_T (t_1 - t_2) = m_T c_T (288,15 - 250,15) \quad , \qquad (5)$$

где m_T , кг – масса материала танка;

c_T , кДж/(кг·К) – его теплоёмкость

t_1 и t_2 , К – соответственно температура стенок танка до начала погрузки и в конце погрузки.

Теплота, получаемая от изоляции:

$$Q_I = m_I c_I (t_1 - t_2) = m_I c_I (288,15 - 250,15) \quad , \qquad (6)$$

где m_I , кг – масса изоляции;

c_I , кДж/(кг·К) – теплоёмкость изоляции.

Как видно, в формуле для Q_I использована средняя температура изоляции из расчёта, что перед погрузкой температура стенок танка и изоляции будет одинаковой и равной температуре окружающей среды. В конце погрузки температура внутренней части стенки танка должна равняться температуре груза:

$$Q_A = V_T \rho_A \Delta h_A \quad , \qquad (7)$$

где V_T , м^3 – объём танка;

ρ_A , кг/м^3 – плотность пара груза в начале погрузки;

$\Delta h_A = h_A - h_T$, кДж/кг – разность энтальпий атмосферы в танке в начале погрузки и жидкого груза в её конце.

Предполагается, что в момент начала погрузки весь объём танка займёт пар груза. Например, в случае погрузки пропана в танк с температурой 15°С под давлением 1,1 бар (0,1 бар по манометру) пар будет в перегретом состоянии (точка А на p-h диаграмме (рисунок 2). В процессе погрузки он реконденсируется до состояния с давлением 2,19 бар при температуре -23°С (точка Т).

Таким образом, имеем:

$$\Delta h = 940 - 469,2 = 470,8 \text{ кДж/кг}, \qquad (8)$$

а также с учётом плотности пропана в перегретом состоянии (точка А) $\rho_A = 1,95$ кг/м^3 (согласно диаграмме на рисунке 3) и объёма танка $V_T = 1000$ м^3 получим:

$$Q_A = 1000 \cdot 1,95 \cdot 470,8 = 918,06 \text{ МДж}. \qquad (9)$$

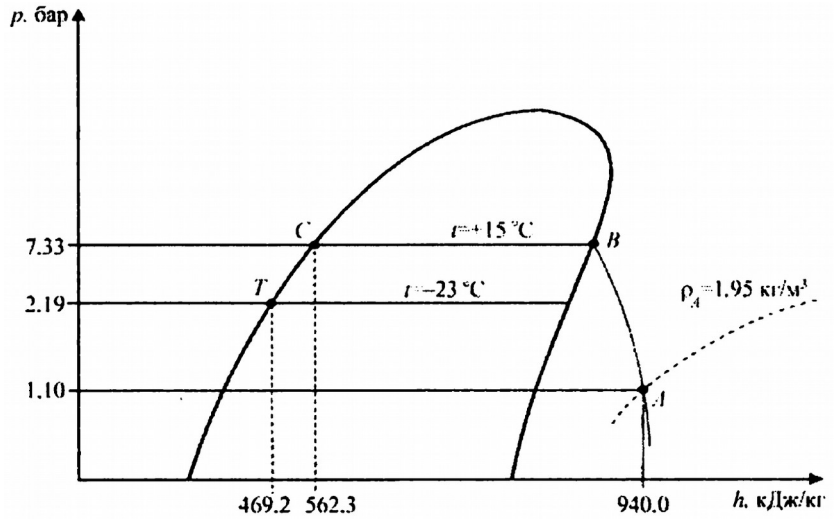

Рисунок 2 – Определение необходимого теплоотвода от атмосферы танка

Теплота, которую нужно отвести от груза, определяется по формуле:

$$Q_L = m\Delta h_L = m\cdot(h_C - h_T) = 1,95\cdot 1000\cdot(453-440) = 25,35 \text{ МДж.} \quad (10)$$

Мощность теплоотвода реконденсационной установки определяется из её холодопроизводительности:

$$Q_{net} = \frac{Q_{р.ч}}{3600} \text{ кВт.} \quad (11)$$

Возьмём мощность реконденсаторной установки такую же, как в 1-ой задаче.

$$Q_{net} = 3{,}5\times 10^5 \text{ кВт.} \quad (12)$$

Скорость поступления теплоты в танк из окружающей среды зависит от многих факторов. Неизменным на протяжении определённого периода эксплуатации остаётся конструкционный фактор, обуславливающий общее термосопротивление теплообмену между жидким грузом и окружающей средой через стенки танка, его термоизоляцию и обшивку судна. К изменяющимся условиям теплообмена относятся значения температуры груза и забортной воды.

Оценка Q_{TR} в условиях эксплуатации выполняется обычно по номограммам, аналогичным представленным на рисунке 3, в которых конструкционный фактор учитывается для конкретной серии применительно ко всем танкам, группам танков или какому-либо одному танку, чем-либо отличающемуся от других по условиям теплообмена. Определяющими теплообмен параметрами являются температура груза (горизонтальная шкала) и температура забортной воды, изолинии которой представлены на номограмме прямыми для диапазона 15..32 °С, а также для случаев расчёта скорости теплообмена по всем танкам газовоза серии «Пропан» и группам танков. Как видно, при температуре груза -30°С и воды 26°С, скорость поступления теплоты в танки составит $Q_{TR} = 67,5$ кВт (рисунок 3). Аналогично можно получить ответ на вопрос о скорости поступления теплоты (мощности теплового потока) в груз для одной из двух групп танков. Мощность теплового потока в один танк определится делением на три результата, полученного для соответствующей группы однотипных танков.

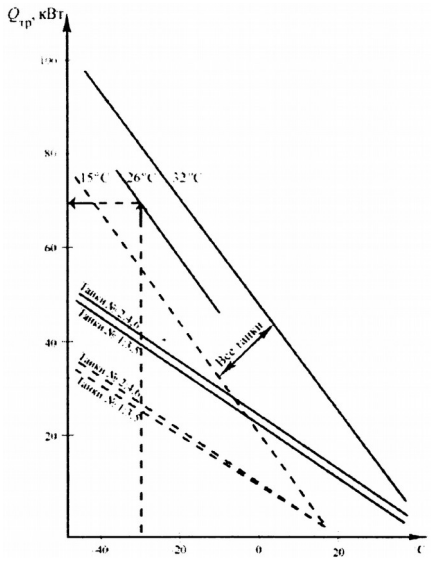

Рисунок 3 – Определение мощности теплового потока в танк

Получим:

$$\tau_L = \frac{m_T c_T(288,15-250,15) + m_I c_I(288,15-250,15) + 25,35 + 918,06}{(3{,}2\cdot 10^5 - 67,5)\cdot 10^{-3}} = 0,119(m_I c_I + m_T c_T) \text{ ч}$$

Таким образом, мы получили зависимость времени охлаждения груза (СПГ) от материала танков и их теплоизоляции. Эту формулу можно использовать для оценки времени погрузки на

танкеры-газовозы, что критически важно для оценки экономической эффективности торгового флота на начальной стадии проектирования.

Заключение: Из выше сказанного следует что:

Экономическая эффективность морской перевозки СПГ увеличена благодаря, с ростом грузоподъемности и дальности перевозки. В свою очередь все более и более жесткое регулирование в области морского транспорта делает СПГ-танкера более технологичными и безопасными для окружающей среды.

Библиографический список:

1. Сжиженный природный газ на суше и в море. Производство, хранение, транспорт, регазификация/ Р.Н .Бахтизин, В.Ю. Дорожкин, Р.К. Терегулов, Б.Н. Мастобаев - С.-Пб: Недра, 2016. - 428 с.
2. Перевозка сжиженного природного газа морским транспортом (газовозы) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://korabley.net/news/perevozka
3. Агафонов А., Гуменюк А. Оборудование регазификационных терминалов СПГ.
4. Лавренченко Г. К., Швец С. Г. Особенности эффективного машинного оборудования установок сжижения и реконденсации природного газа //Технические газы. – 2010. – №. 3. – С. 39-47.

Кочетков Федор Михайлович
Беляев Егор Ильич
Денисов Дмитрий Васильевич
Бакалавры Санкт- Петербургского государственного электротехнического университета
E-mail: azemerat@rambler.ru

Kochetkov F.M., Belyaev E. I., Denisov D. V.
Bachelors: Saint Petersburg Electrotechnical State University
E-mail: azemerat@rambler.ru

УДК 543

МЕТОДИКА СЕПАРАЦИИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В МИКРОФЛЮИДНЫХ КАНАЛАХ

THE METHOD OF SEPARATION CARBON NANOTUBES IN MICROFLUIDIC CHANNELS

Аннотация: Нанотрубки являются перспективным материалом, который может использоваться в микро и наноэлектронике, за счет своих миниатюрных размеров и различных

электрических свойств. В данный момент большую сложность представляет отсеивание металлических нанотрубок от полупроводниковых.

Abstract: Nanotubes are a promising material that can be used in micro and nanoelectronics, due to their miniature sizes and various electrical properties. At the moment, the greatest difficulty is the screening of metallic nanotubes from semiconductor nanotubes.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, динамика углеродных нанотрубок, сепарация, микрофлюидный канал, диэлектрофорез.

Keywords: carbon nanotubes, dynamic of carbon nanotubes, separation, microfluidic channel, dielectrophoresis.

Введение

Углеродные нанотрубки – протяженные цилиндрические структуры диаметром от одного до нескольких десятков нанометров и длиной до нескольких сантиметров состоят из одной или нескольких свернутых в трубку гексогональных графитовых плоскостей (графенов) и заканчиваются обычно полусферической головкой. Различают металлические и полупроводниковые углеродные нанотрубки. Металлические проводят электрический ток при абсолютном нуле температур, в то время как проводимость полупроводниковых трубок равна нулю при абсолютном нуле и возрастает при повышении температуры. Полупроводниковые свойства у трубки появляются из-за щели на уровне Ферми. Углеродные нанотрубки с различными свойствами используются в различных отраслях. Так, например, полупроводниковые нанотрубки могут использоваться для создания очень маленьких транзисторов, тогда как металлические могут служить для создания суперконденсаторов из-за их высокой проводимости. Необходимо знать, как ведут себя нанотрубки с различными типами проводимости для возможной в дальнейшем их сепарации в различных средах.

Основной раздел

Чтобы исследовать динамику выравнивания углеродных нанотрубок в вязких средах при приложении электрического поля переменного тока, предлагается аналитическая модель, которая учитывает крутящий момент, вызванный диэлектрофорезом, и вязкий эффект окружающей среды. Используя второй закон Ньютона, управляющее уравнение вращательного движения сильно вытянутого эллипсоида, погруженного в вязкую среду, подвергнутое внешнему электрическому полю переменного тока, можно рассчитать скорость поворота.

Решение уравнения (1), φ (t), описывает динамическое изменение угла φ между основной осью углеродной нанотрубки и электрическим полем.

$$I*(\frac{d^2\varphi}{dt^2})+T_n+T_a=0 \quad (1)$$

Момент инерции найдем по формуле (1.1)

$$I=\frac{1}{12}*m*l^2 \quad (1.1)$$

Где T_n - это демпфирующий момент, который вычисляется по формуле (2)

$$T_n=8\pi vV\frac{d\varphi}{dt} \quad (2)$$

Объем нанотрубки V (2.1):

$$V=\pi(r_o^2-r_i^2)l \quad (2.1)$$

А T_a – диэлектрофоретический момент (3)

$$T_a=\frac{1}{4}V\varepsilon_m Re[a^*]E^2\sin 2\varphi \quad (3)$$

$\Re[a]$ Является реальной частью выражения, по сути показывающее отношение статической диэлектрической проницаемости диэлектрика с поляризуемостью составляющих его частиц (формула Клаузиуса – Моссотти) (3.1)

Стоит учесть, что если диэлектрическая проницаемость среды (растворителя) ε_m меньше диэлектрической проницаемости наноструктуры ε_p, то фактор Клаузиуса – Моссотти будет

положительным, и сила, действующая на частицу, будет притягивать ее к электродам. Возникает так называемый положительный диэлектрофорез. В противном случае, если $\varepsilon_m > \varepsilon_p$, частица будет отталкиваться – происходит отрицательный диэлектрофорез.

$$a^* = \frac{\varepsilon(\varepsilon_p^* - \varepsilon_m^*)^2}{([\varepsilon_m^* + (\varepsilon_p^* - \varepsilon_m^*)L_x](\varepsilon_p^* + \varepsilon_m^*))} \quad (3.1)$$

L_x – фактор деполяризации для продолговатой частицы (3.2)

$$L_x = (\frac{4r_o^2}{l^2})[\ln(\frac{l}{r_o}) - 1] \quad (3.2)$$

$$\varepsilon_{mp}^* = \varepsilon_{mp} - j\frac{(s_{mp}^*)}{w} \quad (3.3)$$

Где w - угловая частота электрического поля

$\varepsilon_{mp}^{¿}$ и $s_{mp}^{¿}$ - являются комплексными значениями диэлектрических проницаемостей частицы и среды, а также проводимостей в частице и среде (3.3).

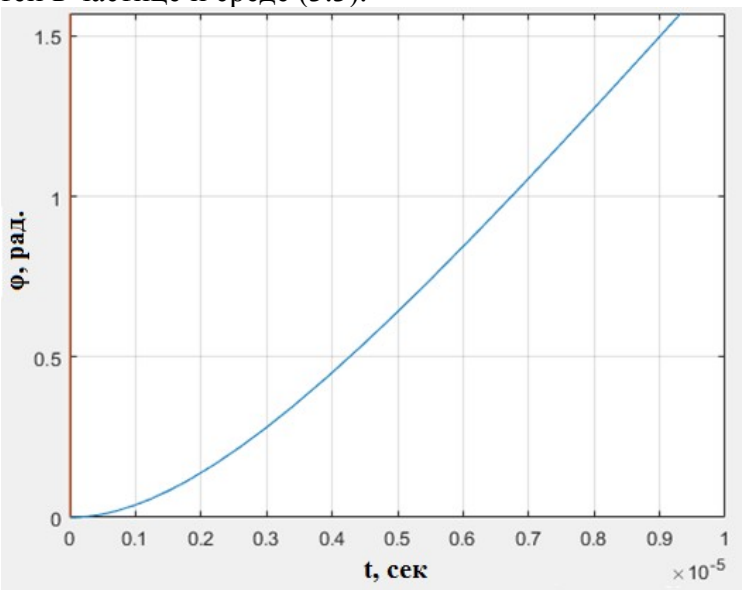

Рисунок 1 – Зависимость угла поворота от времени приложенного поля трубки с металлическими свойствами $s_p = 10^3$ См, $\varepsilon_p = 2000 * \varepsilon_0$

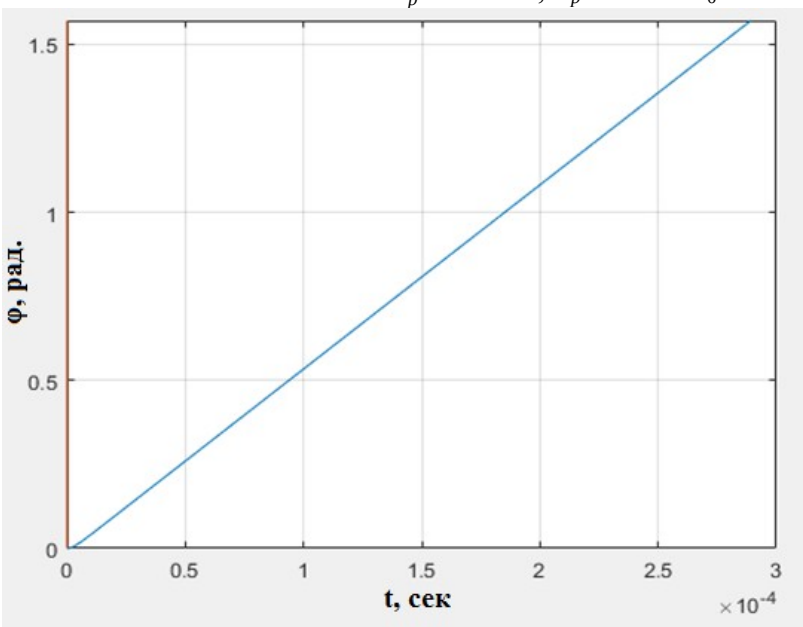

Рисунок 2 – Зависимость угла поворота от времени приложенного поля нанотрубки с полупроводниковыми свойствами s_p=1 См, $\varepsilon_p = 5 * \varepsilon_0$

Как видно из рисунков сверху металлические и полупроводниковые нанотрубки имеют ощутимую разницу в скорости поворота. Это обусловлено тем, что полупроводниковые нанотрубки имеют маленький поверхностный заряд и крайне низкую по сравнению с металлическими проводимость.

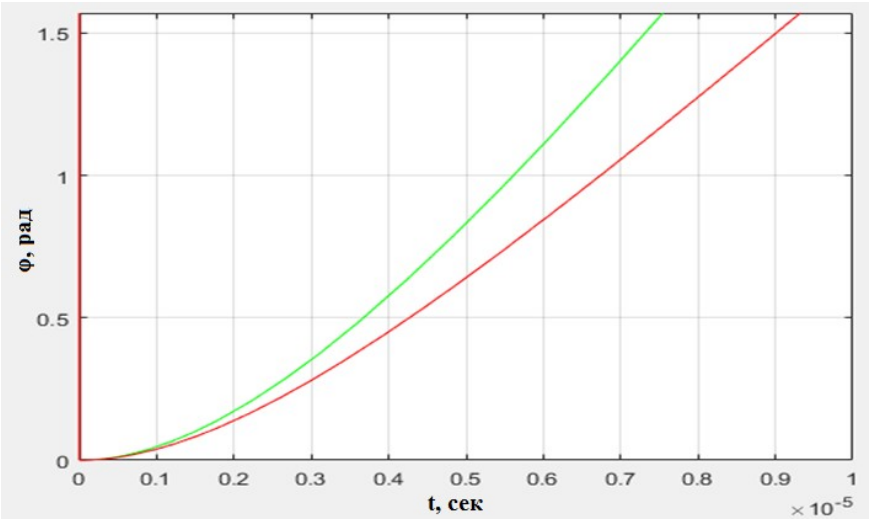

Рисунок 3 – Зависимость угла поворота от времени приложенного поля металлической нанотрубки с размерами $0.8*10^{-6}$ м (зеленая) и 10^{-6} м (красная)

В микрофлюидный канал загружается суспензия из различных углеродных нанотрубок (1) и металлических частиц Рис. 3.1. Так как углеродные нанотрубки слипаются в комок при вводе в канал за счет вандерваальсовых сил, то необходимо их разделить, это делают с помощью ультразвука.

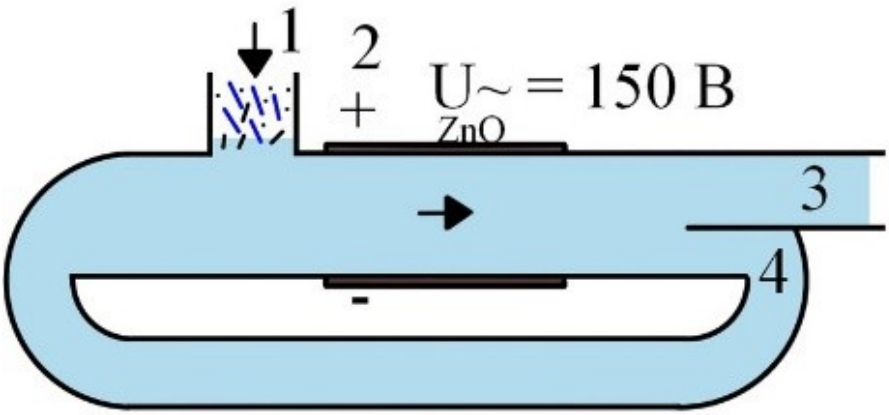

Рисунок 4 – Схема микрофлюидного канала

Попадая в микрофлюидный канал (2) на углеродные нанотрубки и металлические частицы начинает действовать переменное электрическое поле, которое подается генератором на ZnO электроды, разворачивающие нанотрубки по электрическому полю. Как было рассмотрено во второй главе металлические (обозначены черным цветом) трубки поворачиваются быстрее, чем полупроводниковые (обозначены синим) и взаимодействуя с металлическими частицами из-за кулоновского притяжения опускаются на дно быстрее полупроводниковых.

Далее металлические нанотрубки с частицами золота выводятся через канал 4, а полупроводниковые продолжают движение в канал 3.

В нашей методике мы будем использовать дистиллированную воду с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_m = 80 * \varepsilon_0$ и вязкостью $n = 1.004 * 10^{-6}$ м²/с. Так как суть методики заключается в сепарации углеродных нанотрубок с различными характеристиками проводимости, то необходимо чтобы этот поток был ламинарным для того, чтобы движению нанотрубок не мешали вихри. Для

этого будут вычислены геометрические параметры канала, а также скорость движения жидкости исходя из динамики поворота металлических углеродных нанотрубок, необходимые для осуществления такого потока.

Так как теоретически на развернутую нанотрубку будут действовать силы выталкивания меньшие, чем на нанотрубку поле к которой находится перпендикулярно, то развёрнутая трубка будет опускаться на дно быстрее согласно силе Архимеда.

Сила давления, действующая на нанотрубку в состоянии, развернутом по полю вычисляется по формуле (4).

$$F_2 - F_1 = F_{арх} \quad (4)$$

Где F_1 – это сила, которая действует на верхнюю часть нанотрубки (4.1), а F_2 – сила давления, действующая на нижнюю часть нанотрубки

$$F_1 = \rho * g * h_1 * S$$
$$F_2 = \rho * g * h_2 * S \quad (4.1)$$

$\rho = 0.998 * 10^3 \frac{кг}{м^3}$ – плотность дистиллированной воды, h_1 – высота жидкости над верхней частью трубки, h_2 – высота жидкости на нижней частью трубки. Предположим, что трубка погружена под воду на глубину 150 мкм, то $h_1 = 150\,мкм$. А так как длина нанотрубки $l = 1$мкм, то $h_2 = 151\,мкм$. $S = 1.32 * 10^{-16}\,м^2$ – площадь верхней или нижней части нанотрубки. Следовательно, $F_1 = 1.94 * 10^{-22}\,H$, $F_2 = 1.95 * 10^{-22}$ Н, сила Архимеда в таком случае будет равна $F_{арх} = 1.29 * 10^{-24}\,H$. Для нанотрубки, которая повернута перпендикулярно полю сила Архимеда равна $F_{арх} = 2 * 10^{-22}$Н. Как видно из данных расчетов сила Архимеда на два порядка больше, у нанотрубки в «лежачем» состоянии.

Сила тяжести, действующая на трубку направлена вниз и против силы Архимеда (4.2)

$$F_{тяж} = m * g \quad (4.2)$$

Где $m = 1.2 * 10^{-19}\,кг$, $g = 9.8 \frac{м}{с^2}$ – ускорение свободного падения. $F_{тяж} = 1.17 * 10^{-18}$Н. Из этого можно сделать вывод, что углеродная нанотрубка в «стоячем» состоянии опускается на дно быстрее, нежели в «лежачем».

Исходя из этих параметров возможен расчет геометрических параметров микрофлюидного канала. Зная то, что поток в канале должен быть ламинарным, то необходимо узнать скорость такого потока (5)

$$v = \frac{Re * n}{D} \quad (5)$$

Где $\Re$ – это число Рейнольдса, критическое значение которого для канала с круглым сечением не должно превышать 2300. В расчетах будем использовать $\Re = 2100$, n – вязкость воды, D – гидравлический диаметр равный диаметру канала, в расчетах будем использоваться $D = 0.001$ м

Исходя из формулы (2) при данной ширине канала максимальная скорость потока, при которой сохраняется ламинарность $v = 2 \frac{м}{с}$

Длину канала возьмем равной $L = 0.015$ м,

В таком случае металлические нанотрубки будут осаждаться до того, как полупроводниковые достигнут дна. Длину и диаметр микрофлюидного канала можно варьировать в пределах пока поток сохраняет свою ламинарность.

Теперь рассчитаем электростатические, дипольные, и гравитационные взаимодействия между металлической нанотрубкой и частицей золота. Предположим, что частица имеет форму шара с параметрами R=10 мкм, m=8*10^{-11} кг. Тогда заряд шара вычисляется по формуле (6):

$$q_{шара} = 4\pi\varepsilon_o E_ш R_ш^2 \quad (6)$$

Заряд металлической нанотрубки (6.1):

$$q_{трубки} = 4\pi\varepsilon_o E R_m l_m \quad (6.1)$$

Кулоновские силы взаимодействия между зарядами (7) всегда приводят к такому перераспределению свободных зарядов, при котором электрическое поле в проводнике исчезает, а потенциалы во всех точках выравниваются. Поэтому поле кулоновских сил не может вызвать стационарный процесс упорядоченного движения зарядов, т.е. не может являться причиной возникновения постоянного электрического тока. Между молекулами действуют также силы отталкивания, влияние которых проявляется на малых расстояниях.

$$F_{кл} = k\frac{q_ш q_m}{r^2} \quad (7)$$

С увеличением расстояния сила кулона будет спадать квадратично

Так как металлические нанотрубки под воздействием переменного электрического тока представляют собой диполь, то они могут взаимодействовать между собой (7) Рис. 3.5

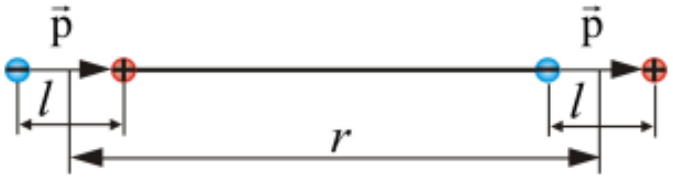

Рисунок 5 – Диполь-дипольное взаимодействие

$$F = \frac{6q^2 l^2 (r^2 - (\frac{l^2}{3}))}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2 (r^2 - l^2)^2} \quad (7)$$

Также необходимо провести оценку броуновского движения, так как в растворах углеродные нанотрубки постоянно подвергаются термическому воздействию соседних частиц при случайном броуновском движении, а для развития необходимого диэлектрофореза сила его воздействия должна превышать эффективную силу теплового воздействия F_{th}, (8) возникающую в результате столкновений с окружающими частицами

$$F_{th} = \frac{kT}{2l} \quad (8)$$

$$F_{el} = qE + ME \quad (9)$$

Где k – постоянная Больцмана, T – температура и l – характерный размер частиц. Чем меньше частица, тем больше сила тепла. Для характерных размеров нанотрубок длина 1 мкм, а для значений электрических полей показывают, что при комнатной температуре броуновское движение частиц не является препятствием для их сортировки, поскольку в случае использования золотых или серебряных металлических шариков диаметром в микрон, Felectric> Fthermal.

Учитывая все взаимодействия между частицами и нанотрубками, то можно посчитать за какое время металлические нанотрубки с «прилипшими» к ним частицами золота опустятся на дно. Используя формулы (4.1) и (4.2) и прибавив к ним массу золотой частицы можно узнать скорость погружения через второй закон Ньютона:

$$F = (m_m + m_ш) * a \quad (10)$$

$$t = \frac{\sqrt{\frac{D}{2a}}}{\frac{F}{(m_m + m_ш)}} \quad (11)$$

Для заданных параметров время погружения одной нанотрубки со связанным с ней одной частицей составляет $t = 0.68$с

Используя формулу (11) для одиночной углеродной трубки время погружения будет составлять $t = 0.17 * 10^6$ с. Разница в скорости погружения нанотрубок колоссальна, на этом и базируется метод сепарации углеродных нанотрубок с помощью частиц золота путем диэлектрофореза в микрофлюидном канале.

Заключение

В ходе работы была рассчитана динамика углеродных нанотрубок, а также приведена теоретическая модель для сепарации углеродных нанотрубок в микрофлюидном канале с помощью диэлектрофореза, которая позволит разделять нанотрубки с металлическими и полупроводниковыми свойствами.

Библиографический список:

1. Cicoria R. Dielectrophoretically trapping semiconductive carbon nanotube networks // Nanotechnology. 2008, №19. P. 5.
2. Tanaka T., Urabe Y., Nishide D., Liu H. / Metal/semiconductir separation of single-wall carbon nanotubes by selective adsorption and desorption for agarose gel // Phys. Status Solidi. 2010, №247. P. 2867-2870.
3. Song J.W., Seo H.W., Park J.K., Kim J.E. / Selective removal of metallic SWNTs using microwave radiation // Current Applied Physics. 2008, №8. P. 725-728.
4. Zheng M. DNA-assisted disopertion and separation of carbon nanotubes // Nature materials. 2003, №2. P. 338-342.

Денисов Дмитрий Васильевич
Беляев Егор Ильич
Кочетков Федор Михайлович
Бакалавры Санкт- Петербургского государственного электротехнического университета
E-mail: ddenisov10@mail.ru

Denisov D. V., Belyaev E. I., Kochetkov F. M.
Bachelors: Saint Petersburg Electrotechnical State University

УДК 539

ИЗМЕНЕНИЕ ЛИНИЙ СПЕКТРА ИСПУСКАНИЯ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА ПРИ РАСПЫЛЕНИИ МИШЕНИ ИЗ ТАНТАЛА В РЕАКТИВНОЙ СРЕДЕ, СОДЕРЖАЩЕЙ АЗОТ И КИСЛОРОД

CHANGING THE LINES OF THE EMISSION SPECTRUM OF A GAS DISCHARGE WHEN SPUTTERING A TANTALUM TARGET IN A REACTIVE MEDIUM CONTAINING NITROGEN AND OXYGEN

Аннотация: объектом исследования являются спектры испускания газового разряда при распылении металлической мишени с помощью реактивного магнетронного распыления, полученные методом оптической эмиссионной спектроскопии. По результатам проведенных исследований были изучены процессы, происходящие при реактивном магнетронном распылении.

Abstract: the object of the study are the emission spectrums of a gas discharge when a tantalum target is sputtered with reactive magnetron sputtering, obtained by optical emission spectroscopy. Based on the results of the conducted studies, the processes occurring during reactive magnetron sputtering were studied.

Ключевые слова: реактивное магнетронное распыление, спектральные линии, оптическая эмиссионная спектроскопия (ОЭС).

Keywords: reactive magnetron sputtering, spectral lines, optic emission spectroscopy (OES)

В настоящее время в мире активно осваивается технология получения тонких пленок. Большое внимание уделяется оксинитридам металлов. Регулируя отношение кислорода к азоту в процессе производства пленки, можно настраивать их физические, химические и функциональные свойства, делая эти материалы привлекательными для различных областей науки, в том числе микроэлектронике, оптике, а также в качестве биосовместимых покрытий [1].

Оксинитриды тантала TaO_xN_y представляют научный интерес, поскольку они выгодны как из свойств оксидов тантала, так и из нитридов тантала. Так, оксид тантала Ta_2O_5 хорошо известен своей большой запрещенной зоной (4,5 эВ, т.е. ~ 280 нм), высоким показателем преломления (n ~ 2,3 при 633 нм), высокой диэлектрической постоянной (ε_r ~ 25) и прозрачностью в широком в диапазоне длин волн от 300 нм до 2 мкм. [2,3]. В результате тонкие пленки Ta_2O_5 оказались интересными для использования в качестве антифрикционных покрытий, оптических волноводов и металлооксидных полупроводниковых приборов [4-7]. Другие применения пленок Ta_2O_5 включают покрытия с защитным барьером, твердотельные датчики кислорода и тонкопленочные катализаторы. С другой стороны, нитрид тантала известен как химически инертный, коррозионностойкий и твердый керамический материал. Пленки нитрида тантала применяются для резисторов в микро- и оптоэлектронике, в термостойких слоях в механической промышленности и в биосовместимых покрытиях.

В качестве метода исследования был выбран атомный спектральный анализ, который позволяет получить информацию о качественном и количественном составе исследуемого образца, так как каждый элемент имеет свои значения энергий и интенсивностей переходов между электронными уровнями в атоме. Областью спектроскопических методов для исследования материалов является оптическая атомно-эмиссионная спектроскопия (ОЭС или АЭС). Термин "оптическая" остался в связи с тем, что в прошлом данная методика основывалась на визуальном исследовании области спектра. Применялись такие компоненты как линзы и зеркала. Атомная спектроскопия занимается взаимодействием электромагнитного излучения и свободных атомов, т.е. атомами в газовой сфере.

Атомная эмиссионная спектрометрия позволяет исследовать газы, жидкости и твердые вещества. Если речь идет о твердом веществе или о жидкости, то сначала необходимо испарение и атомизация материала. Затем атомы газовой фазы электрически возбуждаются посредством подведенной энергии. Так возникает плазма, смесь атомов, молекул и заряженных частиц (ионов, электронов).

Оптическая эмиссионная спектроскопия является многоэлементным методом, отличающимся быстротой при обнаружении большого числа элементов. Он широко применяется в различных областях науки и техники для контроля промышленного производства, при проверке качества готовых продукций в разных отраслях промышленности (металлургической, химической и др.), поисках и переработке полезных ископаемых, в биологических, медицинских и экологических исследованиях и т.д. Важным достоинством данной спектроскопии по сравнению с другими оптически спектральными, химическими и физико-химическими методами анализа, являются возможности бесконтактного, быстрого, одновременного количественного определения большого числа элементов в широком интервале концентраций с приемлемой точностью при использовании малой массы пробы.

В ходе исследований были рассмотрены тонкие пленки оксинитрида тантала. Установка реактивного магнетронного распыления позволяет сделать двумя способами (мишень из тантала): при постоянном расходе азота в камере постепенно увеличивать расход кислорода, который поступает в камеру, или же при постоянном расходе кислорода в камере постепенно увеличивать расход азота. При каждом из этих случаев на поверхности мишени и на подложке будет происходить химическая реакция, которая приведет к получению нужного нам оксинитрида тантала.

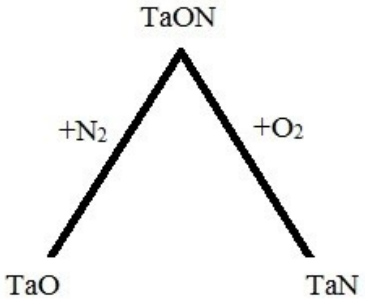

Рисунок 1 – Условная схема получения оксинитрида тантала.

В ходе процесса напыления пленок оксинитрида тантала, с помощью спектрометра и ПО к нему, были записаны на ПК спектры испускания плазмы при изменении расхода напускаемого в камеру газа (O_2 и N_2). Полученные при обработке спектров данные были вынесены на графики. Для наглядности и удобства была произведена нормировка значений.

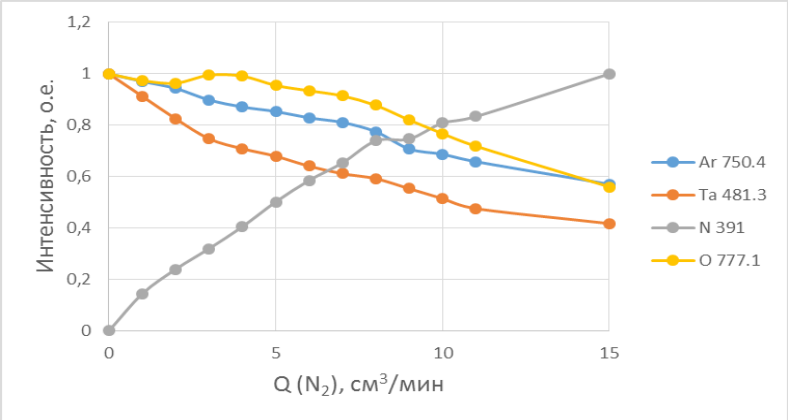

Рисунок 2 – Зависимость изменения интенсивности линий спектра тантала, аргона, азота и кислорода от изменения расхода азота в камере

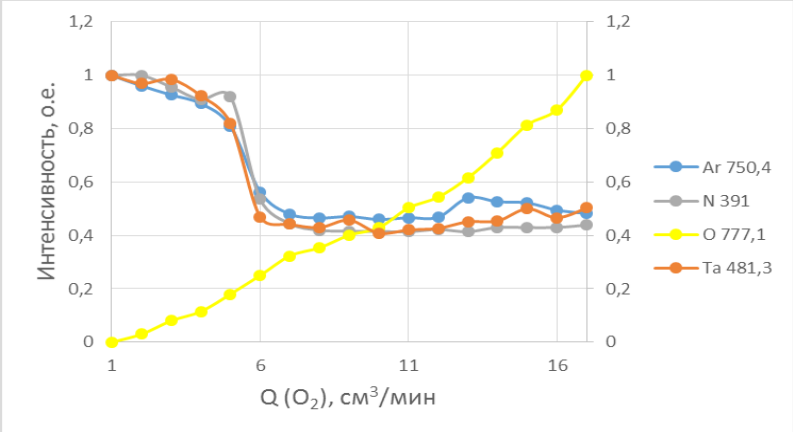

Рисунок 3 – Зависимость изменения интенсивности линий спектра тантала, аргона, азота и кислорода от изменения расхода кислорода в камере

Было проведено исследование изменения спектров испускания газового разряда методом оптической эмиссионной спектроскопии для двух случаев и в ходе обработки результатов было получено, что при введении второго реактивного газа в камеру интенсивность линий спектра вводимого газа увеличивалась, а остальных материалов в камере уменьшалась. Были построены графики зависимостей интенсивности спектра веществ в камере от потока вводимого газа. Установлено, что при вводе кислорода в качестве второго реактивного газа получался более резкий

переход в оксинитридный режим работы мишени, чем при вводе азота, из-за того, что потенциал ионизации кислорода меньше, чем потенциал ионизации азота и аргона

Библиографический список:

1. Filipe Vaz, Nicolas Martin, Martin Fenker Metallic Oxynitride Thin Films by Reactive Sputtering and Related Deposition Methods: Process, Properties and Applications. Sheffield: Bentham books, 2013. 344 p.
2. Tantalum oxynitride for a novel cathode of PEFC./ Ishihara A., Lee K., Doi S., Mitsushima S. // Electrochemical Solid-State Letters. 2005, vol. (№) 8. P 201−203.
3. Nakamura R. Tanaka T. Nakato Y. Oxygen photoevolution on a tantalum oxynitride photocatalyst under visible-light irradiation: how does water photooxidation proceed on a metal−oxynitride surface, Physycal Chemistry. 2005, vol. (№) 109. P 8920−8927.
4. Kato K., Toyota H., Jin Y., Characterization of tantalum oxynitrides deposited by ECR sputtering. Vacuum 2009, vol. (№) 83. P 592−595.
5. Optical properties and hydrophilic behaviors of TaOxNy thin films with and without rapid thermal annealing / Hsieh J. H., Chang C. C., Cherng J. S., Hsu F. Y. // Thin Solid Films 2009, vol. (№) 517 (17). P 4711−4714.
6. Harrop P. J.; Campbell D.S. Selection of thin film capacitor dielectrics. Thin Solid Films 1968, vol. (№) 2. P 273−277.
7. Traylor-Kruschwitz J. D., Pawlewicz W. T. Optical and durability properties of infrared transmitting thin films. Applied Optics 1997, vol. (№) 36. P 2157−2159.

Беляев Егор Ильич
Кочетков Федор Михайлович
Денисов Дмитрий Васильевич
Бакалавры Санкт- Петербургского государственного электротехнического университета
E-mail: egor-belyaev1@yandex.ru

Belyaev E. I., Kochetkov F. M., Denisov D. V.
Bachelors: Saint Petersburg Electrotechnical State University
E-mail: egor-belyaev1@yandex.ru

УДК 537

МЕТОДИКИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДЛОЖКИ ПРИ МАГНЕТРОННОМ РАСПЫЛЕНИИ

THE METHOD OF AUTOMATIC MEASUREMENT OF SUBSTRATE TEMPERATURE IN MAGNETRON SPUTTERING

Аннотация: В данной работе разрабатывается метод автоматического измерения температуры подложки при магнетронном распылении с целью упрощения работы оператора на вакуумной установке и предотвращении ошибок.

Abstract: In this paper, the method of automation measurement of substrate temperature in magnetron sputtering was investigated, The goal was to simplify the working process of the vacuum equipment operator and to prevent further mistakes.

Ключевые слова: магнетронное распыление, измерение, вакуумный насос, давление, температура, подложка.

Keywords: Magnetron sputtering, Measurement, Vacuum pump, pressure, temperature, substrate.

Введение

В современном производстве электроники одними из важных элементов являются пленочные структуры, которые обеспечивают работу при высоких температурах и суровых условиях эксплуатации. Данные элементы и технологии используются в приборах атомного и энергетического значения. Чтобы увеличить износостойкость элементов и приборов, используются защитные покрытия на основе нитридов и оксинитридов, наносимых на поверхность изделий в виде пленки толщиной до нескольких микрометров.

Получение пленочных структур методом распыления используется давно. Промышленное применение данного метода началось еще в конце двадцатого века прошлого столетия. Распылительные системы применялись для нанесение токопроводящих слоев в интегральных схемах. На приборы наносились металлические пленки при распылении в среде инертного газа и диэлектрические пленки при распылении в реактивном газе.

Исходя из выше изложенного материала, можно сделать вывод, что актуальность данной работы не вызывает никакого сомнения.

Целью работы является разработка методики автоматического измерения температуры подложки и выявления достоверности получаемых результатов при измерении данной методикой.

Основной раздел

Техникой для получения и поддержания вакуума и исследований в вакуумных камерах производственного оборудования, является вакуумная техника. Вакуумная техника широко используется в промышленностях, где производятся материалы с новыми свойствами, например, в металлургии, машиностроении и медицинской отрасли. Важнейшими направлениями в развитии вакуумной техники является открытие новых технологий откачки и которые, в свою очередь, расширяют возможности для исследований и создании новых материалов для различных промышленных отраслей.

В экспериментах использовалась вакуумная система установки для исследования процесса распыления «холодной» и «горячей» мишени, которая представляет собой установку УВН-71, оборудованной магнетронной распылительной системой. Установка смонтирована на стальном каркасе, закрытом съемными кожухами. Рабочей камерой является колпак из нержавеющей стали (диаметр 0,5 м, высота 0,5 м) Технологический источник магнетронной распылительной системы смонтирован на колпаке. Подъем колпака осуществляется с помощью гидропривода. На колпаке размещено смотровое окно. Приборы контроля технологических параметров, элементы управления установкой и натекатели для напуска рабочих газов смонтированы на каркасе. В установке присутствует магнетрон, который подключен в цепь микропроцессорным блоком питания инверторного типа APEL–M-5PDC с мощностью до 5 кВт.

Получение вакуума в камере осуществлялось за счет двух насосов (Рисунок 1).

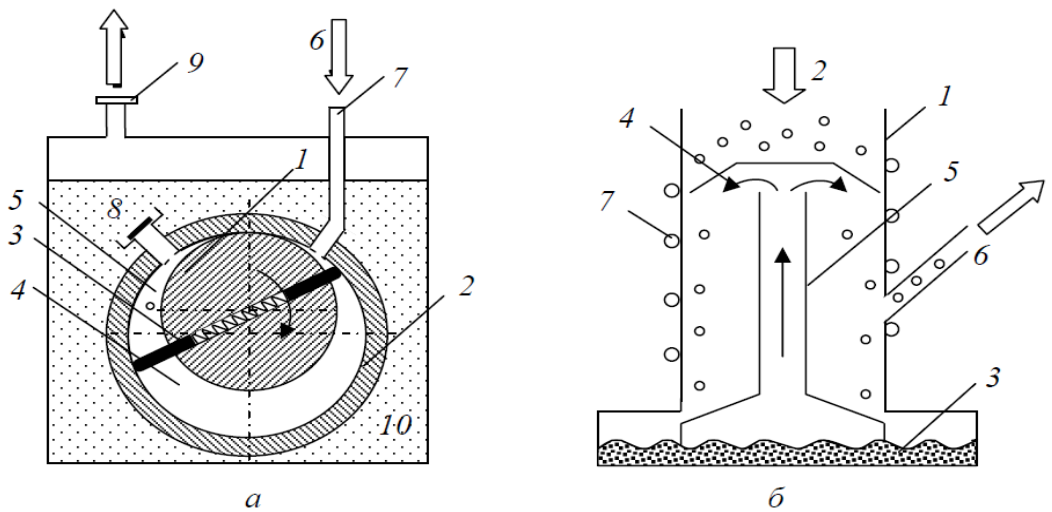

Рисунок 1- изображение используемых в камере насосов: а-роторный (механический); б-диффузионный.

Рисунок 1- изображение используемых в камере насосов: а-роторный (механический); б-диффузионный.

Механический насос позволяет получить предварительный вакуум. Камера данного насоса разделена на две части (4 и 5) и двумя вращающимися пластинами 3. Поток газа 6, поступающий из вакуумной камеры в первую камеру насоса, сжимается из-за уменьшения объема, вследствие вращения ротора. Когда пластина доходит до клапана 8, давление в ней превышает атмосферное, и происходит выброс газа в окружающую среду.

При достижении механическим насосом давления 8×10-2 мТорр, можно включать диффузионный насос. Принцип действия такого насоса основан на использовании элемента сверхскоростной паровой струи, в качестве откачиваемого элемента. При более низком давлении в камере использовать его запрещено, так как жидкость внутри него находится под давлением, и нагрета до температуры в несколько сот градусов. Диффузионный насос, изображенный на рисунке 1, представляет из себя цилиндр 1, в который сверху поступает газ 2. На дне насоса находится вакуумная жидкость3, которая закипает, и тем самым создает поток пара 4. Этот поток проходит через паропровод с крышкой 5, набирая при этом сверхзвуковую скорость. Молекулы газа, попадая в поток, меняют свою траекторию в сторону выходного патрубка 6. Через который идет непрерывная октачка механическим насосом. Пар, попадая на охлаждаемые извне холодильником 7 стенки, конденсируются, и попадают обратно на дно насоса.

Для измерения температуры нагревания подложки использовалась термопара, один конец которой, находился в рабочей камере магнетронной распылительной системы, а второй конец подключен к измерительному прибору UNI-T UT60F. Этот измерительный прибор является мультиметром с автоматическим выбором диапазона измерений. Данный прибор имеет автоматический выбор пределов измерений, режим прозвона цепей на проводимость со звуковым сигналом, режим относительных измерений, режим "Data hold" (сохранение данных). Рабочие характеристики данного прибора представлены на рисунке 2. После записи измерений происходит передача данных от прибора на ПК, посредством USB интерфейса, через канал RS232C. Предварительно на персональном компьютере была установлена записывающая программа, которая входила в пакет, данного прибора. На рисунке 20 представлено рабочее окно этой программы с полученными результатами измерений.

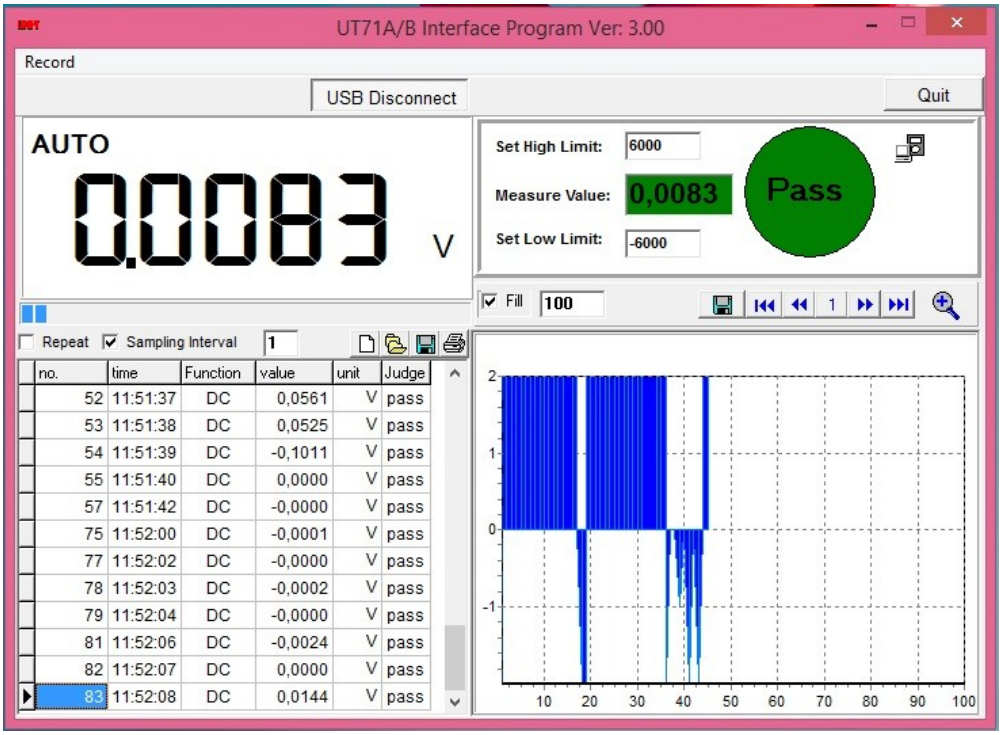

Рисунок 2- рабочее окно программы с полученными результатами измерений.

Выбор пределов измерений	автоматический
Количество разрядов индикатора	3 3/4
Линейная шкала	нет
Измерение постоянного напряжения	есть
Диапазоны измерения постоянного напряжения	400мВ-4-40-400-1000В
Измерение переменного напряжения	есть
Диапазоны измерения переменного напряжения	400мВ-4-40-400-1000В
Измерение постоянного тока	есть
Диапазоны измерения постоянного тока	400-4000мкА-40-400мА-4-10А
Измерение переменного тока	есть
Диапазоны измерения переменного тока	400-4000мкА-40-400мА-4-10А
Измерение сопротивления	есть
Диапазоны измерения сопротивления	400 ОМ-4-40-400кОм-4-40МОм
Измерение емкости	есть
Диапазоны измерения емкости	4-40-400нФ-4-40-400мкФ-4мФ
Измерение индуктивности	нет
Диапазоны измерения индуктивности	-
Измерение частоты	есть
Диапазоны измерения частоты	4-40-400кГц-4-40МГц
Измерение температуры	нет
Диапазоны измерения температуры,С	-
Логический пробник	нет
Тест диодов и транзисторов	есть
Прозвонка цепей на проводимость	есть
Счетчик числа оборотов	нет
Память предыдущих значений	нет
Режим удерживания данных на дисплее (Data Hold)	есть
Интерфейс для подключения к ПК	есть
Автоматическое отключение	есть
Сертификация Госстандарта РФ	нет
Размеры,мм	177x85x40
Вес, г	320

Рисунок 3- рабочие характеристики измерительного прибора.

В данной программе существует интервал времени запроса измерения температуры. После записи измерений происходит сохранение данных в виде таблицы Excel (рисунок 5), пакета Microsoft Office, и легко построить всевозможные графики и зависимости. Общий вид записывающего оборудования представлен на рисунке 4

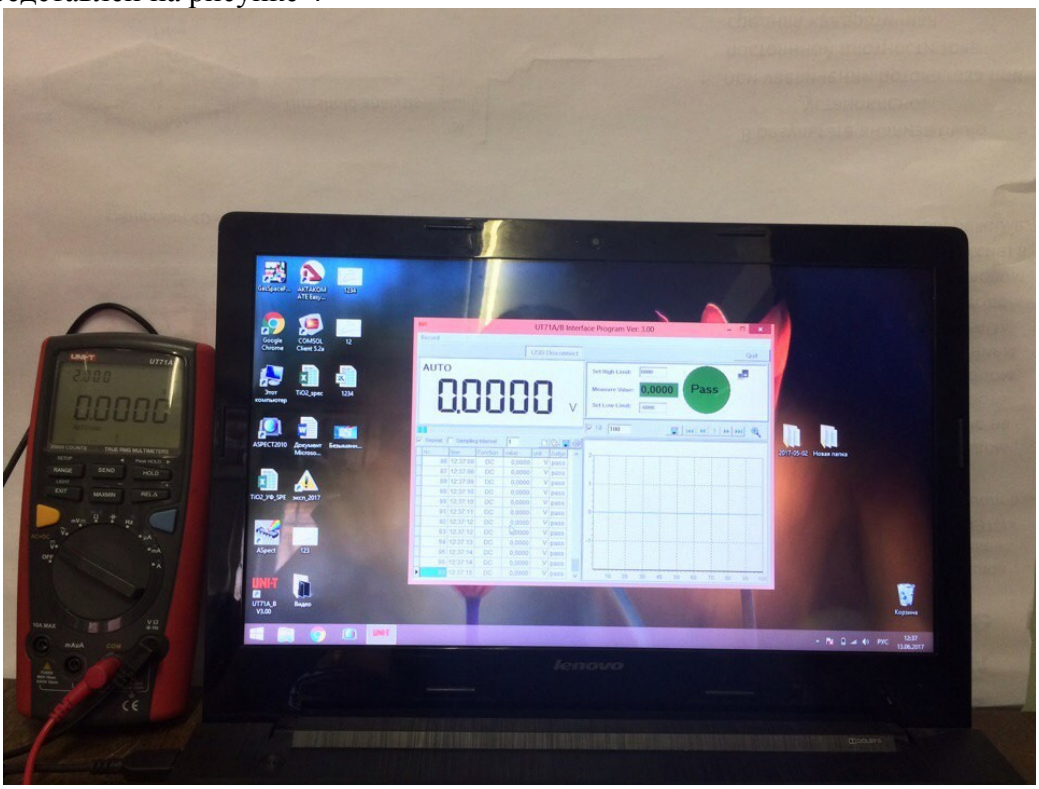

Рисунок 4- общий вид записывающего оборудования.

No	Time	DC/AC	Value	Unit	AUTO
10	11:50:55	DC	0,0023	V	pass
11	11:50:56	DC	0,0059	V	pass
12	11:50:57	DC	0,0026	V	pass
13	11:50:58	DC	0,0016	V	pass
14	11:50:59	DC	0,0006	V	pass
15	11:51:00	DC	0,0018	V	pass
16	11:51:01	DC	0,0281	V	pass
17	11:51:02	DC	0,0303	V	pass
18	11:51:03	DC	0,0321	V	pass
19	11:51:04	DC	0,0323	V	pass
20	11:51:05	DC	0,0302	V	pass
21	11:51:06	DC	0,0248	V	pass
22	11:51:07	DC	0,0222	V	pass
23	11:51:08	DC	0,0201	V	pass
24	11:51:09	DC	0,1413	V	pass
25	11:51:10	DC	0,0377	V	pass

Рисунок 5- результат записи измерений мультиметром UNI-T UT60F.

Заключение

В ходе работы был сконструирована экспериментальная вакуумная установка, которая позволяет автоматически измерять изменение температуры подложки при магнетронном

распылении, позволяющая упростить процесс изучения влияния температуры подложки на различные напыляемые пленки.

Библиографический список:

1. Theoretical and experimental determination of the energy flux during magnetron sputter deposition onto an unbiased substrate / S. D. Ekpe, S. K. Dew // Journal of Vacuum Science & Technology. A. 2003. V. 21. P. 476−483.

2. Investigation of thermal flux to the substrate during sputter deposition of aluminum / S. D. Ekpe, S. K. Dew // Journal of Vacuum Science & Technology. A. 2002. V. 20. P. 1877−1885.

3. Influence of particle energies on the properties of magnetron sputtered tungsten films / C. Paturaud, G. Farges, M. C. Sainte Catherine // Journal Vacuum Science Technology. 1998. V. 98. P. 1257−1261.

4. Measurement of energy flux at the substrate in a magnetron sputter system using an integrated sensor / S. D. Ekpe, S. K. Dew //Journal Vacuum Science Technology. A. 2004. V. 22. P. 1420−1424.

5. А.В. Тумаркин, Г.В. Ходаченко, Т.В. Степанова, И.А. Щелканов / Магнетронный разряд с расплавленным катодом // Успехи прикладной физики. 2013, вып. (№) 3. С. 276–282.

Научное издание

Коллектив авторов

Сборник материалов XIII Международной научной конференции «Техноконгресс»

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»

Кемерово 2017