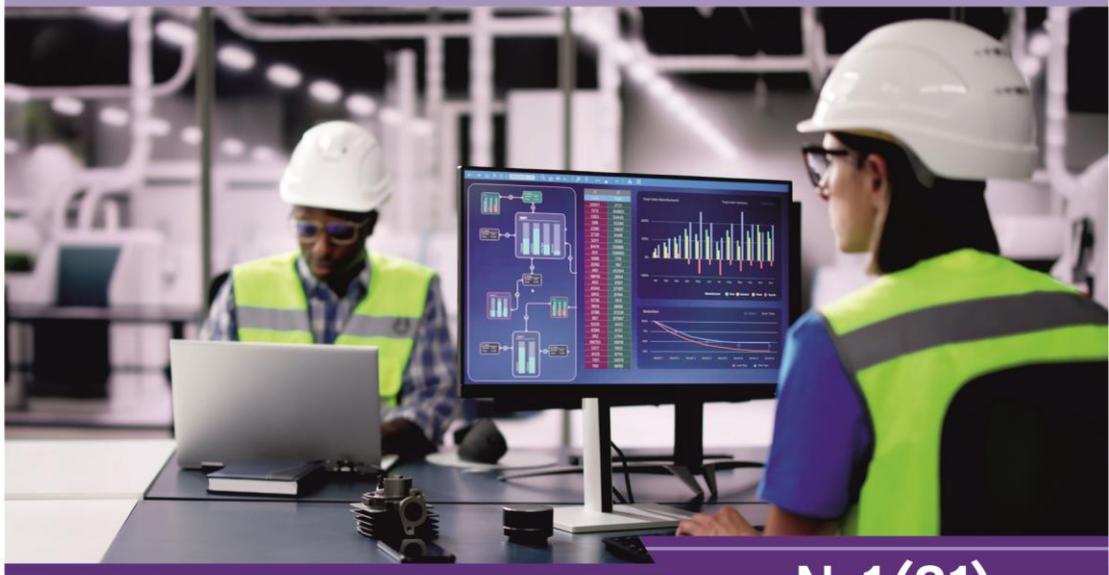




НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ  
nauchforum.ru

ISSN: 2541-8394



№1(81)

# НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

МОСКВА, 2025



# НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

№ 1 (81)  
Январь 2025 г.

Издается с декабря 2016 года

Москва  
2025

УДК 51/53+62

ББК 22+3

Н34

Председатель редколлегии:

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

Редакционная коллегия:

*Данилов Олег Сергеевич* – канд. техн. наук, научный сотрудник Дальневосточного федерального университета;

*Маршалов Олег Викторович* – канд. техн. наук, начальник учебного отдела филиала ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ), Россия, г. Златоуст.

**Н34 Научный форум: Технические и физико-математические науки:** сб. ст. по материалам LXXXI междунар. науч.-практ. конф. – № 1 (81). – М.: Изд. «МЦНО», 2025. – 44 с.

ISSN 2541-8394

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

ISSN 2541-8394

ББК 22+3

© «МЦНО», 2025

<b>Оглавление</b>	
<b>Технические науки</b>	<b>5</b>
<b>Раздел 1. Технические науки</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Информатика, вычислительная техника и управление</b>	<b>5</b>
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР АЛГОРИТМОВ И МОДЕЛЕЙ В РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ Конашенков Александр Андреевич	5
<b>1.2. Кораблестроение</b>	<b>11</b>
ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ГАЗСОДЕРЖАНИЯ ПРИ ДВУХФАЗНОЙ ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ ПРОМЫВКЕ Лебедева Елена Геннадьевна	11
<b>1.3. Машиностроение и машиноведение</b>	<b>19</b>
ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ШАРНИРНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ НА СКОРОСТЬ СВАРКИ ТРУБОПРОВОДОВ Лукьянов Александр Сергеевич	19
<b>1.4. Электротехника</b>	<b>26</b>
ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА Тазиев Денис Русланович Данзанов Дмитрий Васильевич Павлова Светлана Валерьевна	26
<b>Физико-математические науки</b>	<b>30</b>
<b>Раздел 2. Математика</b>	<b>30</b>
<b>2.1. Вычислительная математика</b>	<b>30</b>
ВВЕДЕНИЕ В ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЕГО СВЯЗЬ С МАТЕМАТИКОЙ Муратова Жансая Муратовна Илиясова Гулжибек Куат кизи	30
<b>Раздел 3. Физика</b>	<b>35</b>
<b>3.1. Физика полупроводников</b>	<b>35</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПРОВОДИМОСТИ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ БЕНТОНИТА И ПОЛИЭТИЛЕНА (ПВДФ) Иманова Севиндж Рамазановна	35

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### РАЗДЕЛ 1.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### 1.1. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

#### АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР АЛГОРИТМОВ И МОДЕЛЕЙ В РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

*Конашенков Александр Андреевич*

*аспирант,*

*Ростовский государственный*

*экономический университет (РИНХ),*

*РФ, г. Ростов-на-Дону*

#### ANALYTICAL REVIEW OF ALGORITHMS AND MODELS IN THE RECOMMENDATION SYSTEM

*Alexander Konashenkov*

*Graduate student,*

*Rostov State University of Economics (RINH),*

*Russia, Rostov-on-Don*

**Аннотация.** В данной работе освещаются современные подходы к управлению производственными процессами с акцентом на использование интеллектуальных рекомендательных систем (РС) для повышения их эффективности. Объектом исследования являются процессы управления производством, которые требуют внедрения инновационных технологий для повышения конкурентоспособности и оптимизации ресурсов. Прделанная работа подчеркивает важность внедрения

интеллектуальных систем в производственные процессы для достижения высокой эффективности и конкурентоспособности предприятий в условиях современных экономических реалий.

**Abstract.** This paper highlights modern approaches to the management of production processes with an emphasis on the use of intelligent recommendation systems (MS) to improve their efficiency. The object of the research is production management processes that require the introduction of innovative technologies to increase competitiveness and optimize resources. The dissertation emphasizes the importance of introducing intelligent systems into production processes to achieve high efficiency and competitiveness of enterprises in modern economic conditions.

**Ключевые слова:** интеллектуальные рекомендательные системы, оптимизация процессов, информационные технологии, анализ данных, машина обучения, персонализированные списки.

**Keywords:** intelligent recommendation systems, process optimization, information technology, data analysis, learning machine, personalized lists.

В последние годы, с развитием технологий и изменением экономических условий, появились различные подходы к управлению производственными процессами, которые обеспечивают конкурентоспособность и эффективность предприятий.

Одним из них является интуитивный подход подразумевает использование опыта и интуиции менеджеров при принятии решений. Он основан на личном восприятии рынка и потребностей клиентов. Хотя данный метод может быть быстрым и гибким, он не всегда обеспечивает систематический подход и научную обоснованность принимаемых решений.

С развитием информационных технологий происходит интеграция интеллектуальных систем в процессы управления производством. Например, использование Интернета вещей (IoT) позволяет собирать данные в реальном времени с различных этапов производственного процесса, что предоставляет возможность для анализа и последующей оптимизации [1].

Сегодня рекомендательные системы (РС) становятся неотъемлемой частью современной экономики, их применение охватывает широкий спектр секторов, включая электронную коммерцию, развлечения, здравоохранение и образование. Современные алгоритмы, основанные на методах машинного обучения и аналитики больших данных, позволяют значительно повысить эффективность и точность рекомендаций.

Сервисы потокового вещания, такие как Netflix и Spotify, также активно применяют рекомендательные системы. Netflix, например, использует алгоритмы, которые анализируют поведения миллионов пользователей для создания персонализированных списков рекомендаций.

Социальные сети также активно интегрируют рекомендательные системы для улучшения пользовательского взаимодействия. Например, ВКонтакте, использует алгоритмы для отображения контента, который, вероятно, будет наиболее интересен пользователям. Согласно данным, собранным в 2023 году, более 60% пользователей социальных сетей заинтересованы в контенте, предложенном на основе рекомендаций, что способствует увеличению времени, проводимого на платформах [2].

Рекомендательные системы (РС) представляют собой один из наиболее динамично развивающихся аспектов искусственного интеллекта, играя важную роль в различных отраслях, от электронной коммерции до медицины. В основе их работы лежат технологии машинного обучения (МЛ), которые позволяют анализировать большие объемы данных и извлекать ценные инсайты о предпочтениях пользователей и их поведении. Данная работа направлена на исследование современных технологий МЛ, используемых в разработке РС, а также их применение в реальных случаях.

Рекомендательные системы можно классифицировать на три основных типа: коллаборативная фильтрация (КФ), контентная фильтрация, гибридный метод [1].

Коллаборативная фильтрация основывается на анализе взаимодействий между пользователями и объектами. Один из наиболее известных методов КФ – метод матричной факторизации, который позволяет определить скрытые факторы, влияющие на предпочтения пользователей. Алгоритмы, такие как Singular Value Decomposition (SVD) и Alternating Least Squares (ALS), широко используются для разработки таких моделей [3].

Контентная фильтрация основывается на характеристиках объектов и взаимодействиях с ними. Здесь используется информация о свойствах товара (например, жанр фильма, автор книги) для создания рекомендаций [3].

Гибридные методы объединяют в себе преимущества коллаборативной и контентной фильтрации, что позволяет значительно повысить точность рекомендаций. Современные алгоритмы, такие как Factorization Machines и глубокие нейронные сети, позволяют созда-

вать более сложные модели, которые учитывают взаимодействия разных типов данных.

К выбору подхода к разработке РС необходимо подходить с учетом специфики задачи, доступных данных и пожеланий пользователей. Коллаборативная фильтрация, контентная фильтрация и гибридные методы имеют свои уникальные преимущества и ограничения, которые следует учитывать при проектировании эффективных рекомендательных систем [4].

Преимущества использования машинного обучения в рекомендательных системах для управления производством

1. Анализ больших объемов данных. МЛ-алгоритмы могут обрабатывать и анализировать огромные объемы данных, что позволяет выделять скрытые зависимости и паттерны, которые традиционные методы не могут выявить;

2. Персонализация. рекомендательные системы могут учитывать уникальные предпочтения и поведение пользователей.

3. Повышение эффективности. Оптимизация процессов на основе предсказаний помогает снизить затраты, сократить время простоя и улучшить управление ресурсами.

4. Адаптивность. Модели машинного обучения могут адаптироваться к изменениям в данных и условиях работы, что делает системы более устойчивыми и эффективными [5].

5. Улучшение клиентского опыта. За счет персонализированных рекомендаций производственные компании могут лучше удовлетворять потребности клиентов, что может привести к повышению лояльности и увеличению продаж.

Недостатки использования машинного обучения в рекомендательных системах для управления производством:

1. Сложность реализации. Разработка эффективной модели требует высокой квалификации специалистов в области данных, что может быть затруднительным для компаний, не имеющих соответствующих ресурсов [4].

2. Необходимость в качественных данных. Модели машинного обучения требуют большого количества чистых и последовательных данных для обучения [1].

3. Проблемы интерпретируемости. Некоторые алгоритмы, особенно глубокие нейронные сети, могут быть «черными ящиками», что затрудняет понимание того, как они принимают решения.

4. Проблема переобучения. Модели могут переобучаться на выборке, что приводит к плохой обобщающей способности на новых данных.

5. Зависимость от новых технологий. Быстрое развитие технологий может вызвать необходимость постоянного обновления и адаптации используемых моделей, что требует дополнительных ресурсов и времени [3].

6. Этика и конфиденциальность данных. Использование данных клиентов и сотрудников может вызвать опасения по поводу конфиденциальности и этических норм, особенно если данные обрабатываются без явного согласия.

Анализ преимуществ и недостатков применения машинного обучения в интеллектуальных рекомендательных системах для управления производством показывает, что при правильной реализации и наличии качественных данных, эти системы способны значительно повысить эффективность производственных процессов. Однако необходимо учитывать и потенциальные риски, такие как сложность внедрения, необходимость в квалифицированных кадрах и проблемы с интерпретируемостью моделей.

### Список литературы:

1. Данилова Н.В. Анализ данных. Машинное обучение : Машинное обучение : учебное пособие / Н.В. Данилова, Г.И. Белявский ; ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Южный федеральный университет". – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2020. – 146 с.
2. Олимпиада Национальной технологической инициативы. Т. 3. Большие данные и машинное обучение = Олимпиада НТИ [Текст] : [сборник задач Олимпиады НТИ-2017 по профилю: "Большие данные и машинное обучение"] / группа авторов под редакцией Николаенко А.В. – Москва : Ваш формат, 2017. – 79 с.
3. Харрисон М. Машинное обучение : карманный справочник : краткое руководство по методам структурированного машинного обучения на Python / Мэтт Харрисон ; перевод с английского и редакция В.А. Коваленко. – Москва : Диалектика ; Санкт-Петербург : Диалектика, 2020. – 312 с.
4. Целых А.Н. Извлечение знаний методами машинного обучения : учебное пособие по курсам "Модели и методы инженерии знаний", "Методы машинного обучения" / А.Н. Целых, Э.М. Котов ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Южный федеральный университет", Инженерно-технологическая академия. – Ростов-на-Дону : Изд-во Южного федерального ун-та, 2022. – 103 с.

5. Шицелов А.В. Программная реализация математических моделей машинного обучения : лабораторный практикум по использованию математических моделей для машинного обучения с использованием языка программирования Python для бакалавров, магистрантов, обучающихся по направлениям: 09.03.01 "Информатика и вычислительная техника", 09.03.04 "Программная инженерия", 09.06.01 "Информатика и вычислительная техника", профиль: Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ / А.В. Шицелов, В.М. Татьянкин, С.Н. Шергин ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Югорский государственный университет", Институт цифровой экономики. – Ханты-Мансийск : ЮГУ, 2021. – 51 с.

## 1.2. КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

### ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ГАЗСОДЕРЖАНИЯ ПРИ ДВУХФАЗНОЙ ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ ПРОМЫВКЕ

*Лебедева Елена Геннадьевна*

*канд. техн. наук,  
Северный арктический Федеральный университет  
им. М.В. Ломоносова, институт судостроения  
и морской арктической техники,  
РФ, г. Северодвинск*

### SELECTION OF THE OPTIMAL GAS CONTENT DURING TWO-PHASE PULSATING FLUSHING

*Elena Lebedeva*

*Candidate of Technical Sciences,  
Lomonosov Northern Arctic Federal University,  
Institute of Shipbuilding and Marine Arctic Engineering,  
Russia, Severodvinsk*

**Аннотация.** При промывке протяженных судовых систем может быть использован смешанный двухфазный поток воды и воздуха. Данный способ промывки судовых систем имеет хорошую перспективу для внедрения на производстве. Для разработки технологии промывки систем пульсирующим двухфазным потоком необходимо определить оптимальное газосодержание. Количество воздуха поступающее в промываемую систему может быть определено в соответствии с возможностями промывочного насоса.

**Abstract.** When flushing extended ship systems, a mixed two-phase flow of water and air can be used. This method of washing marine systems has a good prospect for implementation in production. To develop a technology for flushing systems with a pulsating two-phase flow, it is necessary to determine the optimal gas content. The amount of air entering the flushing system can be determined according to the capabilities of the flushing pump.

**Ключевые слова:** промывка систем, двухфазный поток, газосодержание.

**Keywords:** flushing of systems, two-phase flow, gas content.

При промывке систем двухфазным потоком в исследовании [1], остался не выясненным вопрос об оптимальном содержании воздуха в промывочной смеси. Содержание воздуха в потоке воды определяется не только условиями флотации, которое выражается количеством воздуха по отношению к частицам загрязнений. Но в первую очередь обусловлено возможностями промывочного насоса, осуществляющего прокачку промывочной среды по промываемым трубопроводам. Поэтому, необходимо установить условие, при котором будут обеспечиваться равновесная работа механизма на промываемую сеть.

Для определения условий равновесной работы насоса на промываемую сеть воспользуемся графо – аналитическим методом [5]. Графо – аналитический метод предполагает совмещение двух характеристик: промывочного насоса и промываемой системы с целью нахождения рабочей точки системы.

Для определения рабочей точки системы необходимо установить энергетический и материальный балансы:

$$\begin{cases} Q_H = Q_C \\ H_H = H_C \end{cases}$$

где  $Q_H$  и  $H_H$  подача и напор, создаваемый насосом,  $Q_C$  и  $H_C$  расход и потребный напор сети.

Для определения потребного напора сети построим характеристику промываемого трубопровода:

$$H_C = Z_{ст} + KQ^2.$$

где  $Z_{ст}$  – статический напор, определяемый геометрией сети,  $KQ^2$  – часть характеристики, определяемой сопротивлением сети ( $K$  – коэффициент сопротивления сети).

Значение  $KQ^2$  может быть определено через потери давления в двухфазном потоке:

$$KQ^2 = \frac{\Delta p_{потери.см}}{\rho_{см}g}$$

где  $\rho_{см}$  – плотность промывочной смеси,  $\Delta p_{потери.см}$  – потери давления при транспортировке двухфазной смеси.

Потери давления  $\Delta p_{потери.см}$  при транспортировке двухфазного потока, могут быть потрачены на преодоление местных сопротивлений  $\Delta p_{м.с.см}$  и на трение  $\Delta p_{тр.см}$ :

$$\Delta p_{потери.см} = \Delta p_{тр.см} + \Delta p_{м.с.см}$$

Для определения  $\Delta p_{\text{тр.см}}$  воспользуемся данными приведенными в статье [2]. Потери давления на транспорт двухфазного потока в соответствии с [2] определяются по формуле:

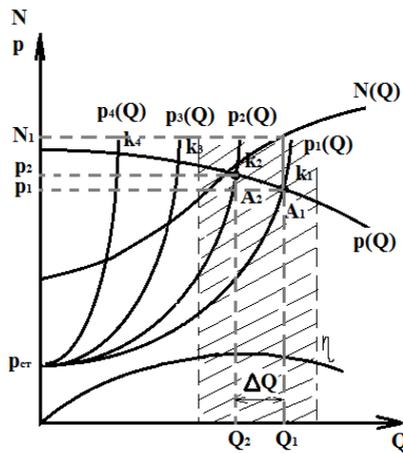
$$\Delta p_{\text{тр.см}} = \lambda_{\text{см}} \left[ \left( \frac{\rho'}{\rho''} - 1 \right) k + 1 \right] \rho' \frac{v_0^2 L}{2 d_{\text{вн}}}.$$

Где  $k$  – массовое газосодержание,  $\rho'$  – плотность жидкости,  $\rho''$  – плотность газовой фазы,  $\lambda_{\text{см}}$  – коэффициент гидравлического трения смеси жидкости и газа,  $v_0$  – средняя скорость однофазного потока,  $L$  – длина промываемых труб,  $d_{\text{вн}}$  – внутренний диаметр промываемых труб.

Поскольку потери давления имеют линейный рост от газосодержания  $k$ , то очевидно, что ограничения в промывочном потоке по  $k$  определяются непосредственно из конкретных возможностей самого промывочного насоса.

Если предположить, что характеристика насоса является неизменной в зависимости от  $k$ , а характеристика промываемого трубопровода меняется в зависимости от  $k$ , то можно получить следующие графики и проследить, чтобы рабочая точка системы попала в рабочее поле данного насоса и соответствовала выбранному режиму при заданной средней скорости промывки. Далее необходимо провести проверку по затратам мощности.

Подбор массового содержания воздуха показан на рисунке 1.

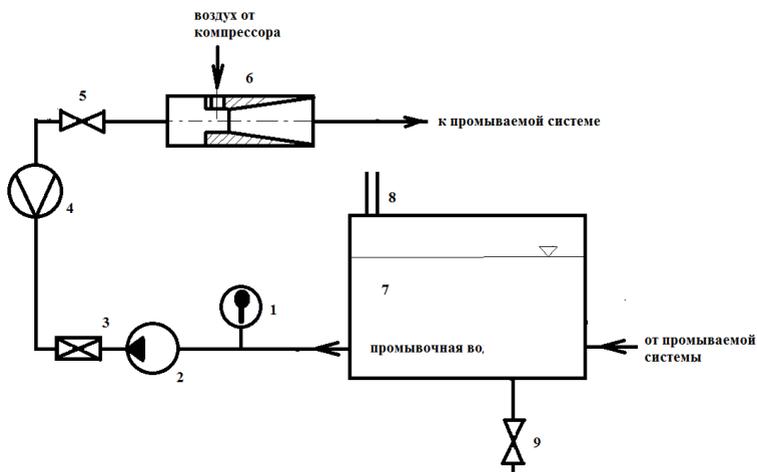


**Рисунок 1. Совместная характеристика промываемой системы и промывочного насоса**

Кривые потребного напора  $p_1(Q)$ - $p_4(Q)$  соответствуют различным значениям массового содержания воздуха  $k_1 - k_4$ , причем  $k_1 < k_2 < k_3 < k_4$ . Кривые потребного напора построены для определенной средней скорости потока в трубопроводе, обеспечивающего наилучшие условия выноса частиц загрязнений, обозначенной  $v_0$ . Заштрихованная область соответствует рабочему полю промывочного насоса (динамического типа). Следовательно, рабочая точка системы (точка пересечения двух характеристик насос и сети) должна попасть в заштрихованную область. На рисунке этому соответствуют кривые потребного напора  $p_1(Q)$  и  $p_2(Q)$ , построенные для  $k_1$  и  $k_2$ . Получаем две рабочие точки  $A_1$  и  $A_2$ , соответственно. Сложность определения рабочей точки системы, в которой перекачивается двухфазный поток, состоит в определении расхода смеси, водной фазы, давления и мощности, развиваемого насосом для перекачивания двухфазного потока.

Для понимания процесса определения максимального массового содержания воздуха необходимо рассмотреть работу насоса на систему.

Через промывочный насос перекачивается промывочная вода. Потом через смеситель в поток воды подается воздух. В результате вместо одной воды к промываемой системе подается смесь воды и воздуха, рисунок 2.



**Рисунок 2. Пример подключения промывочного стенда с использованием двухфазного потока**  
**1 – термометр, 2 – насос, 3 – дроссельный клапан, 4 – расходомер, 5 – клапан проходной, 6 – смеситель, 7 – накопительный бак, 8 – воздушная труба, 9 – сливной клапан**

Например, примем, что  $k_1=0$  соответствует однофазному потоку. Тогда рабочая точка для однофазного потока в промываемой системе  $A_1$  со значениями  $Q_1$ ,  $p_1$ ,  $N_1$ . При подаче в устройство б (смеситель) воздуха от компрессора, средняя скорость смешанного потока в промываемой системе увеличивается в соответствии с формулой, представленной в (4) для средней скорости смеси в зависимости от содержания воздуха  $k$  в потоке:

$$v_{\text{см}} = \left( \left( \frac{\rho'}{\rho''} - 1 \right) k + 1 \right) v_0.$$

При увеличении средней скорости потока и секундного объема смеси в трубопроводе увеличиваются потери давления, то есть кривая идет более круто (например, кривая потребного напора, построенная для  $k_2 > 0$ ). Гидравлический механизм обладает свойством самонастраивания, поэтому промывочный насос при увеличении объема рабочей среды в системе переходит на другую рабочую точку с уменьшением количества выдаваемой среды  $A_2$ . При этом количество смеси в единицу времени в системе остается прежним, то есть  $Q_1=Q_{\text{см}}$ .

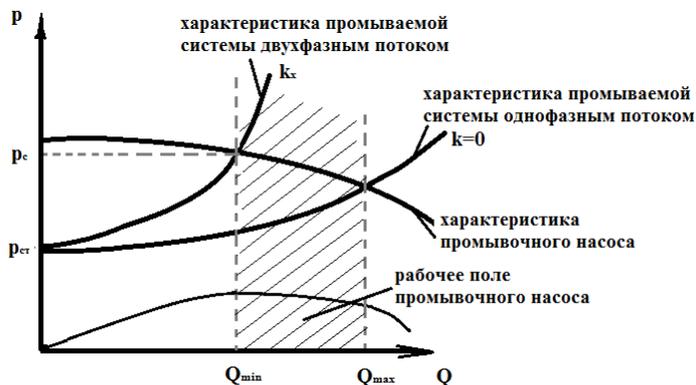
Сохраняя ранее введенные обозначения, запишем  $Q_1=Q_{\text{см}}=Q'+Q''$ . Разница между  $Q_1$  и  $Q_2$  на графике (рисунок 1) обозначен  $\Delta Q$ , которая равна на самом деле секундному объему воздушной фазы  $Q''$ , то есть  $Q_1 - Q_2=Q_{\text{см}}-Q'=Q''$ . При этом давление промывочного насоса соответствует значению  $p_2$ , а мощность насоса определяется по формуле в соответствии с [4] и будет составлять величину большую, чем  $N_1$ . Также определение требуемой мощности можно определить при помощи значений, снятых с графика:

$$N = p_2 Q_{\text{см}}, \text{ Вт}$$

Таким образом, алгоритм определения максимального значения массового содержания воздуха при помощи характеристики промывочного насоса следующий:

1. Построение совмещенных характеристик промывочного насоса и промываемой системы на одном графике с учетом гидростатического давления  $p_{\text{ст}}$ ;

2. Определение рабочей точки системы при условии промывки однофазным потоком со скоростью, установленной в диапазоне  $v_0=3,5-4,0$  м/с (что соответствует наибольшей средней скорости, развиваемой насосом) или максимальной подачи  $Q_{\text{max}}$  развиваемой насосом в пределах рабочего поля по правой границе, рисунок 3;



**Рисунок 3. К определению максимально возможного массового содержания воздуха в смеси**

3. Графическое построение нескольких характеристик системы с учетом разного содержания воздуха в потоке при условии сохранения прежней средней скорости однофазного потока  $v_0$ ;

4. Выбор на графике рабочего поля промывочного насоса;

5. На графике определяем  $Q_{min}$  с учетом левой границы рабочего поля насоса, рисунок 3.

6. Определяем максимально возможное количество воздуха в смеси по объему:  $Q'' = Q_{max} - Q_{min} = Q_{см} - Q'$

7. Далее воспользовавшись предположением, что  $\Delta Q = Q''$ , где  $k_x$  — максимальное значение газа в смеси по массе:

$$\frac{k_x G'}{\rho''(1 - k_x)} = Q_{max} - Q_{min}$$

Считая,  $G' = \rho' Q' = \rho' Q_{min}$ , получаем

$$\frac{k_x \rho' Q_{min}}{\rho''(1 - k_x)} = Q_{max} - Q_{min}$$

Откуда можно определить максимальное массовое содержание воздуха

$$k_x = \frac{\frac{\rho''}{\rho'} Q_{max} - Q_{min}}{1 - \frac{\rho''}{\rho'} \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_{min}}}$$

или

$$k_x = \frac{\rho''(Q_{\max} - Q_{\min})}{\rho'Q_{\min} - \rho''(Q_{\max} - Q_{\min})}$$

8. Далее необходимо провести проверку по давлению и потребной мощности:

$$p_c = \Delta p_{\text{тр.см}} + \Delta p_{\text{м.с.см}} + p_{\text{ст}} = \\ = \xi \left[ \left( \frac{\rho'}{\rho''} - 1 \right) k + 1 \right] \rho' \frac{v_0^2}{2} + \lambda_{\text{см}} \left[ \left( \frac{\rho'}{\rho''} - 1 \right) k + 1 \right] \rho' \frac{v_0^2}{2} \frac{L}{d_{\text{вн}}} + \rho_{\text{см}} g Z_{\text{ст}}, \text{ Па}$$

Для удобства построения характеристики промываемой системы выразим давление в системе в зависимости от объемного расхода жидкости в сети в соответствии с выражением  $v_0 = \frac{Q'}{S} = \frac{Q_{\min}}{S} = \frac{4Q_{\min}}{\pi d_{\text{вн}}^2} =$ :

$$p_c = \Delta p_{\text{тр.см}} + \Delta p_{\text{м.с}} + p_{\text{ст}} = \\ = \left( \xi \left[ \left( \frac{\rho'}{\rho''} - 1 \right) k + 1 \right] + \lambda_{\text{см}} \left[ \left( \frac{\rho'}{\rho''} - 1 \right) k + 1 \right] \frac{L}{d_{\text{вн}}} \right) \frac{\rho'}{2} \frac{16}{\pi^2 d_{\text{вн}}^4} Q_{\min}^2 + \\ + \rho_{\text{см}} g Z_{\text{ст}}, \text{ Па}$$

Мощность двухфазного потока можно оценить, как:

$$N_c = p_c Q_{\max}, \text{ Вт}$$

Поскольку характеристики насоса построены для Н-Q, где значения Н указаны в м.вод.ст., то при проведении проверки можно пользоваться значениями напора  $H_c$ :

$$H_c = \frac{p_c}{\rho_{\text{см}} g} \leq H_N, \text{ м.вод. ст.},$$

где  $H_N$  – значение напора промывочного насоса.

Плотность смеси определяется по формуле [4]:

$$\rho_{\text{см}} = (\rho'' \varphi + \rho'(1 - \varphi))$$

Или через коэффициент  $k$  [2]:

$$\rho_{\text{см}} = \frac{\rho'}{\left( \frac{\rho'}{\rho''} - 1 \right) k + 1}.$$

При попадании рассчитанных значений  $\rho_c$  и  $N$  на графике в рабочие параметры поля промывочного насоса, полученное значение  $k_x$  по формуле:

$$k_x = \frac{\rho''(Q_{\max} - Q_{\min})}{\rho'Q_{\min} - \rho''(Q_{\max} - Q_{\min})}$$

нужно считать максимально возможным при промывке.

Таким образом, проведен этап теоретической подготовки к выполнению опытных работ по промывке судовых систем в плане определения массового содержания воздуха в промывочном двухфазном потоке, определенного по оптимальным характеристикам применяемого промывочного насоса.

### Список литературы:

1. Лебедева Е.Г. Интенсификация технологии промывки судовых систем пульсирующим двухфазным потоком: дис. ... канд. тех. наук. – Санкт-Петербург, 2012.
2. Лебедева Е.Г. Определение потерь давления при промывке трубопроводов двухфазным потоком // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2023. – № 3. – С. 33–38.
3. Лебедева Е.Г. Определение средней скорости двухфазной смеси, обеспечивающей промывку судовых систем, в зависимости от содержания воздуха в потоке // Судостроение. – 2023. – № 3 (868). – С. 39–42.
4. Лебедева Е.Г. Теоретическое определение затрат энергии при промывке трубопроводов потоком двухфазной смеси // Судостроение. – 2024. – № 1 (872). – С. 36–39.
5. Хордас Г.С. Расчеты общесудовых систем: справочник. – Ленинград: Судостроение, 1983. – 440 с.

### 1.3. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

#### ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ШАРНИРНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ НА СКОРОСТЬ СВАРКИ ТРУБОПРОВОДОВ

*Лукьянов Александр Сергеевич*

*аспирант*

*кафедры «Технология машиностроения»,  
Белгородский Государственный Технологический  
Университет им. В.Г.Шухова,  
РФ, г. Белгород*

#### INFLUENCE OF THE NUMBER OF ARTICULATED MANIPULATORS ON THE WELDING SPEED OF PIPELINES

*Alexander Luk'yanov*

*Postgraduate student*

*of the Department of Mechanical Engineering,  
Belgorod State Technological University  
named after V.G.Shukhov,  
Russia, Belgorod*

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема производительности при выполнении сварочных работ одним шарнирным манипулятором. Произведен обзор существующих комплексов для сварки, что позволило оценить текущее состояние технологий и понять их недостатки, рассмотрены теоретические аспекты работы шарнирных манипуляторов, включая их конструктивные особенности, принципы работы и области применения. С помощью современных программных средств будет осуществлено моделирование различных конфигураций манипуляторов, позволяющее оценить их влияние на скорость сварки.

**Abstract.** The article considers the problem of productivity when performing welding works with one articulated manipulator. A review of existing welding complexes was made, which allowed us to assess the current state of technology and understand their shortcomings, theoretical aspects of the operation of articulated manipulators, including their design features,

operating principles and areas of application, were considered. Using modern software, various configurations of manipulators will be simulated, allowing us to assess their impact on welding speed.

**Ключевые слова:** шарнирные манипуляторы, сварка, автоматизация, робототехника, моделирование.

**Keywords:** articulated manipulators, welding, automation, robotics, simulation.

Сварка трубопроводов является одной из ключевых операций в различных отраслях промышленности, включая нефтегазовую, энергетическую и строительную. Эффективность и качество сварочных работ напрямую влияют на надежность и безопасность функционирования трубопроводных систем. В последние годы наблюдается рост интереса к автоматизации сварочных процессов, что связано с необходимостью повышения производительности, снижения трудозатрат и минимизации человеческого фактора, который может привести к ошибкам и авариям. В этом контексте шарнирные манипуляторы, обладающие высокой гибкостью и точностью, становятся все более популярными инструментами для выполнения сварочных операций.

Актуальность данного исследования обусловлена тем, что неоптимальное количество шарнирных манипуляторов может существенно снизить эффективность и безопасность процессов сварки трубопроводов. Важно понимать, как различные конфигурации манипуляторов влияют на скорость сварки, а также на качество соединений, что в свою очередь может привести к значительным экономическим потерям и рискам для здоровья и жизни людей. В связи с этим, исследование зависимости количества шарнирных манипуляторов на скорость сварки трубопроводов представляет собой актуальную задачу, требующую комплексного подхода и глубокого анализа.

В рамках данной работы будут освещены несколько ключевых тем, которые помогут глубже понять предметную область и выявить основные закономерности. В первую очередь, будет проведен обзор существующих решений в области сварки трубопроводов, что позволит оценить текущее состояние технологий и выявить их недостатки. Далее, будут рассмотрены теоретические аспекты работы шарнирных манипуляторов, включая их конструктивные особенности, принципы работы и области применения. Это создаст основу для дальнейшего анализа и моделирования.

Методология моделирования конфигураций манипуляторов станет следующим важным этапом исследования. С помощью современ-

ных программных средств будет осуществлено моделирование различных конфигураций манипуляторов, что позволит проанализировать их влияние на скорость сварки. Важно отметить, что моделирование не только помогает визуализировать процессы, но и позволяет проводить численные эксперименты, что значительно ускоряет процесс исследования.

Анализ влияния конфигураций манипуляторов на скорость сварки будет осуществлен с использованием полученных данных, что позволит выявить оптимальные решения для различных условий эксплуатации. Важным аспектом работы станет экспериментальная проверка гипотез, выдвинутых на основе теоретических и моделирующих исследований. Проведение реальных экспериментов позволит подтвердить или опровергнуть полученные результаты, что является необходимым шагом для повышения достоверности выводов.

Кроме того, работа будет посвящена оптимизации проектирования кранов-манипуляторов, что может привести к значительному улучшению их эксплуатационных характеристик. В заключение, будут рассмотрены перспективы дальнейших исследований в данной области, что позволит определить направления для будущих разработок и усовершенствований.

Таким образом, данное исследование направлено на комплексный анализ зависимости количества шарнирных манипуляторов на скорость сварки трубопроводов, что имеет важное значение для повышения эффективности и безопасности сварочных процессов. Результаты работы могут быть полезны как для научного сообщества, так и для практиков, занимающихся проектированием и эксплуатацией сварочного оборудования.

Увеличение грузоподъемности манипуляторов достигнуто за счет использования современных технологий и материалов. Исследования показывают, что современные конструкции могут поддерживать нагрузки до 1500 кг, что значительно превышает ранее допустимые пределы. Специальные методы расчета, включая метод конечных элементов, позволяют оптимизировать прочностные характеристики, что является критически важным для надежности в рабочем процессе [5].

Внедрение новых технологий позволяет сократить время на выполнение сварочных работ, что непосредственно влияет на скорость выполнения проекта. Надежность и эффективность манипуляторов становятся решающими для достижения высоких показателей производительности при сварке трубопроводов. Исследования показывают, что применение шарнирных манипуляторов позволяет оптимизировать временные затраты и повысить общую производительность операций по сварке.

Шарнирные манипуляторы представляют собой сложные механизмы, используемые для выполнения ряда операций, включая сварку трубопроводов. Основные элементы этих манипуляторов включают звенья, которые соединены с помощью шарниров, что обеспечивает высокую степень свободы движения. Это свойство делает их особенно полезными в различных промышленных приложениях, таких как сборка, покраска и вышеупомянутая сварка [2].

Механическая структура шарнирных манипуляторов может варьироваться в зависимости от их назначения. К примеру, конструкция может позволять выполнять как линейные, так и кружные движения. Различные конструкции приводов, принятие решения о которых осуществляется на этапе проектирования, играют важную роль в повышении эффективности манипуляторов. Приводы могут быть основаны на электрических или гидравлических системах, причем каждый из них имеет свои уникальные преимущества и недостатки. Гидравлические системы, например, обладают высокой мощностью и могут справляться с тяжелыми нагрузками, тогда как электрические приводы чаще используются из-за своей компактности и точности [10].

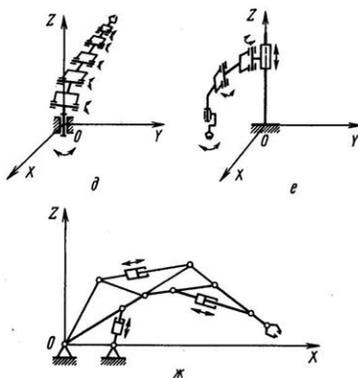
Управление шарнирными манипуляторами основано на математическом моделировании и алгоритмах, позволяющих определять траектории движения. Для обеспечения высокого уровня точности и скорости выполнения операций необходимы эффективные стратегии управления, которые обычно разрабатываются на основе достижения целевых параметров, таких как скорость и качество сварки. В этом контексте исследования, посвященные управлению движением манипуляторов с учетом их динамики, становятся крайне актуальными [4].

Динамика шарнирных манипуляторов имеет свои нюансы, включающие анализ нелинейных свойств. При выполнении сложных вставок работы часто сталкиваются с проблемами потери устойчивости и точности, особенно на больших расстояниях от точки опоры. Такие вызовы требуют применения сложных методов для предсказания поведения манипулятора в динамическом режиме, что напрямую сказывается на качестве сварки [1].

Что касается самих манипуляторов, их конструкция может включать не только стандартные элементы, но и такие инновационные решения, как изменение длины звеньев или возможность работы в различных плоскостях. Это позволяет адаптировать манипуляторы для работы в узких или ограниченных пространствах, которые часто встречаются в трубопроводном строительстве. Например, возможность вращения и изменения положения звеньев позволяет манипулятору

изменять угол сварки, что критически важно для достижения качественного соединения [9].

На рисунке 1 представлены типовые кинематические схемы шарнирного манипулятора.



**Рисунок 1. Кинематические схемы манипуляторов:  
д – с избыточностью, е – SCARA, ж – схема гидравлического  
манипулятора с ветвлением кинематической цепи**

Конфигурация шарнирных манипуляторов влияет на скорость сварки трубопроводов с точки зрения множества факторов, среди которых важным аспектом является совместимость рабочего процесса манипулятора и процесса сварки. Различные конфигурации позволяют манипуляторам адаптироваться к специфическим условиям и требованиям выполнения сварочных работ. Например, центральное место в этом механизме занимает управление угловыми скоростями вращения изделия, что влияет на потенциальную скорость, при которой осуществляется сварка. Скорость сварки, как указывается в работах, определяется следующим образом:  $V_{св.} = a_n \times I_{св} \times 3600 \times g \times F_n$  [6]. Отметим, что каждый из параметров формулы играет свою уникальную роль в формировании общей скорости сварочного процесса.

В зависимости от типа манипулятора, скорость сварки может варьироваться. К примеру, в конструкции сварочных позиционеров и кантователей необходимо обеспечить возможность поворота изделий в удобное положение, что влияет на время, затрачиваемое на переналадку оборудования. Современные манипуляторы также могут включать электрические приводы, которые назначены для точного контроля угла поворота и производительности при сварке. Такой под-

ход позволяет значительно повысить скорость работы манипулятора, минимизируя время, затрачиваемое на переходы между разными этапами сварки [3].

Оптимизация процесса сварки достигается благодаря грамотно настроенному оборудованию. Правильная конфигурация манипуляторов и адекватная автоматизация процессов, связанных с сваркой, позволяют не только повысить производительность, но и улучшить качество швов на деталях, имеющих сложные формы. Установки, использующие различные варьируемые углы наклона и скорость вращения, способствуют качественной обработке даже труднодоступных мест [8].

Кроме того, использование различных систем управления, таких как цифровые контроллеры, способствует интеграции манипуляторов в общую систему автоматизации сварочных процессов. Они позволяют производить настройки работы манипуляторов на лету, что хорошо сказывается на производительности и качестве выполненной работы. Таким образом, манипуляторы, спроектированные с учетом максимальной оперативности и точности, вправе считаться неотъемлемой частью обеспечения нормальной работы всего сварочного процесса [7].

Проведение экспериментальных исследований стало ключевым этапом в подтверждении предположений относительно влияния количества шарнирных манипуляторов на скорость сварки трубопроводов. В текущем контексте следует отмечать, что использование нескольких манипуляторов позволяет существенно улучшить качество и эффективность процессов, связанных со сваркой различных конструкций.

**Таблица 1.**

**Данные экспериментальных исследований скорости сварки шарнирным манипулятором KUKA KR6**

Толщина материала, мм	Скорость сварки			
	Наименьшая		Наибольшая	
	В см/м	В м/ч	В см/м	В м/ч
2,8	10	6	13	7,8
2,0	11	6,6	15	9,0
1,6	13	7,8	18	10,8
1,3	18	10,8	25	15,0

В ходе экспериментов исследовались различные конфигурации сварочного робота, основанные на применении шарнирных манипуляторов. Сравнение производительности было осуществлено на основе различных сценариев, что позволило выявить оптимальное количество манипуляторов для достижения максимальной скорости сварки. Каж-

дая конфигурация манипуляторов вносила свои особенности в динамику сварочного процесса, что подтверждает важность выбора их конструкции в зависимости от специфики выполняемых задач [3].

Наиболее заметное влияние на скорость сварки оказали параметры, такие как сила сварочного тока и напряжение на дуге. Установлено, что увеличение числа манипуляторов положительно сказывается на стабильности этих параметров, что в свою очередь ведет к улучшению геометрических характеристик сварного шва. Ставя акцент на технику управления, можно утверждать, что именно рациональное распределение задач между манипуляторами определяет общую производительность. Например, когда один манипулятор отвечает за контроль положения, а другой – за сам процесс сварки, достигается лучшая координация, что приводит к быстрейшему окончанию процедуры [8].

В заключение, исследование в области шарнирных манипуляторов имеют множество направлений, которые должны быть рассмотрены для более глубокой интеграции этих технологий в процессы сварки трубопроводов. Совершенствование конструкций, оптимизация систем управления и использование новых материалов позволят не только повысить скорость сварки, но и качество выполняемых работ, что является крайне важным в условиях современного производства. Это создает значительные перспективы для дальнейших исследований и внедрения новых решений в этой области.

### Список литературы:

1. Бабоченко Наталья Владимировна Шарнирно-стержневой робот манипулятор и электрогидравлическая система управления // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2016. №1 (4). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sharnirno-sterzhnevoy-robot-manipulyator-i-elektrogidravlicheskaya-sistema-upravleniya> (30.12.2024).
2. БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА [Электронный ресурс] // dspace.tltsu.ru – Режим доступа: [https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/7654/1/журавский\\_д.\\_ю.\\_элб-1401.pdf](https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/7654/1/журавский_д._ю._элб-1401.pdf), свободный. – Загл. с экрана
3. К.И. Сёмкин Оптимальное управление манипулятором изделия при сварке группированных швов // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. 2005. №1 (9). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimalnoe-upravlenie-manipulyatorom-izdeliya-pri-svarke-gruppirovannyh-shvov> (30.12.2024).
4. Направление подготовки 27.03.04 Управление в технических... [Электронный ресурс] // earchive.tpu.ru – Режим доступа: <https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/39602/1/tpu390907.pdf>, свободный. – Загл. с экрана

5. Павлов Павел Юрьевич Автоматизации процесса сварки трубопроводов на авиастроительном производстве с помощью роботизированных сварочных комплексов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. №1-5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsii-protsessa-svarki-truboprovodov-na-aviastroitelnom-proizvodstve-s-pomoschyu-robotizirovannyh-svarochnyh-kompleksov> (30.12.2024).
6. Расчёт режимов сварки сварочного робота на базе [Электронный ресурс] // [alley-science.ru](http://alley-science.ru) – Режим доступа: [https://alley-science.ru/domains\\_data/files/3november2020/raschyot\\_rezhimov\\_svarki\\_svarochnogo\\_robota\\_na\\_baze\\_gibkogo\\_manipulyatora.pdf](https://alley-science.ru/domains_data/files/3november2020/raschyot_rezhimov_svarki_svarochnogo_robota_na_baze_gibkogo_manipulyatora.pdf), свободный. – Загл. с экрана
7. Сварочные позиционеры, манипуляторы, вращатели, колонны... [Электронный ресурс] // [ppt-online.org](http://ppt-online.org) – Режим доступа: <https://ppt-online.org/508042>, свободный. – Загл. с экрана
8. Том 1 № 1-4 [Электронный ресурс] // [libeldoc.bsuir.by](http://libeldoc.bsuir.by) – Режим доступа: [https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/30859/1/siomkin\\_optimal.pdf](https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/30859/1/siomkin_optimal.pdf), свободный. – Загл. с экрана
9. ШАРНИРНЫЙ ГРУЗОПОДЪЕМНЫЙ МАНИПУЛЯТОР. Российский... [Электронный ресурс] // [patenton.ru](http://patenton.ru) – Режим доступа: <https://patenton.ru/patent/ru2728850c1>, свободный. – Загл. с экрана
10. RU2751782C1 – шарнирный платформенный манипулятор [Электронный ресурс] // [yandex.ru](http://yandex.ru) – Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/ru2751782c1\\_20210716](https://yandex.ru/patents/doc/ru2751782c1_20210716), свободный. – Загл. с экрана

## 1.4. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

### ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

**Тазиев Денис Русланович**

студент 2-го курса  
отделения Электротяговое хозяйство  
Улан-Уденского колледжа  
железнодорожного транспорта,  
РФ, г. Улан-Удэ

**Данзанов Дмитрий Васильевич**

студент 2-го курс  
отделения Электротяговое хозяйство  
Улан-Уденского колледжа  
железнодорожного транспорта,  
РФ, г. Улан-Удэ

**Павлова Светлана Валерьевна**

руководитель,  
преподаватель высшей категории,  
отделения Электротяговое хозяйство  
Улан-Уденского колледжа  
железнодорожного транспорта,  
РФ, г. Улан-Удэ

**Аннотация.** В статье рассматривается конструкция двигателя постоянного тока, произведен расчет основных параметров двигателя постоянного тока, рассмотрены преимущества и недостатки двигателя постоянного тока.

**Ключевые слова:** двигатель, постоянный ток, коллектор, щётки.

Двигатели постоянного тока используются в качестве тяговых на электротранспорте, для привода грузоподъемных механизмов, в аккумуляторном электроинструменте. У них хорошие пусковые характеристики и легко поддаются регулировке частоты вращения. Сегодня мы рассмотрим принцип работы и устройство двигателей постоянного тока.

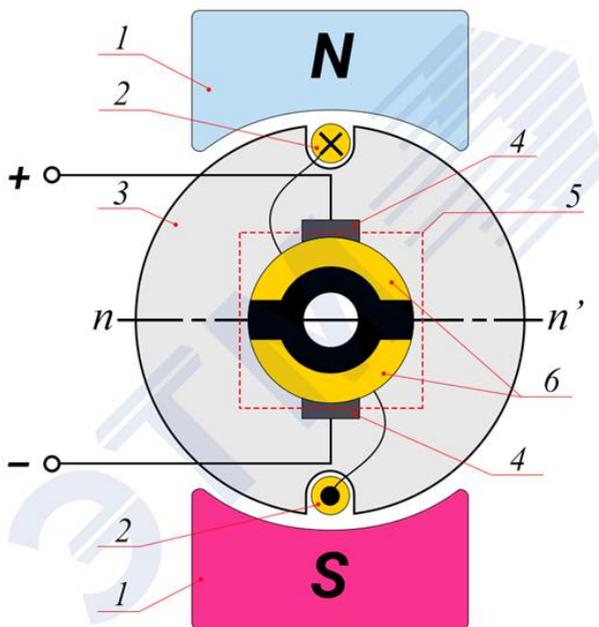
## Принцип работы

Простейший двигатель постоянного тока (ДПТ) состоит из неподвижной части – статора, и подвижной вращающейся части – ротора. На его статоре расположен постоянный магнит, а на роторе расположена обмотка. Ротор двигателя постоянного тока ещё называют якорем.

На роторе расположен магнитопровод с обмоткой и щёточно-коллекторный узел. Последний состоит, как видно из названия, из коллектора и щётки:

1. Коллектор – это набор контактов, расположенных на круглом роторе, они же называются «ламели».

2. Щётки – это скользящие неподвижные контакты, прижатые к коллектору. Они нужны для подачи тока на вращающийся якорь в двигателе или снятия тока в генераторах.



**Рисунок 1. Устройство простейшего двигателя постоянного тока:**  
1 – полюса постоянного магнита; 2 – обмотка якоря,  
3 – якорь или ротор, 4 – щетки, 5 – щеточно-коллекторный узел,  
6 – ламели на коллекторе

### Схемы соединения обмоток

Во многом характеристики и особенности работы двигателей постоянного тока зависят от схемы соединения обмотки якоря и обмотки возбуждения различают 4 основных схемы:

1. **Независимое возбуждение.** Якорь и обмотка возбуждения питаются от разных источников, обмотка возбуждения питается от возбuditеля.

2. **Параллельное возбуждение.** Обмотка возбуждения и якорь подсоединены параллельно.

3. **Последовательное возбуждение.** Якорь и обмотка возбуждения соединены последовательно.

4. **Смешанное возбуждение.** В этом случае у двигателя есть две обмотки возбуждения, одна соединяется с якорем параллельно, а вторая – последовательно.

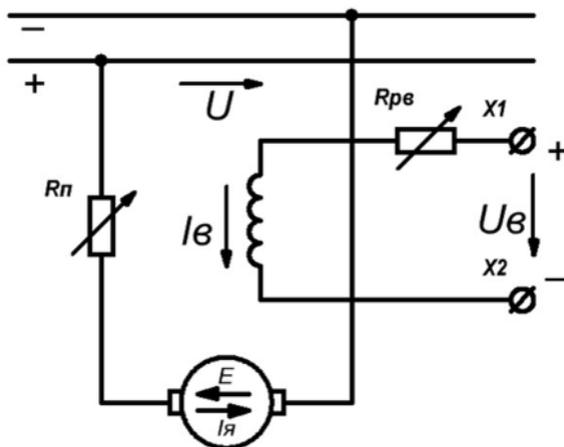


Рисунок 2. Схема двигателя с независимым возбуждением

### Преимущества и недостатки

#### К достоинствам относится:

Линейная зависимость характеристик электродвигателей постоянного тока (прямые линии) упрощающие управление;  
Легко регулируемая частота вращения;  
хорошие пусковые характеристики;  
компактные размеры.

### **Недостатки:**

ограниченный ресурс коллектора и щёток;

дополнительная трата времени на профилактическое обслуживание, связанное с поддержанием коллекторно-щёточных узлов;

ввиду того, что мы пользуемся сетями с переменным напряжением, возникает необходимость выпрямления тока;

дороговизна в изготовлении якорей.

**Вывод.** Двигатели постоянного тока широко используются там, где нужен хороший пусковой момент или возможность регулировки частоты вращения в широких пределах. Благодаря этому они нашли широкое применение и в ручном аккумуляторном инструменте, где возбуждение происходит за счёт постоянных магнитов, а не обмоток и для регулировки оборотов просто изменяется напряжение питания, с помощью ШИМ-регулятора, встроенного в кнопку пуска.

Но есть и свои недостатки, хотя бы в том, что щётки и сам коллектор имеют конечный ресурс. Щётки стираются, а пластины коллектора замыкают из-за угольной пыли со щёток, и сами они также стачиваются в процессе работы. При дефекте поверхности пластин коллектора возникает искрение и круговой огонь. По этим же причинам использование двигателей постоянного тока во взрывоопасных местах ограничено. Поэтому в последнее время ДПП во некоторых сферах вытесняются бесколлекторными двигателями, так называемыми BLDC.

### **Список литературы:**

1. Попов, А.Н. Новые исследования в теории электропривода постоянного тока (комплект из 2 книг) / А.Н. Попов. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 768 с.
2. Розенблат, М.Г. Источники калиброванных напряжений постоянного тока / М.Г. Розенблат, Г.Х. Михайлов. – М.: Энергия, 1976. – 208 с.\
3. Саликов, Л.М. Расчет электрических цепей постоянного тока в установившемся и переходном режимах. Методические указания к выполнению домашней работы по курсу "Электротехника и электроника" / Л.М. Саликов. – М.: Издательство Российского Университета дружбы народов, 2006. – 509 с.
4. Томпсон, С.П. Многофазные электрические токи и двигатели переменного тока / С.П. Томпсон. – М.: Нобель Пресс, 1984. – 166 с.
5. Шенфер, К.И. Динамомшины и двигатели постоянного тока / К.И. Шенфер. – М.: ЁЁ Медиа, 1980. – 540 с.

## **ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

### **РАЗДЕЛ 2.**

### **МАТЕМАТИКА**

#### **2.1. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА**

#### **ВВЕДЕНИЕ В ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ЕГО СВЯЗЬ С МАТЕМАТИКОЙ**

***Муратова Жансая Муратовна***

*старший преподаватель, магистр,  
Западно-Казахстанский  
университет им.М. Утемисова,  
Казахстан, г. Уральск*

***Илиясова Гулжибек Куат кизи***

*студент,  
Западно-Казахстанский  
университет им.М. Утемисова,  
Казахстан, г. Уральск*

#### **INTRODUCTION TO ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ITS CONNECTION WITH MATHEMATICS**

***Zhansaya Muratova***

*Senior Lecturer, Master's Degree,  
M.Utemisov West Kazakhstan University,  
Kazakhstan, Uralsk*

## ***Gulzhibek Iiyassova***

*Student,*

*M. Utemisov West Kazakhstan University,  
Kazakhstan, Uralsk*

**Аннотация.** Статья посвящена роли математики в развитии искусственного интеллекта (ИИ). Описываются основные математические дисциплины, такие как линейная алгебра, теория вероятностей, математический анализ и теория графов, которые лежат в основе ИИ и его методов, включая машинное обучение и глубокое обучение.

**Abstract.** The article is dedicated to the role of mathematics in the development of artificial intelligence (AI). It describes the main mathematical disciplines, such as linear algebra, probability theory, mathematical analysis, and graph theory, which form the foundation of AI and its methods, including machine learning and deep learning.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, математика, машинное обучение, глубокое обучение, линейная алгебра, теория вероятностей, математический анализ, теория графов, интерпретируемость, этика, квантовые вычисления, топологические методы, междисциплинарные исследования.

**Keywords:** artificial intelligence, mathematics, machine learning, deep learning, linear algebra, probability theory, mathematical analysis, graph theory, interpretability, ethics, quantum computing, topological methods, interdisciplinary research.

Искусственный интеллект (ИИ) – это одна из самых стремительно развивающихся областей науки и технологий. Он сочетает достижения в *математике, информатике и статистике, позволяя решать сложные задачи*, которые ранее были подвластны только человеку. ИИ включает в себя машинное обучение, обработку естественного языка, компьютерное зрение, робототехнику и многое другое.

### **Почему математика так важна для ИИ?**

Основу ИИ составляют математические модели и алгоритмы. Без математики было бы невозможно: анализировать большие объёмы данных, выявлять скрытые закономерности, строить прогнозы и принимать оптимальные решения. Простые примеры: распознавание лиц требует работы с многомерными массивами данных, рекомендационные системы используют матричные разложения для создания персо-

нализированных предложений, модели обработки текста используют вероятностные распределения для анализа языка.

### **Машинное обучение: Базис для ИИ**

Машинное обучение (МО) – это направление ИИ, в основе которого лежит способность машин обучаться на данных. Оно позволяет создавать модели, которые адаптируются к новым данным и улучшают свои результаты.

Основные методы машинного обучения:

1. *Классификация* Используется для разделения объектов на категории. Пример: алгоритм наивного Байеса, который определяет, является ли электронное письмо спамом.

2. *Регрессия* Прогнозирование числовых значений. Пример: линейная регрессия помогает предсказать доходы компании на основе затрат.

3. *Кластеризация* Группировка данных без предварительных меток. Пример: алгоритм K-means находит кластеры клиентов для маркетинговых кампаний.

Математический аппарат машинного обучения включает:

- Линейную алгебру (работа с матрицами).
- Теорию вероятностей (определение вероятностей событий).
- Оптимизацию (минимизация ошибок).

### **Глубокое обучение: Новый этап**

Глубокое обучение (ГЛ) – это подмножество МО, которое использует искусственные нейронные сети (ИНС) для решения задач. Эти сети вдохновлены биологическим мозгом и состоят из слоёв нейронов, каждый из которых преобразует данные.

Особенности глубокого обучения:

*Иерархическая обработка данных* ГЛ извлекает высокоуровневые признаки из сырых данных. Пример: в анализе изображений первые слои выделяют границы, а последние – объекты.

*Обратное распространение ошибки* Метод, который позволяет сети обучаться, корректируя свои параметры с помощью градиентного спуска.

*Работа с большими данными* ГЛ требует огромных объёмов данных для обучения. Например, распознавание речи основывается на миллионах часов записей.

Математика, используемая в ГЛ:

- Линейная алгебра для работы с многомерными данными.
- Численные методы для вычисления градиентов.

- Теория вероятностей для обработки неопределённых данных.

ИИ был бы невозможен без математики. Вот ключевые математические дисциплины, которые формируют основу ИИ:

*Линейная алгебра* Матрицы и векторы представляют данные и операции над ними. Пример: векторное представление слов (Word2Vec) позволяет анализировать текстовые данные.

*Математический анализ* используется для оптимизации моделей через минимизацию функции ошибки. Пример: градиентный спуск находит минимумы функции, которые соответствуют лучшим параметрам модели.

*Теория вероятностей* помогает моделировать неопределённости в данных. Пример: Байесовские сети представляют причинно-следственные связи.

*Теория графов* применяется для анализа сетей и взаимосвязей. Пример: поиск кратчайших путей в транспортной системе.

### **Современные вызовы и перспективы**

Основные вызовы:

*Интерпретируемость* Современные модели, особенно глубокие нейронные сети, сложно интерпретировать. Это вызывает вопросы доверия к ИИ.

*Этика и предвзятость* алгоритмы могут быть предвзятыми из-за некачественных данных. Например, система отбора сотрудников может дискриминировать определённые группы.

*Ресурсы* глубокое обучение требует огромных вычислительных мощностей, что делает его недоступным для многих.

Перспективы:

- Квантовые вычисления обещают ускорить обучение моделей.
- Топологические методы позволят анализировать многомерные данные с большей точностью.
- Интердисциплинарные исследования объединяют математику, биологию и физику для создания новых моделей.

Искусственный интеллект сегодня является одной из самых динамично развивающихся областей науки и техники. Он уже изменил подходы к решению сложных задач в медицине, финансах, транспорте, образовании и других сферах. Однако в основе всех этих достижений лежат математические методы, которые обеспечивают разработку, обучение и внедрение моделей ИИ.

Математика играет ключевую роль в развитии искусственного интеллекта. Без её инструментов, таких как линейная алгебра, теория вероятностей, математический анализ и теория графов, невозможно

было бы построить современные модели, которые решают задачи с высочайшей степенью точности. Линейная алгебра обеспечивает работу с многомерными данными, математический анализ помогает минимизировать ошибки, а теория вероятностей позволяет моделировать неопределённости, что критически важно для понимания и прогнозирования поведения систем.

Связь математики и ИИ выходит за пределы классических вычислений. Современные вызовы, такие как необходимость интерпретации моделей, этические вопросы и потребность в огромных вычислительных мощностях, требуют поиска новых математических решений. Например, топологические методы анализа данных, квантовые вычисления и новые подходы к обработке естественного языка открывают перед наукой новые горизонты.

Будущие открытия в области ИИ станут результатом объединения математической строгости, вычислительных мощностей и междисциплинарных исследований. Это не только углубит наше понимание искусственного интеллекта, но и сделает его ещё более полезным и безопасным инструментом для человечества.

### **Список литературы:**

1. Бишоп, К. Распознавание образов и машинное обучение. – М.: ИД “Вильямс”, 2011. – 736 с.
2. Гудфеллоу, И., Бенджио, Й., Курвилль, А. Глубокое обучение. – М.: Издательство “ДМК Пресс”, 2018. – 656 с.
3. Нейман, А. Линейная алгебра и её приложения в машинном обучении. – СПб.: Питер, 2021. – 352 с.
4. Рассел, С., Норвиг, П. Искусственный интеллект: современный подход. – М.: Издательство Вильямс, 2020. – 1440 с.
5. Хейстингс, Р. Введение в теорию вероятностей и её приложения. – М.: Наука, 2019. – 576 с.

## РАЗДЕЛ 3.

### ФИЗИКА

#### 3.1. ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

##### ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПРОВОДИМОСТИ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ БЕНТОНИТА И ПОЛИЭТИЛЕНА (ПВДФ)

*Иманова Севиндж Рамазановна*

*кандидат физических наук,  
Гянджинский государственный университет,  
Азербайджан г. Гянджа*

##### STUDY OF THE CONDUCTION MECHANISM OF THIN FILM COMPOSITES BASED ON BENTONITE AND POLYETHYLENE (PVDF)

*Sevinj Imanova*

*Candidate of Physical Sciences,  
Ganja State University,  
Azerbaijan, Ganja*

**Аннотация.** В настоящей работе обобщены некоторые характеристики механизмов проводимости композитов на основе бентонита и полиэтилена. Изучение механизмов проводимости и переноса носителей в тонкопленочных композитах на основе бентонита и полиэтилена.

**Abstract.** This work summarizes some characteristics of the conductivity mechanisms of composites based on bentonite and polyethylene. Study of the mechanisms of conductivity and carrier transport in thin-film composites based on bentonite and polyethylene.

**Ключевые слова:** бентонит, полимер, варистор, композит.

**Keywords:** bentonite, polymer, varistor, composite.

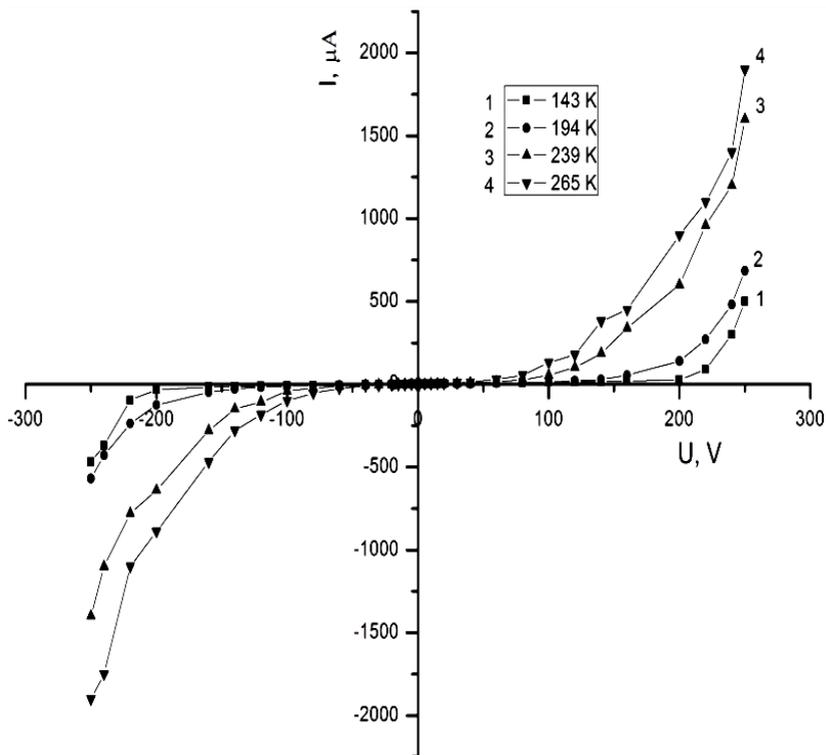
## Введение

Одним из эффективных методов модифицирования полимеров с целью получения требуемых свойств является использование различных наполнителей, а также разработка двух- и многофазных композитных материалов, в частности, композитов на основе системы полимер-наполнитель (в роли которого могут выступать полупроводники, сегнетоэлектрики и т.д.), обладающих варисторными, позисторными и пьезорезисторными свойствами [10с.512], [7с.232]. По данным работ [9 с.145] свойства варисторов очень чувствительны к условиям изготовления, в результате вариации которых могут произойти изменения размеров зерен, толщины и физических свойств межкристаллических фаз. Таким образом путем варьирования состава композитов можно создавать новые, более эффективные материалы для различных областей техники (например, низковольтные ограничители напряжений, варисторы и др.) с требуемыми сочетаниями характеристик.

Целью настоящей работы является экспериментальное изучение механизмов проводимости и переноса носителей в тонкопленочных композитах на основе бентонита и полиэтилена.

## Методика эксперимента и их обсуждение

В качестве компонентов были использованы бентонит и полярный поливинилденфторид (ПВДФ) в виде порошка. Для получения резисторов бентонитпредварительно был измельчен в шаровой мельнице с фарфоровыми шарами до размеров гранул  $60\mu\text{m}$  и менее. Резисторы, были получены из гомогенной смеси компонентов путем горячего прессования при температуре  $180^\circ\text{C}$  и давлении  $15\text{ MPa}$ . Содержание компонентов варьировалось в широком диапазоне (30-60%БТ и 70-40% ПВДФ соответственно). В статье обсуждаются экспериментальные данные для композита 40% БТ+60% ПВДФ. Толщина образцов составляла  $180\mu\text{m}$ . Для изучения особенностей механизмов переноса заряда на исследованных образцах были измерены вольтамперные характеристики (ВАХ) в режиме постоянного тока. Измерения ВАХ были проведены в интервале температур  $100\text{-}300\text{K}$ , в режиме прямого и обратного токов.

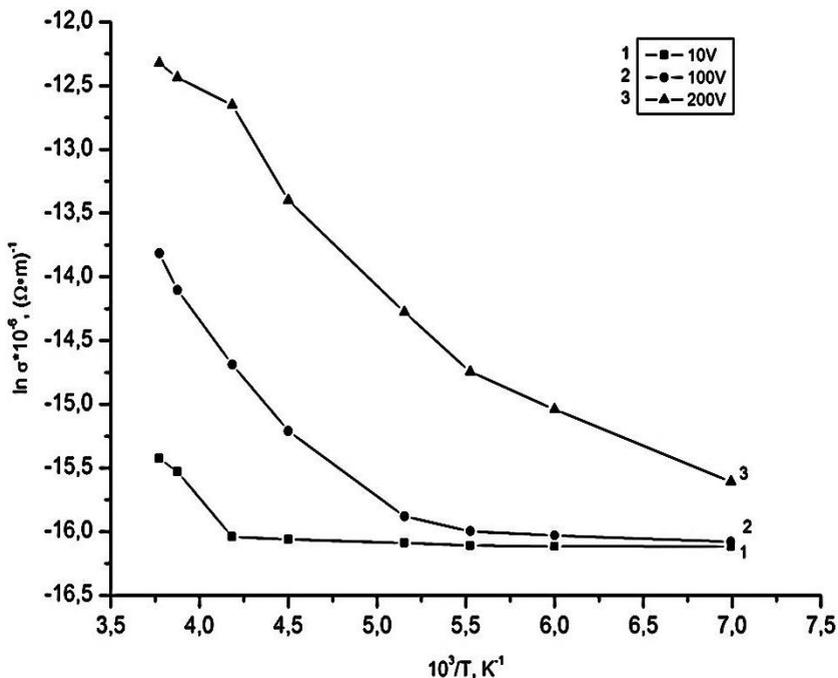


**Рисунок 1. Вольтамперная характеристика композита при различных температурах: 1–143 К; 2–194 К; 3–239 К; 4–365 К**

На рис.1 приведена вольтамперная (ВАХ) характеристика, измеренная при различных температурах, из которых можно видеть, что:

1) Зависимость величины тока через композит от приложенного напряжения  $I=f(U)$  (ВАХ) носит нелинейный характер. При этом, нелинейность ВАХ носит симметричный характер во всем диапазоне измеренных температур..

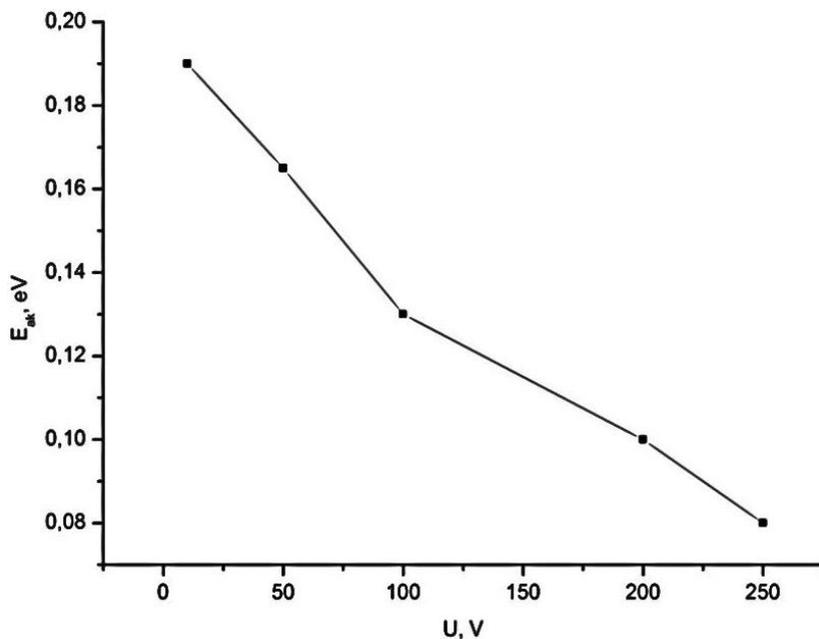
2) Из зависимостей  $I=f(U)$  видно, что с ростом температуры ВАХ смещается в область низких значений электрического поля.



**Рисунок 2.** Зависимости электропроводности композита от обратной температуры при  $U=10$  В (1),  $U=100$  В (2) и  $U=200$  В (3)

3) Из рис.2 видно, что зависимости электропроводности  $\sigma$  от обратной температуры носят экспоненциальный характер.

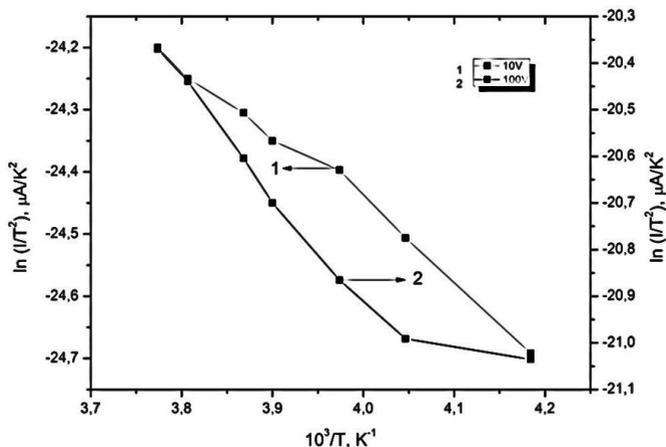
Для соответствующих температурных интервалов из  $\ln(I/U) = f(1/T)$  были рассчитаны энергии активации (рис.3). Как видно из рисунка с ростом приложенного напряжения величина энергии активации уменьшается.



**Рисунок 3. Зависимость энергии активации от температуры**

На основе анализа, полученных результатов особенности переноса заряда в исследованных образцах объяснены в рамках моделей. В частности, согласно многочисленным работам [3 с.260] [2 с.104] такими механизмами могут быть: эмиссия Шоттки в области высоких температур, туннельная эмиссия зарядов в области низких температур и высоких полей, а также прыжковый перенос носителей по ловушечным уровням. При этом разные механизмы переноса заряда работают в разных температурных интервалах и различных значениях напряженности электрического поля [8 с. 2871-2875.].

Для подтверждения выдвинутых предположений были построены зависимости  $\ln(I/T^2)=F(10^3/T)$  (рис.3) при напряжениях  $U=10$  и  $100V$ , из которых видно, что при высоких температурах (220-300K) ток проходящий через образец в основном определяется термоэлектронной эмиссией Шоттки (формула1) (с ростом температуры величина тока увеличивается).



**Рисунок 4. Зависимость  $I/T^2$  от  $10^3/T$  при различных приложенных напряжениях: 1.  $U = 10$  В; 2.  $U = 100$  В**

$$J = AT^2 \exp\left[-\frac{e(\varphi_0 - \sqrt{eE/4\pi\epsilon\epsilon_0})}{kT}\right] \quad (1)$$

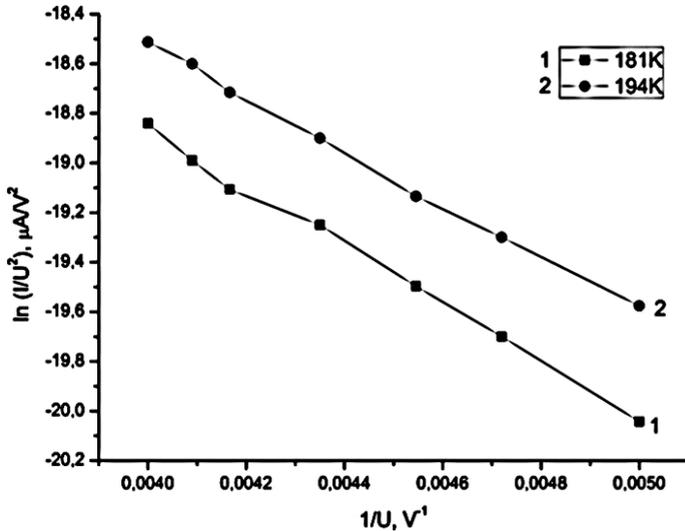
где  $J$  – плотность тока,  $A$  – постоянная Ричардсона,  $\varphi_0$  – высота барьера,  $E$  – напряженность электрического поля,  $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость образца,  $\epsilon_0$  – электрическая постоянная,  $k$  – постоянная Больцмана,  $T$  – температура.

Высота барьеров, определенная из рисунка 3 для прямых токов равна 0.17 eV при напряжении 10 В и 0.13 eV при напряжении 100В. Видно, что значения высоты барьеров хорошо коррелируют со значениями энергии активации, приведенными на рис.3. Уменьшение энергии активации с увеличением приложенного напряжения, по-видимому, связано с увеличением полевой добавки в формуле 1.

Как было выше сказано о том, что в области низких температур и больших электростатических полей ( $E > 10^6$  В/см) доминирующей составляющей тока, является ток, обусловленный туннельной эмиссией, которая описывается формулой Фаулера–Нордгейма (формула 2).

$$J \propto F^2 \exp\left[-\frac{4\sqrt{2m^*}}{3e\hbar E} (e\varphi_b)^{3/2}\right] \quad (2)$$

где  $m^*$  – эффективная масса носителей заряда,  $\varphi_b$  – высота барьера.



**Рисунок 5. Зависимость  $\ln I/U^2$  от  $1/U$  при различных температурах: 1 – 150K, 2 – 195K.**

Для подтверждения данного предположения были построены зависимости  $\ln(I/U^2)=f(1/U)$  (для прямого тока, см. рис.4) для разных температур, а также были определены высоты потенциальных барьеров по формуле (2). Высоты барьеров, определенные из формулы 2 имеют довольно низкие значения: 0,0025 eV при  $T=150K$  и 0.0013 eV при  $T=195K$ .

Экспериментальные результаты могут быть объяснены исходя из того факта, что в исследуемых структурах в качестве проводящего слоя использован широкозонный полимер ( $E_g=2.2$  эВ), применение которого не позволяет однозначно объяснить, полученные значения энергий активации надбарьерным переносом заряда. Ибо в таком случае высота барьера должна была изменяться в пределах 1-2эВ. По-видимому, барьеры формируются на границах полимер полупроводник. Так как проводящим слоем в рассматриваемых структурах является широкозонный полимер поэтому высота барьера на границе полимер-полупроводник будет определяться разницей между уровнем Ферми кремния и положением ловушечных уровней [6 с.232], образующихся вблизи середины запрещенной зоны полимера. По зоне ловушечных уровней и происходит перенос заряда.

Появление ловушечных уровней по всей вероятности обусловлено тем, что избыточный заряд в полимере, возникающий в результате

инъекции из кремния, может создавать глубокие ловушечные состояния по механизму, описанному в [5с.129], [1с.512]. Взаимодействие инжектированного заряда с макромолекулой полимера в свою очередь может привести к увеличению поляризуемости фрагмента макромолекулы. При этом возникает неустойчивое состояние полимера с большей диэлектрической проницаемостью, которое через некоторое время релаксирует с последующим переходом электрона на более глубокие ловушки [4 с.45-50]. В результате этого процесса в запрещенной зоне полимерной пленки вблизи уровня Ферми может быть, образована узкая область ловушечных состояний, что подтверждается результатами работы [5с.129]. Согласно работе [7 с.1182], при низких температурах доминирующим возможно является прыжковая проводимость носителей по ловушечным состояниям вблизи уровня Ферми.

### Заключение

Проведено исследование механизмов проводимости в композитах на основе бентонита и полиэтилена. На основе полученных результатов особенности переноса заряда в исследованных образцах можно объяснить в рамках моделей: эмиссией Шоттки при высоких температурах и полевой туннельной эмиссии при больших напряжениях, прыжкового переноса по ловушечным уровням. При этом разные механизмы переноса заряда работают в разных температурных интервалах и различных значениях напряженности электрического поля.

### Список литературы:

1. Борисова М.Э., Койков С.Н. Физика диэлектриков: учеб. пособие. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1979. – 240 с.
2. Бунаков А.М., Лачинов А.Н., Салихов Р.Б. Особенности вольт-амперных характеристик тонких пленок полидифениленфталаида в предпериодной области // Журнал технической физики. – 2003. – № 73(5). – С. 104.
3. Валеев Х.С., Квасков В.Б. Линейные металлоксидные полупроводники. – М.: Энергоиздат, 1983. – С. 260
4. Гасанли Ш.М., Исмаилов Д.М., Мехтизаде Р.П., Байрамов Х.Б., Бондяков А.С. Взаимосвязь между электрическими и структурными параметрами варисторов на основе оксида цинка с примесями // Проблемы энергетики. – № 3. – Баку: Элм, 2003. – С. 45–50.
5. Лачинов А.Н., Корнилов В.М., Загуренко Т.Г., Жеребов А.Ю. К вопросу о высокой проводимости несопряженных полимеров // Журнал электро-технической физики. – 2006. – 129 (3).
6. Липатов Ю.С. Физико-химия наполненных полимеров. – Киев: Наук. думка, 1967. – 232 с.

7. Салихов Р.Б., Лачинов А.Н., Рахмеев Р.Г. // Журнал технической физики. – 2007. – № 41(10). – С. 1182.
8. Hashimov A.M., Hasanli Sh.M., Mehtizadeh R.N., Bayramov Kh.B., Azizova Sh.M. Zinc oxide- and polymer-based composite varistors // *Jornal Physica Status Solidi (C)* – 2006. – № 8. – Pp. 2871–2875.
9. Levinson L.M., Philip H.R., Mahan G.D. Evidence for parallel conduction in ZnO varistor. *Advances in varistor technology // Ceramic Transition.* – 1989. – Vol. 3. – P. 145.
10. Souza F.L., Gomes J.W., Bueno P.R. et al. Effect of the addition of ZnO seeds on the electrical properties of ZnO-based varistors // *Materials chemistry and physics.* – 2003. – Vol. 80. – P. 512–516.

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

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

№ 1 (81)  
Январь 2025 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 09.01.25. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 2,75. Тираж 550 экз.

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

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



**НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ**  
[nauchforum.ru](http://nauchforum.ru)