

**ҚАЗАҚСТАН - БРИТАН ТЕХНИКАЛЫҚ  
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ**

# **ХАБАРШЫСЫ**

# **HERALD**

**OF THE KAZAKH - BRITISH TECHNICAL  
UNIVERSITY**

# **ВЕСТНИК**

**КАЗАХСТАНСКО - БРИТАНСКОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**Volume 16, Issue 1  
March 2019**

ҚАЗАҚСТАН - БРИТАН ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
**ХАБАРШЫСЫ**

**HERALD**  
OF THE KAZAKH - BRITISH TECHNICAL UNIVERSITY

**ВЕСТНИК**  
КАЗАХСТАНСКО - БРИТАНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Алматы

№ 1 (48)

2019

Главный редактор – Ректор КБТУ,  
**Ибрашев К.Н.**

Заместитель главного редактора –  
**Габдуллин М.Т.**

**ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:**

**Акжалова А.Ж., Атсуши Иное, Байгунчехов Ж.Ж., Бекмухаметова З.А.,  
Буркитбаев М.М., Gavin Kretzschmar, Джанг Ванг Ли, Джумадилдаев А.С.,  
Ергожин Е.Е., Еремин Н.А., Журинов М.Ж., Йозеф Монтаг,  
Коробкин В.В., Masakazu Yoshikawa, Мынбаев К.Т., Рамеш Кини,  
Сатубалдин С.С., Скакова А.А., Сулейменов Э.Н., Танекенов А.,  
Умаров Ф.Ф., Харин С.А., Шакуликова Г.Т., Шейх Али Д.М.**

Издание зарегистрировано Министерством культуры и информации  
Республики Казахстан. Свидетельство о постановке на учет  
СМИ № 9757 - Ж от 03.12.2008 г.

Журнал зарегистрирован в Международном центре по регистрации серийных изданий ISSN (ЮНЕСКО, г. Париж, Франция)

Подписной индекс - 74206

Издается с 2004 года. Выходит 4 раза в год.

**УЧРЕДИТЕЛЬ**  
Казахстанско-Британский технический университет

## CONTENTS

### OIL AND GAS ENGINEERING

**Yermekov D., Povetkin V., Rutkuniene Zivile**

THE CONDITION OF EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES FOR THE APPLICATION OF WEAR RESISTANT COATINGS ON TECHNOLOGICAL EQUIPMENT .....7

**Ivakhnenko O.P., Marenov B.T., Nadirov K.S., Ramazanov E.E.**

DEPRESSOR REAGENTS FOR HIGH-PARAFFIN CRUDE OIL..... 16

### CHEMICAL, TECHNOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

**Akbasova A.D., Abseit A.S., Abdikarim G.G., Sainova G.A., Kaliyeva N.A.**

CHARACTERISTIC OF THE SOLID WASTE LANDFILL CONDITION OF TURKISTAN TOWN .....25

**Jekshembekkyzy A., Ismailova A.G.**

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF THE PHOTOMETRIC DETERMINATION OF MOLYBDENUM .....31

**Kudreyeva L., Kalyeva A., Mukatayeva Zh., Ryskeldiyeva M., Zhantiles G.**

ELECTROCHEMICAL BEHAVIOR OF PERRHENATE IONS IN NITRIC ACID SUPPORTING ELECTROLYTES ON SHUNGITE ELECTRODE .....38

**Sataeva S.S., Abdrakhmanova A.G., Yergaliyeva A.M.**

EFFECTS OF ADDITIVE ON THE BASIS OF STEARIC ACID AND PHTHALIC ANGLIDRID ON PROPERTIES OF MAZUT OIL M100 .....44

### PHYSICAL, MATHEMATICAL AND TECHNICAL SCIENCES

**Amirgaliyev Ye., Aitimov A., Amirgaliyev B., Kynabay B.**

COMPARATIVE ANALYSIS OF RECOGNITION ALGORITHMS FOR HAND GESTURES ON THE BASIS OF VARIOUS REPRESENTATIONS OF IMAGES .....50

**Amirgaliyev Ye., Kunelbaev M., Merembaev T., Kozbakova A.,**

**Sundetov T., Irzhanova A.**

CONTROL SYSTEM OF CONTROLLERS OF A FLAT SOLAR COLLECTOR WITH A THERMOSIFON CIRCULATION .....55

**Imangazin M.K., Ayauov G.S.**

SAFETY ANALYSIS IN OIL AND GAS PRODUCTION COMPANY “KAZAKHOIL AKTOBE” LLP .....61

**Issakhov A.A., Rakymzhankyzy F.**

FRIEDBERG NUMBERINGS WITH A HYPERIMMUNE ORACLE .....68

**Tolebi G., Kurmankhojayev D.**

ANALYSIS OF EXISTING TRAFFIC DETECTORS FOR TAKING MEASUREMENTS .....73

**Omarbekova A.S., Zakirova A.B., Dusbayeva M.R.**

DEVELOPMENT OF THE PORTAL OF ARCHAEOLOGICAL RESEARCH ON THE BASIS OF THE KNOWLEDGE BASE .....79

**Uvaliyeva I., Belginova S.**

DEVELOPMENT OF A COMPUTATIONAL ALGORITHM OF CLINICAL AND HEMATOLOGICAL SYMPTOMS MORPHOLOGICAL CLASSIFICATION .....84

<b>Uvaliyeva I., Soltan G.</b> DEVELOPMENT OF THE SYSTEM FOR ASSESSMENT OF INFORMATION AND TECHNOLOGICAL SUPPORT OF BIG DATA SECURITY .....	92
<b>Umarov F.F., Dzhurakhalov A.A.</b> THE SLIDING INTERACTIONS OF THE ION-SURFACE OF A SOLID: ORIENTATION EFFECTS AND OPPORTUNITIES FOR ANALYSIS AND MODIFICATIONS .....	101
<b>Ussatova O., Nyssanbayeva S., Waldemar Wojcik</b> DEVELOPMENT OF AN AUTHENTICATION MODEL BASED ON THE SECOND FACTOR IN AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM.....	115
<b>Shormanov T.S., Dzhomartova Sh.A., Ziyatbekova G.Z., Amirkhanov B.S., Aliaskar M.S.</b> MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR BIOMETRIC IDENTIFICATION OF INDIVIDUALS .....	119
<b>ECONOMICS AND SOCIAL SCIENCES</b>	
<b>Bayadilova L.T., Amirova A.U.</b> PREDICTION OF THE WORLD AND KAZAKHSTAN OIL PRICES: POLYNOMIAL TREND MODEL .....	129
<b>Zhexembiyeva N.</b> KEY ISSUES OF ONLINE LEARNING.....	137
<b>INFORMATION ABOUT AUTHORS.....</b>	143

## СОДЕРЖАНИЕ

### НЕФТЕГАЗОВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

<b>Ермеков Д.К., Поветкин В.В., Руткуниене Живилье</b> СОСТОЯНИЕ ОБОРУДОВАНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОБОРУДОВАНИЯ.....	7
<b>Ивахненко А.П., Маренов Б.Т., Надиров К.С., Рамазанова Э.Э.</b> ДЕПРЕССОРНЫЕ РЕАГЕНТЫ ДЛЯ ВЫСОКОПАРАФИНИСТОЙ НЕФТИ.....	16

### ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ И ЭКОЛОГИЯ

<b>Акбасова А.Д., Абсеит А.С., Абдикарим Г.Г., Саинова Г.А., Калиева Н.А.</b> ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ГОРОДА ТУРКЕСТАН.....	25
<b>Джекшембеккызы А., Исмаилова А.Г.</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЛИБДЕНА .....	31
<b>Кудреева Л.К., Калыева А.Р., Мукагаева Ж.С., Рыскелдиева М.Д., Жантілес Г.Ж.</b> ШУНГИТ ЭЛЕКТРОДЫНДА АЗОТ ҚЫШҚЫЛДЫ ФОН ЭЛЕКТРОЛИТТЕРІНДЕ ПЕРРЕНАТ ИОНДАРДЫҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ КҮЙІ .....	38
<b>Сатаева С.С., Абдрахманова А.Г., Ергалиева А.М.</b> ВЛИЯНИЕ ПРИСАДКИ НА ОСНОВЕ СТЕАРИНОВОЙ КИСЛОТЫ И ФТАЛЕВОГО АНГИДРИДА НА СВОЙСТВА МАЗУТА МАРКИ М100 .....	44

### ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Амиргалиев Е.Н., Айтимов А., Амиргалиев Б.Е., Кинабай Б.</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЖЕСТОВ РУК НА БАЗЕ РАЗЛИЧНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ .....	50
<b>Амиргалиев Е.Н., Кунелбаев М., Мерембаев Т., Козбакова А.Х., Сундетов Т.Р., Иржанова А.А.</b> СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОНТРОЛЛЕРАМИ ПЛОСКОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА С ТЕРМОСИФОННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ .....	55
<b>Имангазин М.К., Аяуов Г.С.</b> АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ В НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ КОМПАНИИ ТОО «КАЗАХОЙЛ АКТОБЕ» .....	61
<b>Исахов А.А., Рақымжанқызы Ф.</b> ФРИДБЕРГОВЫЕ НУМЕРАЦИИ С ГИПЕРИММУННЫМ ОРАКУЛОМ .....	68
<b>Төлеби Г., Курманходжаев Д.</b> АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ДОРОЖНЫХ ДЕТЕКТОРОВ ДЛЯ СНЯТИЯ ИЗМЕРЕНИЙ .....	73
<b>Омарбекова А.С., Закирова А.Б., Дусбаева М.Р.</b> РАЗРАБОТКА ПОРТАЛА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОСНОВЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ .....	79
<b>Увалиева И., Бельгинова С.</b> РАЗРАБОТКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ КЛИНИКО-ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ СИМПТОМОВ .....	84

<b>Увалиева И., Солтан Г.</b> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ .....	92
<b>Умаров Ф.Ф., Джурахалов А.А.</b> СКОЛЬЗЯЩИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИОН-ПОВЕРХНОСТЬ ТВЕРДОГО ТЕЛА: ОРИЕНТАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ АНАЛИЗА И МОДИФИКАЦИИ .....	101
<b>Усатова О.А., Нысанбаева С.Е., Войцик Вальдемар</b> РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АУТЕНТИФИКАЦИИ НА ОСНОВЕ ВТОРОГО ФАКТОРА В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ .....	115
<b>Шорманов Т.С., Джомартова Ш.А., Зиятбекова Г.З., Амирханов Б.С., Алиаскар М.С.</b> АЛГОРИТМЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЦ .....	119
<b>ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ</b>	
<b>Баядилова Л.Т., Амирова А.У.</b> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МИРОВОЙ И КАЗАХСТАНСКОЙ ЦЕНЫ НА НЕФТЬ: ПОЛИНОМИАЛЬНАЯ ТРЕНДОВАЯ МОДЕЛЬ .....	129
<b>Жексембиева Н.Р.</b> КЛЮЧЕВЫЕ ВОПРОСЫ ОНЛАЙН-ОБУЧЕНИЯ .....	137
<b>СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ .....</b>	143

# НЕФТЕГАЗОВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

---

УДК 621.793.7  
МРНТИ 29.00.00

## СОСТОЯНИЕ ОБОРУДОВАНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Д.К. ЕРМЕКОВ, В.В. ПОВЕТКИН, РУТКУНИЕНЕ ЖИВИЛЬЕ

*Казахский Национальный университет им. аль-Фараби*

**Аннотация:** В статье коротко описана роль износостойких покрытий в современной промышленности, приведены износостойкие покрытия разных видов для применения в различных отраслях промышленности. Также приведены основные методы и виды нанесения износостойких порошков. Рассмотрены основные теории исследования адгезионных свойств металлических и износостойких материалов. На основе исследований были выявлены перспективные направления, создания, стандартизации инновационных технологий для повышения износостойкости оборудования и деталей.

**Ключевые слова:** износостойкое покрытие, нанесение покрытий, адгезионные свойства, повышение износостойкости, стандартизация

## THE CONDITION OF EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES FOR THE APPLICATION OF WEAR RESISTANT COATINGS ON TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

**Abstract:** The article briefly describes the role of wear-resistant coatings in modern industry, shows the wear-resistant coatings of various types for applications in various industries. The basic methods and types of application of wear-resistant powders are also given. The main theories of studying the adhesive properties of metallic and wear-resistant materials are considered. Based on the research, promising areas were identified, the creation, standardization of innovative technologies to improve the durability of equipment and parts.

**Keywords:** wear-resistant coating, coating application, adhesion properties, increased wear resistance, standardization

## ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРҒА ТОЗУҒА ТӨЗІМДІ ЖАБЫНДАРДЫ ҚОНДЫРУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ МЕН ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ ЖАҒДАЙЫ

**Аңдатпа:** Мақалада заманауи өнеркәсіптегі тозуға төзімді жабындардың маңызы сипатталған, өнеркәсіптің түрлі салаларында қолданылатын тозуға төзімді жабындардың түрлері келтірілген. Сонымен қатар тозуға төзімді ұнтақтарды қондырудың негізгі тәсілдері де ұсынылған. Металды және тозуға төзімді жабындардың адгезиялық қасиеттерін зерттеудің негізгі теориялары қарастырылған. Жүргізілген зерттеулердің негізінде, қондырғылар мен тетіктердің тозуға төзімділігін арттыру мақсатында инновациялық технологияларды жасап шығару, стандарттау бағыттары айқындалған.

**Түйінді сөздер:** тозуға төзімді жабын, жабындарды қондыру, адгезиялық қасиет, тозуға төзімділікті арттыру, стандарттау

### Введение

На сегодняшний день в большинстве материалоемких отраслей промышленности большое внимание уделяется увеличению срока службы и восстановлению рабочих поверхностей различных деталей и механизмов. В ряде случаев для увеличения ресурса деталей является целесообразным применение различных способов нанесения защитных и упрочняющих покрытий на их рабочие поверхности. При этом удается достигнуть значительной экономии дорогостоящих материалов, так как из простых материалов, а все необходимые эксплуатационные характеристики обеспечивает защитное покрытие, нанесенное на рабочую поверхность детали.

Известно, что основные оборудования и их различные детали, которые используются в промышленных предприятиях, эксплуатируются в условиях повышенного абразивного износа. Рабочая среда таких оборудований и деталей сочетает в себе давление, вибрацию, ударные нагрузки, химическая агрессия, результатом чего могут являться не только снижение производительности, потери прибыли предприятия, а также к авариям. Например, интенсивный износ твердыми абразивными частицами ковшей экскаваторов и погрузчиков, режущих кромок бульдозеров, шарошечных долот, бурильных головок, деталей узлов дробильно-сортировочных комплексов и т.д. И это только в горнодобывающей отрасли. Такие проблемные участки можно исчислять во многих промышленных объектах.

### Износостойкие материалы

Так в мире существует множество видов износостойких защитных покрытий в виде прутков, сварочных электродов, порошковых сплавов и т.д. Основным материалом, применяемым для упрочнения и восстановления рабочей поверхности деталей изделий является порошок. Применяют порошковые материалы как однородные (металлы, сплавы, оксиды, бескислородные тугоплавкие соединения), так и сложной структуры (механические смеси, композиционные порошки, в том числе вступающие при нагревании в экзотер-

мические реакции с выделением тепловой энергии).

Параметры порошкового материала обусловлены как физико-химическими свойствами самого материала порошка, так и влиянием внешних факторов, в том числе транспортирующего газа и др.

Порошковые материалы имеют следующие основные параметры [1]:

- плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;
- скорость движения частиц в транспортирующем канале (близка к скорости газа) 2,0-4,5 м/с;
- массовый расход порошкового материала 0,25-2,00 г/с, большое количество порошка, подаваемого в струю, охлаждает ее и снижает эффективность процесса;
- физические свойства транспортирующего порошок газа (вязкость и др.);
- скорость испарения, сублимации и диссоциации порошкового материала, %;
- плотность потока напыляемых частиц по объему;
- суммарная плотность частиц (пористость) по пятну напыления 10<sup>3</sup>-10<sup>5</sup> частиц/(см<sup>2</sup>•с), на рисунке 1 приведены схематические зависимости параметров от диаметра частиц порошка в процессе нанесения;
- форма и размер частиц;
- текучесть порошка по всему треку передвижения (определяется по ГОСТ 20899-75);
- максимально допустимый диаметр частиц порошкового материала (фракция).

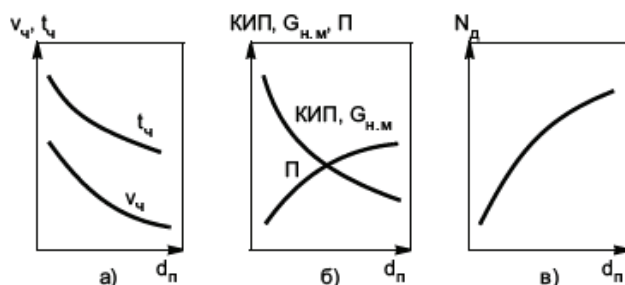


Рис. 1 – Зависимость параметров плазменного напыления: скорости  $V_{ch}$  и температуры  $t_{ch}$  частиц (а), КИП, производительности и пористости покрытия  $\Pi$  (б), мощности дуги  $N_d$  (в) от диаметра  $d_n$  частиц порошка

В силу спроса и предназначений на сегодняшний день существует различные модификации коррозионно-износостойких порошковых сплавов на рынке:

Металлические порошки на основе железа (высоколегированная сталь): FeCrSiMoWV, FeCrNiSiMoMn, FeCrNiSiMn, FeCrNiSiMoMn;

Металлические порошки на основе железа (высоколегированная углеродистая сталь);

Металлические порошки на основе железа (нержавеющая сталь): FeCrNiSiMo FeCrSiMn FeCr;

Металлические порошки на основе железа (углеродистая сталь): X13;

Металлические порошки на основе железа (хром-алюминиевая сталь): X16H2;

Металлические порошки на основе железа (хромистая сталь): X16H2;

Металлические порошки на основе железа (хромо-никелевая сталь): 316L;

Металлические порошки на основе железа (алюмо-молибденистая сталь);

Металлические порошки на основе кобальта: CoCrMoNi, CoCrW, CoCrWNi, CoNiCrAlY;

Металлические порошки на основе никеля: 20-Б, NiAl, NiAlMo, NiCoCrAlHfYSi, NiCoCrAlTaY, NiCoCrAlY, Ni-171, NiCrAlMo, NiCrAlMoFe, NiCrMoNb, NiCrMoNb, NiCrMoW;

Порошки самофлюсующихся сплавов: ПГ-Ж40, ПГНА-1, NiCr, NiBSi, NiCrBSi, NiCrBSiCuMo.

### Методы нанесения

Энергетическое состояние частиц порошка в наплавляемой или напыляемой струе находится в сложной зависимости от большого числа параметров. С одной стороны, это теплофизические свойства материала порошка: плотность, теплоемкость, теплопроводность, теплота плавления, размеры и форма частиц и другие свойства (фракция), с другой – это характеристики наплавляемой или напыляемой струи: скорость и температура, вязкость, теплопроводность и теплосодержание, степень диссоциации и ионизации молекул/атомов газа.

Оптимизировать указанные параметры в конкретном технологическом процессе наплавки или напыления при упрочнении и восстановлении рабочей поверхности деталей оборудования – задача весьма сложная. В целях удовлетворения различных требований (износостойкость к ударным нагрузкам, трениям или коррозионностойкость в различных коррозионных средах) и в зависимости режимов работ деталей существуют несколько видов по нанесению сплава на детали оборудования.

**Электродуговая металлизация** применяется для нанесения покрытий из проволок металлов и сплавов.

Достоинства метода электродуговой металлизации:

- низкие энергозатраты на получение покрытия;
- высокая производительность процесса (до 100 кг/ч и более по цинку) при достаточно эффективном использовании распыляемого материала (0,65-0,8);
- значительные толщины напыляемого покрытия (до 10-15 мм);
- относительно малое тепловое воздействие на основу (нагрев в пределах 80-200°C);
- возможность нанесения покрытий на изделия практически без ограничения размеров;
- легкость и простота обслуживания оборудования, его высокая надежность;
- возможность автоматизации процесса с созданием автоматических линий.

Основные недостатки, которые имеет электродуговая металлизация:

- ограниченный круг материалов для напыления из-за требований электропроводности и поставки в виде проволоки;
- наличие значительного количества оксидов в покрытии, что снижает его ударную прочность;
- не во всех случаях достаточная прочность сцепления покрытий с основой (15-45 МПа);
- наличие пористости препятствует применению покрытий в коррозионных средах без дополнительной обработки.

**Газопламенное напыление** применяется для напыления покрытий из порошков металлов, их сплавов, композиций, окислов, органических соединений и т.п., проволоки, керамических стержней.

К основным достоинствам газопламенного напыления покрытий относятся:

- возможность получения покрытий из большинства материалов, плавящихся при температуре до 2800<sup>0</sup>С без разложения;

- относительно малое тепловое воздействие на подложку (в пределах 50-150<sup>0</sup>С), что позволяет наносить покрытия на поверхность широкого круга материалов, включая пластмассы, дерево, картон и т.п.;

- толщина покрытия может быть обеспечена в пределах от 50 мкм до 10 мм и более;

- возможность регулирования газового режима работы горелки позволяет управлять химическим составом среды (восстановительная, нейтральная, окислительная) и энергетическими характеристиками струи и напыляемых частиц;

- высокая производительность процесса (до 10 кг/ч), например, 8-10 кг/ч для порошков самофлюсующихся сплавов типа ПГСР4 при расходе ацетиленового газа 0,9 м<sup>3</sup>/ч и высокий коэффициент использования материала (0,60-0,95);

- возможность нанесения покрытий на изделия практически без ограничения их размеров при наличии необходимых средств механизации и обеспечении правил техники безопасности;

- относительно низкий уровень шума (см. Средства защиты от шума) и излучений;

- возможность во многих случаях нанесения покрытий при любом пространственном положении аппарата;

- легкость и простота обслуживания оборудования;

- гибкость технологии и мобильность оборудования, что позволяет производить газопламенное напыление на месте, без демонтажа изделий;

- возможность автоматизации процесса и встройки в автоматическую линию с небольшими затратами и др.

Основными недостатками газопламенного метода напыления покрытий являются:

- недостаточная в некоторых случаях прочность сцепления покрытий с основой (5-45 МПа) при испытании на нормальный отрыв;

- наличие пористости (обычно в пределах 5-25%), которая препятствует применению покрытий в коррозионных средах без дополнительной обработки;

- невысокий коэффициент использования энергии газопламенной струи на нагрев порошка (2-12%);

- невозможность нанесения покрытий из тугоплавких материалов с температурой плавления более 2800<sup>0</sup>С.

**Плазменное напыление** покрытий является одним из видов газотермического напыления покрытия (ГОСТ 28076-89), применяемого в технологии упрочнения и восстановления рабочих поверхностей деталей машин, механизмов, аппаратов, приборов и др. Плазменное напыление широко применяется для упрочнения и восстановления рабочих поверхностей деталей изделий. К существенным технико-экономическим достоинствам технологии относятся:

- высокая производительность процесса;

- получение высококачественного покрытия, особенно в условиях общей защиты;

- наличие большого количества технологических факторов, варьирование которых обеспечивает гибкое регулирование процесса напыления;

- высокий коэффициент использования порошкового материала;

- широкая доступность метода как в основном, так и ремонтном производстве;

- экономичность;

- невысокая стоимость простейшего оборудования;

- возможность комплексной механизации и автоматизации процесса;

- продление ресурса дорогостоящих деталей (коленчатых валов, подшипников скольжения, поршневых колеи и др.);

- универсальность применения порошковых материалов, в том числе с высокой температурой плавления.

Метод плазменного напыления покрытий имеет также ряд недостатков, которые по существу являются резервом в совершенствовании технологии, а именно:

- низкий коэффициент использования электроэнергии, по порошкам 0,001-0,020;
- наличие несплошности (пористости) покрытия (2-15%), в ряде случаев пористость способствует удержанию смазочного материала в покрытии, что эффективно сказывается на работе деталей в условиях сопряженного трения;
- невысокую прочность сцепления покрытия с основой и в самом покрытии – 80-100 МПа;
- высокий уровень шума – 60-120 дБ;
- необходимость использования средств индивидуальной защиты от вредных и опасных воздействий в процессе напыления.

Широкое применение плазменного напыления покрытий, особенно для упрочнения и восстановления рабочих поверхностей деталей изделий широкой номенклатуры, обуславливает необходимость повышения уровня применяемого оборудования и материалов, в том числе:

- повышение надежности и ресурса электродуговых плазмотронов, порошковых дозаторов, камер для напыления и абразивной обработки;
- повышение надежности и эффективности систем водо- и газоснабжения плазменных установок;
- совершенствование технологии плазменного напыления покрытий при расширении номенклатуры напыляемых деталей;
- увеличение номенклатуры применяемых порошковых материалов с целью расширения эксплуатационных свойств плазменного покрытия;
- повышение уровня мероприятий по защите обслуживающего персонала от вредных и опасных воздействий, возникающих в процессе плазменного напыления и др.

**Детонационное напыление** применяется для напыления покрытий из порошков металлов, их сплавов, оксидов, тугоплавких соединений, различных композиций и т.п., которые не должны разлагаться и возгоняться

в продуктах детонации и иметь достаточную разницу между температурами плавления и кипения (не менее 200<sup>0</sup>С).

Основные достоинства метода детонационного напыления:

- возможность получения покрытий из большинства порошков, плавящихся при температуре до 2800<sup>0</sup>С без разложения.
- возможность нанесения покрытий на различные материалы (металлы – с твердостью поверхности до 60 HRC, керамику, стекло, пластмассу и др.);
- отсутствие деформации напыляемой поверхности;
- возможность получения покрытий с пористостью 0,5-1,5% и высокой прочностью сцепления покрытий с основой (никель – 100 МПа, ПН70Ю30 – 100 МПа, оксид алюминия – 30 МПа);
- возможность управлять химическим составом продуктов детонации (восстановительный, нейтральный, окислительный) и энергетическими характеристиками процесса за счет регулирования газового режима;

- возможность нанесения покрытий на изделия практически без ограничения их размеров при наличии средств механизации и обеспечении правил техники безопасности.

Основные недостатки метода детонационного напыления:

- высокий уровень шума в помещении (см. Средства защиты от шума), где производится детонационное напыление покрытий, достигающий 140 дБ;
- наличие продуктов сгорания смеси горючий газ-кислород с образованием вредных компонентов (СО, углеводороды, оксиды азота);
- наличие концентрации взвешенных в воздухе частиц напыляемого порошка размером 5-150 мкм >150 мг/м<sup>3</sup>.

В связи с перечисленными особенностями все детонационные оборудования необходимо размещать в специальных помещениях производственного участка.

### Исследование адгезионных свойств металлических и износостойких покрытий

Адгезия покрытий, то есть явление сцепляемости покрытий с подложкой при их контакте, характеризующее связь между ними, вызвана взаимодействием между молекулами (атомами) контактирующих тел и оценивается адгезионной прочностью, которая определяется экспериментально различными методами отрыва или разрушения покрытия [2]. При отрыве или разрушении покрытия может нарушаться целостность самого покрытия, т.е. его когезия. В связи с этим различают адгезионный отрыв по границе раздела покрытие–подложка и когезионный отрыв, когда разрушение происходит по покрытию. Возможен также смешанный адгезионно-когезионный отрыв покрытия.

Адгезия покрытий обуславливается, прежде всего, различными видами взаимодействий между молекулами или атомами. Эти взаимодействия приводят к образованию межмолекулярной и химической связей. Величина адгезии зависит не только от наличия, но и от числа связей между контактирующими телами. В свою очередь, число связей определяется площадью фактического контакта между покрытием и подложкой. Величина этой площади обуславливается процессом формирования покрытий и зависит от свойств поверхности подложки и покрытия. К числу таких свойств следует отнести параметры и вид шероховатости поверхности подложки; метод нанесения покрытий; процесс заполнения впадин поверхности подложки в зависимости от температурно-временных характеристик и ряд других [3].

В настоящее время существует ряд теорий, обосновывающих адгезию покрытий [4]:

– адсорбционная теория адгезии, согласно которой процесс формирования связи между покрытием и подложкой определяется адсорбцией молекул покрытия к поверхности подложки. Адсорбционные процессы имеют место в случае формирования покрытия из слоя жидкости;

– диффузионная теория, которая определяет величину адгезии в зависимости от при-

роды и числа связей, приходящихся на единицу площади контакта покрытия и подложки. Для осуществления диффузионных процессов необходимо соблюдение двух условий:

- термодинамического, которое сводится к взаимной растворимости покрытия и подложки и их совместимости;

- кинетического, которое достигается подвижностью молекул.

– микрореологическая теория (реология изучает процессы течения различных тел) [3], которая заключается в том, что в процессе формирования покрытия происходит заполнение впадин шероховатости поверхности, а также трещин и пор подложки, увеличивается площадь фактического контакта, а, следовательно, и число связей между покрытием и подложкой, что приводит к росту адгезии и адгезионной прочности. Само же адгезионное взаимодействие реализуется за счет молекулярных сил и химической связи между контактирующими поверхностями. На основании этой теории существует некоторое оптимальное время осаждения покрытия, которое соответствует времени образования покрытия в микродефектах подложки. Увеличение времени осаждения покрытия выше этого значения не оказывает существенного влияния на адгезионную прочность.

Также имеются определенные стандарты, методики и инструкции по изготовлению таких износостойких материалов.

Минимальная толщина покрытия при условии, когда ее когезионная прочность меньше адгезионной (при приложении внешних усилий разрушение происходит по покрытию) составляет единицы микрометров. При этом предельная расчетная толщина покрытия при условии равенства равновесной адгезии и величины внутренних напряжений, которые определяют возможность самопроизвольного отслаивания, составляет 0,6 мкм [2]. Таким образом, на основании этих условий оптимальная толщина покрытия не должна превышать доли микрометров, а в некоторых случаях – единицы микрометров.

На металлических поверхностях в большинстве случаев присутствует окисная плен-

ка, которая влияет на адгезионную прочность наносимого покрытия. При этом образование рыхлой окисной пленки обуславливает отсутствие адгезии. Исследования адгезионной прочности различных металлических пленок к стеклу выявили следующие закономерности. Адгезионная прочность пленок из благородных металлов (серебра, золота, платины), у которых отсутствует окисная пленка, а также пленок из цинка и алюминия, на поверхности которых находятся окислы  $ZnO$  и  $Al_2O_3$ , относительно небольшая. В то же время пленки из магния с окисной пленкой  $MgO$  и железа с окисной пленкой  $Fe_3O_4$  обладают повышенной в сотни раз адгезионной прочностью, что объясняется особенностями взаимодействия этих окислов с поверхностью стекла. При этом толщина окисной пленки на железе не должна превышать 25-30 нм, что достигается при температуре нагрева поверхности  $250^{\circ}C$ . Более высокая температура способствует образованию более толстой и рыхлой окисной пленки, уменьшающей адгезионные свойства.

На адгезионную прочность покрытий также оказывает влияние относительная влажность воздуха [2]. Это влияние обусловлено проникновением влаги в зазор между формирующимся покрытием и подложкой в результате адсорбции и капиллярной конденсации. Основной причиной снижения адгезии покрытий при наличии влаги на поверхности подложки является расклинивающее давление тонкого слоя жидкости в зазоре между покрытием и подложкой. Поэтому принципиально важной технологической операцией при нанесении покрытий является обезвоживание поверхности или ее предварительный подогрев. Использование вакуума при нанесении покрытий, как известно, способствует удалению влаги с поверхности изделий, что в свою очередь обуславливает сближение наносимого покрытия с подложкой и увеличение адгезии [5].

Адгезионная прочность покрытий также зависит от свойств окружающей среды, в которой формируется покрытие за счет адсорбции газов. По сравнению с воздухом в кислороде адгезионная прочность резко уве-

личивается, а в среде аргона снижается [2]. Кислород способствует росту адгезии за счет химического взаимодействия контактирующих тел, которое возникает в результате термоокисления, способствующего появлению полярных групп на поверхности подложки и увеличению адгезии за счет взаимодействия этих групп с покрытием. Таким образом, наличие окислов на поверхности подложки или покрытия и их толщина определяют адгезионную прочность покрытий. При этом большее значение приобретает температура предварительного подогрева поверхности подложки. Для стальной поверхности, например, при нанесении пленок алюминия в вакууме, максимальная адгезия достигается при температуре  $300-350^{\circ}C$ , для пленок титана и хрома эта температура составляет  $400-450^{\circ}C$ , а для пленок кадмия – не выше  $80^{\circ}C$ .

В большинстве случаев покрытия при их конденсационном нанесении образуются в результате затвердевания слоя жидкости на поверхности подложки [2]. Слой жидкости при этом получается при растекании и слиянии капель с последующим образованием сплошной жидкой пленки. Растеканию предшествует смачивание жидкими каплями материала покрытия поверхности подложки. Таким образом, формирование покрытия проходит три стадии: смачивание и растекание жидкости; образование площади контакта между двумя фазами; возникновение адгезионной связи.

Растекание жидкого материала покрытия способствует лишь увеличению площади фактического контакта. Только в этом смысле следует рассматривать прямую связь между коэффициентом растекания и адгезионной прочностью. Растекание зависит от времени, прошедшего после контакта капли с поверхностью, размера капли, вязкости жидкости и ее поверхностного натяжения. Таким образом, условием достаточной адгезионной прочности является смачивание поверхности подложки. С уменьшением краевого угла, т.е. с ростом смачивания, адгезионная прочность усиливается. Это объясняется увеличением площади фактического контакта на хорошо смачиваемых поверх-

ностях. Растекание и смачивание создают необходимые условия для адгезии: заполнение трещин, увеличение площади контакта и т.д., что приводит к росту числа связей и адгезии в целом. Смачивание является необходимым, но не достаточным условием формирования адгезионного взаимодействия покрытий.

**Перспективные направления создания инновационных технологий для повышения износостойкости оборудования и деталей**

Одна из наиболее серьезных проблем технологического прогресса состоит в необходимости обеспечивать постоянное соответствие между свойствами новых материалов, применяемых в машиностроении, и все более жесткими условиями их работы. Как правило, оказывается, что хотя бы по одному из параметров эти материалы не соответствуют предъявляемым требованиям. Чаще всего наиболее слабым элементом в системе «материал-рабочая среда», определяющим допустимые условия эксплуатации и ресурс всей системы, является поверхность материала. Из этого ясно, насколько важна задача разработки методов и технологии нанесения защитных покрытий на поверхность конструктивных материалов.

Объем и поверхность любой детали следует всегда рассматривать как единую систему. Главным требованием к защищенной поверхности является то, что она должна обеспечивать существенно лучшую защиту детали в агрессивной среде, чем исходная поверхность. Система должна быть нечувствительной к условиям работы независимо от того, создается ли защитное покрытие путем модификации поверхности самой детали или же нанесением на подложку моно- или многослойного покрытия из другого материала. В любом случае нанесению покрытия предшествует определенная обработка поверхности детали одним из известных способов. Конкретная комбинация данной подложки с определенным покрытием называется системой покрытия, и в это понятие включается

также случай модификации поверхности материала.

Необходимость применения покрытий для материалов, работающих в различных условиях, вытекает из невозможности соответствующего улучшения эксплуатационных характеристик узлов и деталей даже в случае использования новых конструктивных материалов с улучшенным комплексом физических, механических и металлургических свойств. Выбор конкретной системы покрытия определяется балансом результатов и затрат, т.е. соотношением между улучшением эксплуатационных характеристик детали и стоимостью нанесения соответствующего покрытия.

Разработка научных основ по направленному изменению физико-химических свойств исходных поверхностей изделий посредством нанесения покрытий и методы нанесения покрытий относятся к приоритетным направлениям во многих развитых странах.

На сегодня проводятся исследовательские работы по:

- повышению износостойкости деталей машин и инструмента из железоуглеродистых сплавов;
- повышению эксплуатационных свойств деталей механизмов и машин с использованием методов нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий, повышающих износостойкость и термостабильность;
- изучению эффективности упрочнения поверхностей замков буровых труб;
- исследованию методов ионно-плазменного азотирования и газопламенного напыления, чтобы составить конкуренцию методу твердосплавных наплавов и т.д.

В основе повышения износостойкости и усталостной прочности деталей лежит воздействие на рабочую поверхность деталей и элементы кристаллической решетки металла путем применения различных видов обработок. Различают следующие виды повышения износостойкости:

1. Термические, термомеханические способы.
2. Электрохимические и электрофизические способы.

3. Механическое упрочнение поверхностных деталей.

4. Нанесение покрытий в вакууме.

Выше перечислены лишь некоторые методы инновационных технологий для повышения износостойкости оборудования и деталей. Разрабатываются материалы различного вида (в том числе износостойкие порошки), разные методики по нанесению износостойких материалов.

В силу времени и экологических, технологических и экономических требований современности, данное научно-исследовательское направление, в частности, методики нанесения износостойких сплавов, подлежат к стандартизации процессов нанесения.

Необходимость стандартизации процедур сварки (нанесения) появилась в связи с

введением международных и европейских стандартов системы менеджмента качества, в которых сварка считается специальным процессом, т.е. процессом, «в котором подтверждение соответствия конечной продукции затруднено» (ИСО 9000:2000). В требованиях стандарта ИСО 9001:2008 записано: «Организация должна подтверждать все процессы производства и обслуживания, результаты которых нельзя проверить посредством последовательного мониторинга или измерения, вследствие чего их недостатки становятся очевидными только после начала использования продукции или после предоставления услуги». Подробные требования к качеству сварки (наплавки) определяет серия стандартов ИСО 3834 по обеспечению качества в сварочном производстве.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Капсаламова Ф.Р., Кенжалиев Б.К., Миронов В.Г. и др. Распределение элементов в объеме порошка системы Fe-Ni-Cr-Cu-Si-B-C в зависимости от времени механохимического легирования // Комплексное использование минерального сырья. – № 2. – 2016. – С. 64-68.
2. Зимон А.Д. Адгезия пленок и покрытий. – М., Химия, 1977. – 352 с.
3. Гуль В.Е., Вахрушина Л.А., Дворецкая Н.М. Высокомолекулярные соединения, 1976. – Т. А18. – №1. – С. 122-126.
4. Тополянский П.А. Финишное плазменное упрочнение инструмента и оснастки – итоги исследований и внедрений/ П.А. Тополянский, Н.А. Соснин, С.А. Ермаков//Технологии ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций. Материалы 6-й Международной практической конференции-выставки 13-16 апреля 2004 г. – Санкт-Петербург: Изд. СПбГПУ. – 2004 – С. 232-257.
5. Тополянский П.А. Исследование ионно-плазменных износостойких покрытий на инструментальных сталях. Металлообработка. – 2004. – №1 (19). – С. 24-30.

УДК 66.042.2  
МРНТИ 61.15.13

## ДЕПРЕССОРНЫЕ РЕАГЕНТЫ ДЛЯ ВЫСОКОПАРАФИНИСТОЙ НЕФТИ

А.П. ИВАХНЕНКО<sup>1</sup>, Б.Т. МАРЕНОВ<sup>2</sup>, К.С. НАДИРОВ<sup>4</sup>, Э.Э. РАМАЗАНОВА<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Казахстанско-Британский технический университет

<sup>2</sup>ИРЕС, Великобритания

<sup>3</sup>Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова

<sup>4</sup>Научно-исследовательский институт геотехнологических проблем нефти, газа и химии, Азербайджан

**Аннотация:** В статье предлагается технология получения реагента на основе бутилового спирта, жирных кислот и малеинового ангидрида, обладающего депрессорной активностью, которая значительно снижает температуру застывания высокопарафинистых нефтей. Показана возможность применения нового сырья – жирных кислот хлопкового мыла, главным образом, дистиллятной фракции с числом атомов углерода C<sub>16</sub>-C<sub>18</sub> для их этерификации с бутиловым спиртом и получение эфиров.

Полученный реагент на основе этерифицированных жирных кислот и малеинового ангидрида (ЭЖМА), проявляет депрессорные свойства при добавлении к нефти с высоким содержанием парафинов. Идентификация полученных продуктов реакции производилась с помощью ИК-спектроскопии на приборе ИК-Фурье-спектрометре Shimadzu IR Prestige-2, на основе чего предложено строение полученного продукта реакции этерификации.

Исследована морфология кристаллов парафинов в нефти без депрессорных присадок, а также в присутствии их.

На основе полученных экспериментальных данных показано, что депрессорная активность реагента ЭЖМА, при дозировке 0,1-0,4 масс %, составляет 25-27<sup>0</sup>С для высокопарафинистых нефтей. Предлагаемый реагент, при введении его в образцы сырой нефти также снижает их кинематическую вязкость.

**Ключевые слова:** нефть, этерификация, реагент, малеиновый ангидрид, бутиловый спирт, парафины, спектры, депрессия, жирные кислоты, трубопровод, мыло

## DEPRESSOR REAGENTS FOR HIGH-PARAFFIN CRUDE OIL

**Abstract:** In this paper we propose technology for producing a reagent based on butyl alcohol, fatty acids and maleic anhydride, which has depressant activity and significantly reduces the pour point of high-paraffin crude oils. We demonstrate the usage of a new material including the fatty acids of cotton soap stock, mainly of the distillate fraction with the number of carbon atoms C<sub>16</sub>-C<sub>18</sub> for their esterification with butyl alcohol and the formation of esters.

The resulting reagent based on esterified fatty acids and maleic anhydride (EFMA) shows depressant properties when added to crude oil with high paraffin content. The obtained reaction products were identified using IR spectroscopy on a Shimadzu IR Prestige-2 FTIR spectrometer. These data allowed to establish the structure of esterification reaction. We also studied the morphology of the crystals of paraffins in crude oil without and with depressor additives.

On the basis of the experimental data we demonstrate that the depressant activity of the EFMA reagent at a dosage of 0.1-0.4 mass% is 25-27 °C for high paraffin oils.

The proposed reagent, when injected into crude oil samples also reduces their kinematic viscosity.

**Keywords:** oil, esterification, reagent, maleic anhydride, butyl alcohol, paraffins, spectra, depression, fatty acid, pipeline, soap stock

## ЖОҒАРЫ ПАРАФИНДІ МҰНАЙҒА АРНАЛҒАН ДЕПРЕССОРЛЫҚ РЕАГЕНТТЕР

**Аңдатпа:** Мақалада депрессорлық белсенділікке ие бутил спирті, май қышқылдары мен малеинді ангидрид негізіндегі реагенттерді өндіру технологиясын алу айтарлықтай жоғары парафинді мұнайдың қату температурасын төмендетеді. Ең бастысы  $C_{16}$ - $C_{18}$  көміртегі атомдарының саны бар дистилляциялық фракция мақта соапстокының май қышқылдарын жаңа шикізатты қолдану мүмкіндігі көрсетілген, қышқылдар мен бутил спирті және этерификация жолымен эфирлерді алу.

Алынған реагент негізіндегі малеинді ангидрид және этерификацияланған майлы қышқыл (ЭММА), жоғары құрамды парафинді мұнайға қосылған кезде депрессорлық қасиеттері байқалады. Алынған реакция өнімдерін сәйкестендіріп анықтау ИК – спектроскопия көмегімен Shimadzu IR Prestige-2 ИК-Фурье спектрометрдің құралы бойынша инфрақызыл спектроскопияны пайдаланып, соның негізінде алынған этерификациялық реакция құрылымына байланысты ұсынылады.

Мұнайда депрессорлық қоспасыз және олардың қатысуымен парафин кристалдарының морфологиясын зерттеуге баса көңіл бөлінді.

Жоғары парафинді майлар үшін 25-27°C та 0,1-0,4 масс %, мөлшерде алынған эксперименттік деректерге сүйенсек, (ЭММА) реагенттің депрессорлық белсенділігі көрсетілген. Осы аталған реагент ишкі мұнайдың үлгілерін енгізумен олардың кинематикалық тұтқырлығын азайтады.

**Түйінді сөздер:** мұнай, этерификация, реагент, малеин ангидриді, бутил спирті, парафиндер, спектрлер, депрессия, май қышқылдары, құбыр желісі, соапсток

### Введение

Парафинистые соединения в том или ином количестве практически всегда присутствуют в добываемой нефти, в частности, в нефтях месторождений Южно-Торгайской впадины (Кумколь, Арыскуп, Акшабулак, Нуралы и другие). Нефти этих месторождений содержат до 15 и более % парафинов. Напомним, что парафинистые нефти – это нефти, содержащие в своем составе значительное количество растворённых парафинов [1]. Считается, что нефть для транспортировки должна содержать не более 6% парафинов [2]. При трубопроводном транспорте нефти возникают серьезные проблемы из-за кристаллизации парафинов и возрастания вязкости нефти: повышаются давление в трубопроводе и расход электроэнергии на оборудование прокачки, уменьшается пропускная способность трубопровода. В зимний период при низких температурах транспорт нефти с содержанием значительного количества парафинов еще более осложняется из-за их отложений непосредственно на внутренних стенках трубопроводов, то есть сужается поперечное сечение нефтепровода и как следствие снижается производительность [2, 3].

Из применяемых способов борьбы с парафинистыми отложениями при транспор-

тировке нефти наиболее распространенным является подогрев нефти, добавление в нее растворителей парафина, поверхностно-активных веществ, препятствующих парафинизации трубопроводов.

При условиях транспортировки парафинистой нефти эффективным признано введение химических реагентов, предотвращающих или ингибирующих отложение парафинов. В качестве таких реагентов используют поверхностно-активные вещества и депрессорные присадки (ДП). Преимущество депрессорных присадок заключается в том, что, помимо предотвращения парафиноотложения, они улучшают свойства нефти, снижают температуру потери текучести, что важно при дальнейшем ее транспортировании [4]. Одним из способов улучшения свойств высоковязких и высокозастигивающих нефтей является ввод в состав их синтетических компонентов, в качестве которых могут быть использованы низкомолекулярные олефины, длиноцепные альфа-олефины и их соолигомеры. При этом носителями депрессорных свойств выступают длиноцепные алкильные радикалы, ароматические углеводороды с длинными алкильными радикалами и гетероциклические соединения [5].

Применяемые в настоящее время депрессоры и ингибиторы парафиноотложения достаточно эффективны, но их производство отличается сложной технологией, многие из них все еще являются дорогими. На рынке химических реагентов для нефтедобывающей отрасли ассортимент ингибиторов асфальтосмолопарафинистых отложений (АСПО), которые являются эффективными и относительно недорогими, ограничен [1]. В связи с этим вопросы разработки технологий получения новых составов депрессорных и ингибиторных парафиноотложений к высокозастывающим и высоковязким нефтям являются актуальными. Полученные таким образом реагенты депрессорного действия отличаются относительно низкой себестоимостью и характеризуются хорошими вязкостно-температурными свойствами [6-9].

Важной задачей для компаний, занимающихся транспортировкой высоковязкой нефти имеет разработка технологии получения депрессорных присадок, базирующихся на дешевом доступном сырье и характеризующихся хорошими вязкостно-температурными свойствами. Следует отметить, что критериями оценки эффективности депрессорных присадок к нефтям при решении указанных выше проблем являются снижение температуры застывания и их реологические характеристики [10,11].

Целью настоящей работы явилась разработка технологии получения реагента, обладающего депрессорной активностью для снижения температуры застывания высокопарафинистых нефтей на основе бутилового спирта и жирных кислот хлопкового соапстока, главным образом, фракции с числом атомов углерода  $C_{16}$ - $C_{18}$ . В ряде работ жирные кислоты нами были получены из гудронов дистилляции жирных кислот путем их щелочного омыления, нейтрализации серной кислотой и последующей бензиновой экстракцией [12-14]. Следует отметить, что полученные таким путем жирные кислоты содержали ряд примесей, что приводило к относительно высокой себестоимости конечного продукта [14].

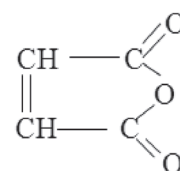
### Материалы и методы

При получении состава депрессорного действия для высокопарафинистой нефти в качестве исходных соединений были выбраны дистиллированные жирные кислоты хлопкового соапстока. Дистиллированные жирные кислоты из соапстока получают по методу [14] и имеют следующий состав, %: лауриновая – 0,40, миристиновая – 16, пальмитиновая – 55, стеариновая – 10, олеиновая – 17,25.

В лабораторных условиях этерификацию жирных кислот (ЖК) и бутилового спирта (бутанол) проводили в реакторе высокого давления РВД-2-150 при температуре 120-140°C и давлении 0,4-1 МПа.

Бутанол – бесцветная вязковатая жидкость с характерным запахом сивушного масла, смешивается с органическими растворителями. В отличие от метанола, этанола и пропанола только умеренно растворяется в воде – 7,6 г на 100 г. Химическая формула  $C_4H_9OH$ . Молярная масса – 74,12 г/моль, плотность – 0,81 г/см<sup>3</sup>, динамическая вязкость – 33,79 мПа\*с[21].

Малеиновый ангидрид, формула  $C_4H_2O_3$  или



(ангидрид цис-этилен-1,2-дикарбоновой кислоты; 2,5-фурандион), молярная масса 98,06. Представляет собой бесцветные кристаллы с ромбической решеткой. Молярная масса: 98,06 г/моль, температура плавления – 52,6°C, плотность – 1,48 г/см<sup>3</sup>. Малеиновый ангидрид является очень реакционноспособным веществом. При взаимодействии с одноатомными спиртами образует моно- и диэфиры, с гликолями – ненасыщенные полиэферы.

Необходимо отметить, что жирные кислоты, содержащиеся в значительном количестве в составе соапстоков и гудронов дистилляции, обладающие длинными цепями

атомов углерода с карбоксильной группой и углеводородным радикалом, проявляют ярко выраженную хемосорбционную способность. Благодаря этому они представляют практическую ценность для получения поверхностно-активных веществ различного назначения, в том числе реагентов, обладающих депрессорным действием [16-19].

Определение содержания жирных кислот проводили следующим образом. Навеску пробы расплава около 1 г помещали в коническую колбу, добавляли 20 см<sup>3</sup> толуола, перемешивали до полного растворения при нагревании до 60<sup>0</sup>С. Затем в колбу добавляли 20 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, закрывали и встряхивали на механических качелях в течение 1 часа. По окончании массу отстаивали, разделяли водный и органический слои. После отделения водного слоя в толуольной фракции титрованием 0,1 нормальным спиртовым раствором гидроксида калия с индикатором фенолфталеином определяли содержание карбоксильных групп непрореагировавших жирных кислот.

Идентификация полученных продуктов реакции производилась с помощью ИК-спектроскопии на приборе ИК-Фурье-спектрометре Shimadzu IR Prestige-21 в интервале волновых чисел 4000-500 см<sup>-1</sup>, с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) Miracle фирмы Pike Technologies. Синтезированный продукт после перегонки под вакуумом для очистки от непрореагировавших в ходе реакции жирных кислот помещали между стеклами кюветы в виде тонкого слоя (~0,035÷0,038 мм) и снимали спектры в указанном диапазоне.

Определение температуры текучести и застывания нефти проводили с использованием аппарата ЛЗН-75 м в соответствии с ГОСТ- 20287-91 [20,21].

### Результаты и обсуждение

Использование присадок на основе сополимеров этилена с винилацетатом для улучшения низкотемпературных свойств нефтей и нефтепродуктов достаточно широко известно [22]. В данной работе для получения реаген-

та депрессорного действия по отношению к парафинистым нефтям, в качестве исходных соединений были использованы бутиловый спирт и высокомолекулярные жирные (карбоновые) кислоты, полученные из вакуумных дистиллятов хлопкового соапстока с содержанием атомов углерода C<sub>16</sub>-C<sub>18</sub>, а также малеиновый ангидрид.

На рисунках 1 и 2 представлены ИК-спектры исходной смеси, спектры хлопкового соапстока, полученного при рафинации АО «Шымкентмай» (Республика Казахстан, Туркестанская область), жирных кислот хлопкового соапстока, а также эфиров, полученных на основе жирных кислот и изопропилового спирта.

Полосы поглощения с пиками 2800-3000 см<sup>-1</sup>, которые можно отнести к валентным (ν) колебаниям С–Н связи в группах CH<sub>3</sub>- (2977 см<sup>-1</sup>) и -CH<sub>2</sub>- (2927 и 2877 см<sup>-1</sup>), как к исходным соединениям (рисунок 1), так и к конечному продукту (рисунок 2).

В ИК-спектре продукта синтеза (рис.2) деформационным (δ) колебаниям С–Н связей этих групп соответствуют полосы с максимумами при 1415 см<sup>-1</sup> (δ<sub>ассим.</sub> CH<sub>3</sub>) и 1465 +10 см<sup>-1</sup> (δ<sub>ассим.</sub> CH<sub>2</sub>), а также 1377 см<sup>-1</sup> (δ<sub>симм.</sub> CH<sub>3</sub> и CH<sub>2</sub>). Сильный пик в области 1725-1705 см<sup>-1</sup>, который относится к линолевой кислоте, у которой двойная связь находится не в α и β положениях, а значительно уменьшается в образце продукта синтеза. Снижение интенсивности поглощения в области полос 1300-2000 см<sup>-1</sup>, принадлежащих малеиновому ангидриду свидетельствуют о конверсии его с достаточно большой степенью.

Реакцию этерификации проводят при температуре 120-140<sup>0</sup>С и давлении 0,4-1 МПа. Катализатором являлся оксид цинка при соотношении 20% от степени загрузки жирных кислот. Соотношение ЖК: бутанол: малеиновый ангидрид составляет 3:1:1. На первом этапе в реакционную колбу, помещенную в песочную баню, загружают 50 мг смеси исходных веществ, 200 мл толуола. Полученную смесь кипятят 1 час при указанной выше температуре и давлении. Полученный сырой эфир обрабатывается 25%-ным раствором

гидроксида натрия с целью удаления молекул кислот, которые не вступили в реакцию. бутанол конденсируется через обратный холодильник в реакционную колбу, а вода периодически выводится из реакционной зоны в ловушку Дина-Старка.

Далее в реакционную колбу добавляют еще 10 г малеинового ангидрида, смесь еще кипятят в течение 3 часов. Как было сказано выше, малеиновый ангидрид является активным веществом и легко взаимодействует с полученным эфиром бутанола и жирной кислоты, образуя, предположительно, моно- и диэфиры. Известно, что при этерификации, жирные кислоты, например, олеиновая кислота,  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_7-$

$\text{COOH}$ , содержание которой в смеси кислот составляет более 17%, гидроксильная группа отщепляется именно от молекулы жирной кислоты, водород – от молекулы бутилового спирта. То есть в данном случае процесс протекает по типу как реакции нуклеофильного замещения [22].

Затем продукт синтеза центрифугируют, отделяя от него нерастворимые примеси, отгоняют растворитель и получают раствор депрессорной присадки, которая представляет собой сложный эфир жирных кислот – бутанола и малеинового ангидрида. На основе анализа литературы и полученных спектральных данных полученная присадка, предположительно, имеет следующее строение:

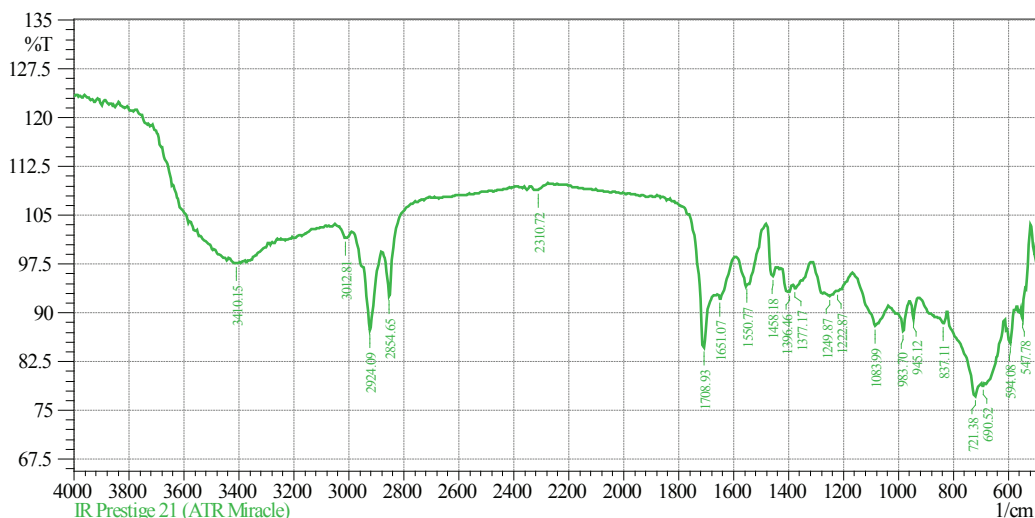


Рис. 1 – ИК-спектры хлопкового мыла

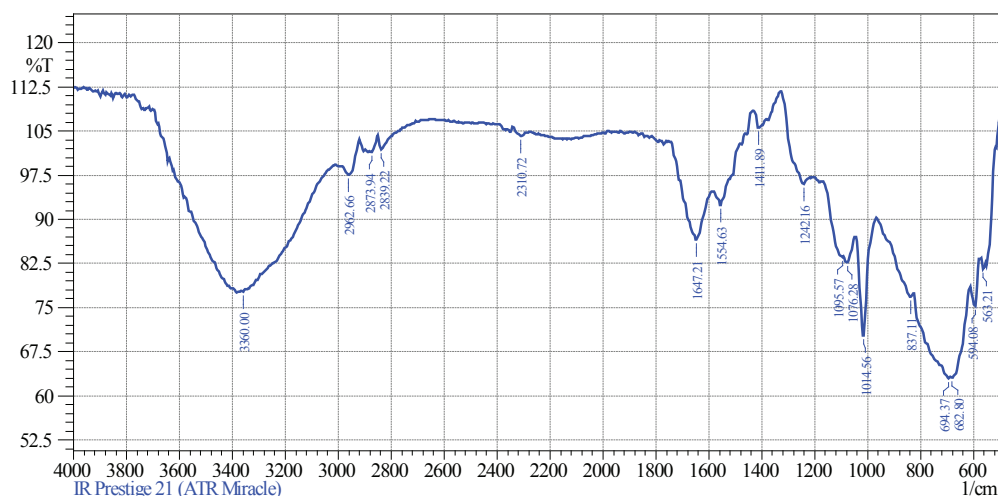


Рис. 2 – ИК-спектры эфиров, полученных на основе жирных кислот и бутилового спирта



Таблица 1 – Депрессорная активность составов ЭЖМА

Образец нефти	Концентрация реагента в нефти, %	Температура потери текучести, ТПП, °С	Показатель депрессии, ΔТ, °С	Кинематическая вязкость $\nu$ , мм <sup>2</sup> /с
Акшабулак	0	17	0	82
	0,1	11	6	79
	0,2	3	8	68
	0,3	-7	10	62
	0,4	-12	5	56
Ащысай	0	20	0	90
	0,1	14	6	77
	0,2	6	8	66
	0,3	-8	12	61
	0,4	-14	6	58

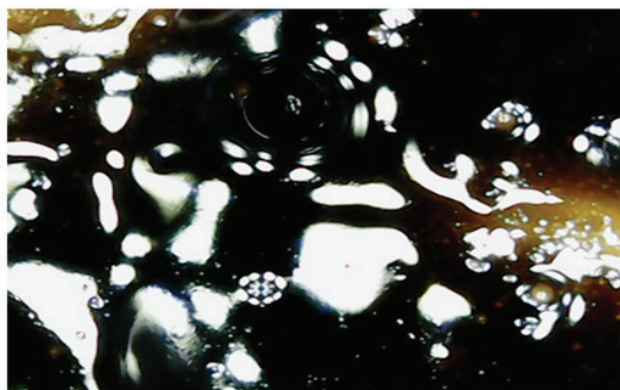
Акшабулак снижается с 82 до 56 мм<sup>2</sup>/с, для нефти месторождения Ащысай – с 90 до 58 мм<sup>2</sup>/с. Техничко-экономическая эффективность использования предлагаемого реагента депрессорного действия к парафинистым и высокопарафинистым нефтям обусловлена теми факторами, что в этом случае в трубопроводе значительно снижается их вязкость, что будет способствовать снижению энергетических затрат, связанных с подогревом, следовательно с перекачкой нефти.

**Выводы**

Показана возможность применения нового сырья жирных кислот хлопкового соапстока, главным образом, дистиллятной фракции с числом атомов углерода C<sub>16</sub>-C<sub>18</sub> для их этерификации с бутиловым спиртом и получение эфиров.

Предложена технология получения реагента депрессорного действия этерифицированных жирных кислот и малеинового ангидрида (ЭЖМА), который проявляет депрессорные свойства при добавлении к нефти с высоким содержанием парафинов. Исследована морфология кристаллов парафинов в нефти без депрессорных присадок, а также в присутствии их.

На основе полученных экспериментальных данных показана депрессорная активность реагента ЭЖМА, дозировка которого составляет 0,1-0,4 масс %, показатели депрессии – 25-27°С для высокопарафинистых нефтей. Предлагаемый реагент ЭЖМА, при введении его в образцы нефти снижает также их кинематическую вязкость.



1



2

Рис. 3 – Изменение морфологии кристаллов парафинов Ащысайской нефти: 1 – без депрессорной присадки; 2 – в присутствии ЭЖМА

ЛИТЕРАТУРА

1. Надиров Н.К. Высоковязкие нефти и природные битумы. В 5 т. Т.2. Добыча. Подготовка. Транспортировка. – Алматы: «Гылым», 20001. – 344 с.
2. Маркин А.Н., Низамов Р.Э., Суховерхов С.В. Нефтепромысловая химия: практическое руководство. – Владивосток: Дальнаука, 2011. – 288 с.
3. Национальный стандарт РК СТ РК 2494-2014. Депрессорные присадки для нефти и нефтепродуктов. – Астана, 2014.
4. Патент РФ №2316642 Состав для удаления асфальтосмолопарафиновых отложений / Перекупка А. Г., Пензева Т. В. заявл. 31.05.2006; опубл. 10.02.2008; бюл. №4. – 5 с.
5. Мастобаев Б.Н. Химические средства и технологии в трубопроводном транспорте нефти / Б.Н. Мастобаев, А.М. Шаммазов, Э.М. Мовсумзаде. – М.: Химия, 2002. – 296 с.
6. Шарифуллин А.В. Композиционные составы для процессов удаления и ингибирования асфальтено-смоло-парафиновых отложений / А.В. Шарифуллин, В.Н. Шарифуллин // Монография. – Изд-во: КГТУ. – Казань, 2010. – 304 с.
7. Егоров А.В. Ингибиторы парафиноотложения совмещенного моюще-диспергирующего и депрессорного действия. Дисс. .... канд. техн. наук. – Казань. – 2013.
8. Махмотов Е.М., Ауезов А. Депрессорные присадки для нефти. LAP LAMBERT AcademicPublishing. – 2014. – 380 с.
9. Алдияров Т.К., Насибуллин М., Шахворостов А.В., Кудайбергенов С.Е., Дидух А.Г., Габсагтарова А.Г. Новые эффективные депрессорные присадки к парафинистым нефтям // Нефть и газ. – 2015. – №5. – С. 145-151.
10. Оленев Л.М. Новые отечественные ингибиторы парафиноотложений. – М.: ВНИИОЭНГ, 1990. – 51 с.
11. Алдияров Т.К., Насибуллин М., Шахворостов А.В., Кудайбергенов С.Е., Дидух А.Г., Габсагтарова Г.А. Новые эффективные присадки к парафинистым нефтям // Нефть и газ. – №5, 2015. – С. 121- 133.
12. Бондаренко В.П., Надиров К.С., Бимбетова Г.Ж. Использование модифицированного гудрона хлопкового масла для приготовления буровых растворов // Нефть и газ. – Алматы. – №5. – 2016. – С. 45-56.
13. Надиров К.С., Молдабаева Г.Ж., Байботаева С.Е. Использование реагента для деэмульсации нефти на основе жирных кислот хлопкового соапстока // Нефть и газ. – №2. – 2018. – С. 108-116.
14. Акаева Т.К., Петрова С.Н. Основы химии и технологии получения и переработки жиров. Ч.1. Технология получения растительных масел: Учеб. пособие/ ГОУВПО Иван. гос. хим.- технол. ун-т; Иваново, 2007. – 124 с.
15. И.Л. Кунянц. Химический энциклопедический словарь. – М: Советская энциклопедия, 1983. – 792 с.
16. K.S. Nadirov, G. Zh.Bimbetova, M.K. Zhantasov, A.S. Kolesnikov, A.S.Sadyrbaeva, A.K. Orynbasarov, A.N.Kutzhanova, R.S. Turemuratov, N.E. Botabaev, D. Zhantasova. Examination of optimal parameters if oxi-ethylation of tatty acids with a wife to obtaining demulsifiers for deliguefaction in the sestem of skimming and treatment oil f method to obtain demusifier from fatty acids // Chimica Oggi - Chemistry Today - vol. 34(1) January/February 2016. - С.72-77.
17. Kaziv S. Nadirov, Gulnaz Zh. Moldabaeva, Saltanat E. Baibotaeva, Yury V. Zeygman, Aynur S. Sadyrbaeva. Reagent preparation for oil treatment and its use in the process of dehydration // Jr. of Industrial Pollution Control 33(1)(2017) pp 1075-1084.
18. Бондаренко В.П., Надиров К.С., Голубев В.Г. Садырбаева А.С. Колесников А.С. Исследование реагента-эмульгатора для приготовления обратных водонефтяных эмульсий,

- применяемых для глушения скважин // Нефтяное хозяйство. – Москва, 2017. – №1. – С. 55-58.
19. Надиров К.С., Надирова Ж.К., Жантасов М.К., Амантаева Д.Б., Оразбеков О.С. Исследование кинетики процесса омыления жирных кислот в составе госсиполовой смолы. // Вестник КазНТУ. – №4. – 2014. – С. 223-230.
  20. ГОСТ 20287-91. Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания. – 2016. – 9 с.
  21. Силин М.А., Магадова Л.А., Гаевой Е.Г., Подзорова М.С., Мухин М.М. Исследование поверхностно-активных веществ различного типа, применяемых в составе технологических жидкостей // Территория нефтегаз. – 2011. – С. 50-55.
  22. Шабаров Ю.С. Органическая химия: В 2-х кн. – М.: Химия, 1994. – 848 с.
  23. Тертерян Р.А. Депрессорные присадки к нефтям, топливам и маслам. – М.: Химия, 1990. – 238 с.
  24. Исследование поверхностно-активных веществ различного типа, применяемых в составе технологических жидкостей // Территория нефтегаз. – 2011. – С. 50-55.

# ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ И ЭКОЛОГИЯ

---

УДК 502.3:504.5-03  
МРНТИ 87.17.09

## CHARACTERISTIC OF THE SOLID WASTE LANDFILL CONDITION OF TURKISTAN TOWN

A.D. AKBASOVA<sup>1</sup>, A.S. ABSEIT<sup>1</sup>, G.G. ABDIKARIM<sup>1</sup>, G.A. SAINOVA<sup>1</sup>, N. A. KALIYEVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University*

<sup>2</sup>*M. Auezov South Kazakhstan State University*

**Abstract:** *The article presents the analysis results of environmental problems arising from operation of landfills and disposal of solid domestic waste. The analysis results of gas pollution resulting from physical and chemical, biochemical and other processes in the body of solid domestic waste landfills and their effects on the state of environment are also presented. The results of model experiments are presented, which allow revealing the role of some main components of SDW in the processes of synthesis of greenhouse and other gases.*

**Keywords:** *landfill, solid domestic waste, monitoring, environment, greenhouse gasses, biogas*

## ТҮРКІСТАН ҚАЛАСЫНЫҢ ҚАТТЫ ТҰРМЫСТЫҚ ҚАЛДЫҚТАР ПОЛИГОНЫНА СИПАТТАМА

**Аңдатпа:** *Бұл мақалада полигондар мен қатты тұрмыстық қалдықтарды көмудің нәтижесінде туындайтын экологиялық проблемаларды талдау нәтижелері келтірілген. Сондай-ақ, полигондардағы қатты тұрмыстық қалдықтардан физика-химиялық, биохимиялық және басқа да процестердің нәтижесінде бөлінетін газдардың қоршаған ортаға әсері көрсетілген. Парниктік және басқа да газдардың түзілуіне алып келетін қатты тұрмыстық қалдықтардың негізгі құрамын анықтауға мүмкіндік беретін модельдік эксперименттердің нәтижелері ұсынылған.*

**Түйінді сөздер:** *полигон, қатты тұрмыстық қалдықтар, мониторинг, қоршаған орта, парникті газдар, биогаз*

## ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ГОРОДА ТУРКЕСТАН

**Аннотация:** *В статье приведены результаты анализа экологических проблем, возникающих при эксплуатации полигонов и размещении твердых бытовых отходов. А также приведены результаты анализа газовых загрязнений, образующихся в результате физико-химических, биохимических и других процессов в теле полигонов ТБО, и об их воздействии на состояние окружающей среды. Представлены результаты модельных опытов, позволяющие выявить роль некоторых основных компонентов ТБО в процессах синтеза парниковых и других газов.*

**Ключевые слова:** *полигон, твердые бытовые отходы, мониторинг, окружающая среда, парниковые газы, биогаз*

## Introduction

Across the globe a special attention is paid to solution of problems related to treatment of solid domestic waste. This problem has existed since the day the person appeared. Apit method was first used with a layer-by-layer cover of soil for disposal of solid domestic waste, and then switched to accumulation of solid waste in a landfill around cities and villages. At the end of the 18<sup>th</sup> century, some countries, for example, in Scotland, wastes were pre-sorted prior to shipment by selecting some part of solid domestic waste (SDW) to reuse or for sale. Until now, the SDW problem has not found a universal optimum solution.

Currently, there are many modern technologies aimed at their decontamination and utilization. A burning method is widespread particularly at waste burning plants as well as a method of aerobic and anaerobic fermentation to produce gaseous commercial products directly at the sources of their generation or areas of disposal field and landfills. But the most common way is decontamination of solid domestic waste by burial in the landfills [1-3].

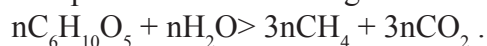
The statistical analysis indicates that the waste volumes are increasing year after year in many countries and it mainly depends on the population, on the kinds of their production activities, living standards and culture. [4]

At least 95% of SDW is stored at the landfills in Kazakhstan. With this approach an unfavorable factor of environmental impact by landfills is release of toxic gases with unpleasant odor. In windy weather, these gases spread over long distances, causing discomfort to the population living in nearby residential areas. Toxic odor is caused in the waste by presence of many carcinogenic, mutagenic, teratogenic compounds such as hydrogen sulfide, mercaptans, polynuclear aromatic hydrocarbons and other compounds [5-6].

Practically from the surface of all SDW landfills the emissions of greenhouse gases (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, etc.) in one or another amount and ozone-depleting gases are observed (nitrogen oxides, halogenated hydrocarbons, carbon tetrachloride, organic solvents, freon, dioxins, etc.). We can note a number of processes asso-

ciated with leakage of the nitrogen, halogen, and hydrogen cycles among causes of ozone depletion [7-12].

Garbage dumps and SDW landfills can be attributed to significant sources of biogas generated during bio-methanogenesis. Biogas is a destruction product of organic substrates with participation of the microbial association of various anaerobic microorganisms. It is a gaseous mixture consisting of from methane CH<sub>4</sub> (50–60%), carbon dioxide CO<sub>2</sub> (35–45%) and minor amounts of hydrogen sulfide H<sub>2</sub>S, nitrogen N<sub>2</sub> and hydrogen H<sub>2</sub> [13 -15]. The process of anaerobic gas formation corresponds to the following reaction:



The sources of biodegradable substances include livestock manure, poultry manure, food, garden-park, waste paper and other cellulose-containing waste. The speed and completeness of the processes of biodegradation depend on the morphological and chemical composition of SDW, climatic and geographical conditions, as well as on the stage of the landfill's life cycle [16].

The problem of biocontamination with domestic garbage is one of the main environmental problems in Kazakhstan. Currently, the total volume of accumulated SDW is over 100 million tons, at the same time about 5–6 million tons of SDW is being generated annually. This figure could grow to 8 million tons by 2025. To reduce the volume of SDW at the landfills in our country, prohibition burial of plastics, waste paper, cardboard and paper waste, glass becomes effective from January 1, 2019. The prohibition for burial of construction and food waste becomes effective from January 1, 2021 [17].

The objective of this work is to monitor the SDW landfill in the town of Turkestan to assess the state and find ways to minimize its environmental impact.

## Objects and methods of research

The SDW landfill of the town Turkestan occupies an area of 18 hectares of land. It is located 6 km south of the town and 1,6 km west of the highway Turkestan-Shauldir. The

site is fenced on all sides, bordered by free land plots. The nearest residential development (Shoytobe village ) is located at the distance of 1500 m from the east, the design capacity of the SDW landfill is 1 million 250 thousand tons. The service life is 25 years. The waste is stored at the landfill in layers, the compacted layer of SDW 2 m high is isolated by a soil layer taken from the spoil bank 0,25 m thick. The garbage trucks arriving at the landfill are unloaded at the working maps. The uploading areas of garbage trucks before the working maps are divided into 2 sites: for unloading of trucks and for operation of a bulldozer.

SDW is regularly moistened at the landfill in the summer fire hazardous periods. Water consumption for irrigation of 1 m<sup>3</sup>waste is ~ 10 l. The level of compaction of the landfill is controlled 2 times a year. Interim and final insulation of SDW compacted layer is carried out by soil. The volume of disposed and placed waste in the landfill is determined using the effective methods. According to the calculated data, the total volume of SDW is about 56000 tons/year, the urban population by the middle of 2018 is 263,0 thousand people.

We carried out a regular measurement of harmful gaseous substances' emissions using a universal analyzer ГАНК-4 (measuring height

up to 2 meters from the ground). While applying analyzer “ГАНК-4” the chemical cassettes or a built-in sensor were used. The cassette is designed for approximately 1000 counts for working area air and/or for atmospheric air. The built-in pump sucks the analyzed air through the inlet connection of the gas analyzer and passes it through the sensor or tape of a chemical cassette. Changing the cassette is manually and takes no more than 1 minute.

### Results and discussion

Various wastes of heterogeneous in composition are stored in the landfill. SDW is a heterogeneous mixture of complex morphological composition (ferrous and non-ferrous metals, waste paper, textiles, broken glass, plastic, food waste, stones, bones, rubber, leather, wood, etc.). The composition of solid waste varies depending on the type of farm and season [18-21]. The rate of garbage per person is constantly increasing with growth of industry and increase in volumes consumed rural products. The intensity of energy and material resources consumption by human increases in proportion to the population and even runs head its growth.

The approximate morphological composition of urban solid domestic waste is presented in table 1.

**Table 1 – Morphological composition of solid domestic waste placed at the landfill of the town Turkistan**

Name of components	Content of SDW components in % by seasons of year	
	winter-spring	summer-autumn
Food waste	5-7	8-10
Paper, cardboard	9-12	7-9
Tree	~0,4	~0,5
Ferrous and nonferrous scrap metal	≤1	≤2
Textile	4-6	4-6
Bones	5-7	4-6
Glass	3-5	10-12

continue table 1

Leather, rubber	6-9	5-7
Construction materials: stones, plaster, asbestos sheeting and others	8-9	10-15
Plastic	7-10	20-25
Manure, poultry droppings, wool and others	10-15	8-10
Other wastes	the others	the others

As can be seen from the data presented in Table 1, solid domestic waste represents a complex heterogeneous mixture. The content of food waste is unstable, their content in the total waste stream increases in summer-autumn period, which is associated with an increase in the consumption of vegetables and fruits, preparation for storage and absence of necessity to use them as food for animals and birds. Food waste is not thrown away in winter-spring period, but used for feeding animals. An increase in the content of glass and plastic containers is associated with an increased use of various beverages in hot summer months. An increase in construction waste by almost 2 times is connected with intensified repair and other construction works in summer-autumn months. The remaining fractions are changes lightly. Most of the waste components in classed IV and V hazard classes, an average waste density is 0,2 t/m<sup>3</sup>.

To reduce emissions of gaseous harmful substances from SDW into the atmospheric air, it is advisable to conduct regular layer-by-layer filling of waste with soil or, based on research, select certain types of waste that have adsorptive properties towards gases. This will reduce or avoid the spread of unpleasant odors outside the landfill.

As is known, one of the harmful gases released from the surface of landfill waste is biogas. Its composition and quantity depends on the fractional composition and chemical and biological properties of SDW.

Table 2 shows the results of experimental measurements at the landfills, carried out under conditions of low ignition.

A series of model experiments using different composition and nature of substrates were conducted to clarify and select the conditions reducing emissions ozone depleting and greenhouse gases (Table 3).

**Table 2 – The content of gaseous substances in the atmospheric air in the landfill area at observation of partial ignition of SDW, mg/m<sup>3</sup>**

Name of harmful substances	Content of components in the atmospheric air	Maximum permissible concentration (MPC)
Nitrogen oxides (IV)	0,008	0,200
Ammonia	0,140	0,200
Nitrogen oxides (II)	0,37	0,400
Sulfur oxide (IV)	0,125	0,500
Hydrogen sulphide	0,012	0,008
Carbon monoxide (II)	2,35	5,00
Dimethylbenzene	0,02	0,200
Methyl benzene	0,40	0,600
Formaldehyde	0,017	0,05

**Table 3 - Composition of substrate for model laboratory-based experiment**

Composition of substrate, g	Options					
	1	2	3	4	5	6
Food waste	250	250	250	250	250	250
Manure	200	200	200	200	200	200
Miscellaneous herbs	100	100	100	100	100	100
Sawdust	-	200	-	-	-	-
Sand	-	-	100	-	-	-
Cement	-	-	50	-	-	-
Limestone	-	-	50	-	100	-
Water	500	500	500	500	500	500
Wood ash	-	-	-	-	100	-
Nitric acid	-	-	-	-	-	400
Soil	-	-	-	200	-	-

**Table 4 – The amount of greenhouse and ozone-depleting gases on application of substrates of different composition**

Option N and sampling dates		The amount of generated gases in the decomposition process, mg (MPC)				
		Ammonia(0,2)	Mercaptan (0,006)	Sulphurated hydrogen (0,008)	Methane (50)	Carbon Monoxide (3900)
1	15.06	0,013	0,002	0,001	24,4	1199,0
	30.06	0,172	0,002	0,006	16,0	930,2
2	15.06	0,044	0,003	0,006	33,1	2670,0
	30.06	0,015	0,002	0,007	9,1	980,5
3	15.06	0,040	0,002	0,005	46,8	1805,0
	30.06	1,620	0,006	0,007	9,6	1210,0
4	15.06	0,014	0,002	0,006	50,3	3353,3
	30.06	0,063	0,002	0,005	9,1	1632,5
5	15.06	0,025	0,002	0,006	38,8	3043,8
	30.06	0,633	0,003	0,010	20,3	1110,0
6	15.06	0,009	-	-	-	-
	30.06	0,093	-	-	-	-

Food waste, manure, miscellaneous herbs were chosen as the main components involved in the formation of gaseous products. Such wastes as sawdust, sand, cement, limestone, wood ash, soil – sierozem were considered for selection of substances with sorption properties. Water and nitric acid are used to create background conditions, which contribute to sorption exchange process between considered components.

Table 4 shows the data obtained during the experiments conducted during June 2018. Samples were taken after 15 and 30 days from the start of experiments. The first option was adopted as a control experiment, in which the substrate contains food waste, manure, and miscellaneous herbs.

As can be seen from the data given in Tables 3-4, the amount of released gases from SDW volumes depends on nature of components that are a part of substrate.

A decrease in the amount of ammonia formed during fermentation of waste is observed in the 4th and 6th options, and conversely the acceleration of a ammonia formation process is observe din other options. A sharp decrease in the amount of ammonia formed in option 6 can be explained by reacting it with nitric acid with nitrates formation.

A volume of formed mercaptans is mainly associated with organic nature waste (food waste, manure, miscellaneous herbs). Application to the substrate of other waste has no significant effect on mercaptan formation processes.

In all experiments, an increase in the amounts of formed hydrogen sulfide, methane, and carbon monoxide was observed compared to the volumes formed in a control experiment. This indicates the participation of all considered substrate components in the synthesis process of hydrogen sulfide, methane and carbon monoxide.

### Conclusions

A characteristic of the town land fill of Turkestan was given anda morphological composition of SDW and its dependence on the season of the year were determined on the basis of monitoring. Direct analytic definitions of the qualitative and quantitative composition of greenhouse, ozone-depleting gases were carried out under the land fill conditions. The share of participation of some types of wastes in the gas formation process was determined and possible explanations of observed effects were given by formulating model experiments.

REFERENCES

1. Edwards J., Burn S., Crossin E., Othman M. Life cycle costing of municipal food waste management systems: The effect of environmental externalities and transfer costs using local government case studies // *Resources conservation and recycling J.* – 2018. – Vol.138. – Iss.3. P. 118-129.
2. Edwards J., Othman M., Crossin E., Burn S. Life cycle assessment to compare the environmental impact of seven contemporary food waste management systems // *Bioresource technology J.* – 2018. - Vol. 248. – Iss.1. P. 156-173.
3. Bernstad A., Jansen J.L. Separate collection of household food waste for anaerobic degradation - Comparison of different techniques from a systems perspective // *Waste management J.* – 2012. - Vol.32. – Iss.5. P. 806 - 815.
4. Market review of waste recycling // *Solid domestic waste.* -2014.-Vol.5. P.42-46.
5. Abushammala, M. F. M.; Basri, N. E. A.; Kadhum, A. A. H. Review on landfill gas emission to the atmosphere // *Eur. J. Sci. Res.* – 2009. - Vol. 30. – Iss.3. P. 427-436.
6. AlAhmad M., Dimashki M., Nassour A. Characterization, concentrations and emission rates of volatile organic compounds from two major landfill sites // *American J. Env. Sci.* – 2012. - Vol. 8. – Iss.1. P. 56 – 63.
7. I.L.Govor. Monitoring of greenhouse emissions as a result of waste and effluent treatment in the territory of the Russian Federation // *The problems of environmental monitoring and ecosystem simulation.*-2017, T.28, No.1. P.18-32.
8. Ilinykh G.V. Using the results of determining the morphological composition of municipal solid waste to justify the waste management system / G.V. Ilinykh // *Bulletin PNRPU. Urbanistick.* -2012. -Vol. 1. - P.8.
9. Ismagilov F. R., Kohanchikov L. A., Bogatyrev T. S., Dendilhanov M. I. Utilization of sulphurous associated gas // *Chemistry and fuel and oil engineering.* -2011.-Vol.1. P.3-7.
10. Gorbatenko Y.A. Adsorption of a toxic gas admixtures from contaminated air - Ekaterinburg, 2014, P.47.
11. Pantshaeva E.S., Pozharnov V.A., Maiorov N.I. Biogas technology and solution of a biomass problem and «greenhouse effect» in Russia // *Teploenergetika.*- 2000. -No.2. P.4-7.
12. A.M.Kasimov, A.S.Melashenko. Biogas of SDW landfill –an important reserve of alternative sources // *East-European magazine of advanced technologies.* -2008. - Vol.2. P.32.
13. Muhina I.V., Borodkina T.A. Depletion of ozone layer // *Territory of science,* 2014, No.1. P.21-23.
14. A.N. Chusov, V.I. Maslikov, D.V. Molodtsov. Investigation of biogas composition at the solid domestic waste landfill // *Safety in the technological shapre.*- 2013. - No.6 . P. 24-28.
15. Market review of waste recycling // *Solid domestic waste.* -2010. - No.5. P. 42-46.
16. Shubov L.Y., Starovskii M.E., Shehirev D.V. Megapolis waste technology: Training aid. M.: Science, 2005.
17. <https://primeminister.kz/ru/news/zasedanie-pravitelstva-rk/s-2019-goda-vstupayet-v-silu-zapret-na-zahoronenie-plastmassi-makulaturi-i-stekla-minenergo-rk-17225>
18. A.B. Adamovich., B.A. Adamovich., Yu.B. Vassilyev. New technology of landfill gas recycling // *Solid domestic waste.* -2008. -No.4. P.29.
19. Rudakova L.V. Biotechnological methods of emission reduction of contaminant from SDW burial landfills. - Perm, 2000, P. 68 .
20. Liikanen M., Sahimaa O., Hupponen M., Havukainen J., Sorvari J., Horttanainen M., Updating and testing of a Finnish method for mixed municipal solid waste composition studies // *Waste Management.* – 2016. – Vol.52. – P.25-33.
21. K. D. Shlegel, S. S. Verhoturov. Toxicological properties of the pollutant gases and their impact on human organism // *Topical issues of aviation, cosmonautics.* - 2016. Volume 1. P.23-25.

УДК 543.421/424.546.77  
МРНТИ 31.19.15

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЛИБДЕНА

А. ДЖЕКШЕМБЕККЫЗЫ, А.Г. ИСМАИЛОВА

Казахский Национальный университет им. аль-Фараби

**Аннотация:** Выбирая методику анализа, сначала необходимо знать задачи и цели, достоинства и недостатки методики выполнения анализа. Основными факторами при выборе метода и методики являются предел определения, чувствительность и воспроизводимость. С целью определения данных характеристик и выбора наиболее подходящей методики анализа был проведен ряд исследований. Для определения молибдена (VI) использованы роданидный, пероксидный методы, и методика определения в УФ области. Для каждой методики выполнена серия анализов и были построены градуировочные графики, найдены коэффициенты достоверности аппроксимаций. Проверено определение молибдена в УФ области и получены спектры молибдена при разных концентрациях. Сравнение методик определения молибдена (VI) осуществлялось путем нахождения минимальных концентраций и коэффициентов чувствительности. На основе сопоставления чувствительности различных методик и оценки содержания металла в исследуемом образце была выбрана наиболее оптимальная методика.

**Ключевые слова:** молибден, фотометрия, молекулярная спектроскопия, роданид аммония, хлорид олова (II), йодид калия, тиомочевина, стандартный раствор молибдена

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF THE PHOTOMETRIC DETERMINATION OF MOLYBDENUM

**Abstract:** When choosing a method of analysis, you first need to know the tasks and goals, the advantages and disadvantages of the method of analysis. The main factors when choosing a method and methodology are the limit of definition, sensitivity and reproducibility. In order to determine these characteristics and select the most appropriate analysis methodology, a number of studies were conducted. To determine molybdenum (VI), the rhodanide, peroxide methods, and the method of determination in the UV region were used. For each technique, a series of analyzes was performed and calibration graphs were constructed, and the coefficients of confidence of the approximation were found. The determination of molybdenum in the UV region was checked and the spectra of molybdenum were obtained at various concentrations. Comparison of methods for determining molybdenum (VI) was carried out by finding the minimum concentration and sensitivity coefficients. Based on a comparison of the sensitivity of different methods and the assessment of the metal content in the sample under investigation, the most optimal method was chosen.

**Keywords:** molybdenum, photometry, molecular spectroscopy, ammonium rhodium, tin (II) chloride, potassium iodide, thiourea, standard molybdenum solution

## МОЛИБДЕНДІ ФОТОМЕТРЛІК ЖОЛМЕН АНЫҚТАУДЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

**Аңдатпа:** Талдауда пайдаланылатын әдістемені таңдаудың алдында, оның мақсаттары мен міндеттерін, артықшылықтары мен кемшіліктерін біліп алу қажет. Әдіс пен әдістемені таңдауға ықпалын тигізетін ең басты шамалар – анықталу шегі, сезімталдық және қайталампаздық болып табылады. Осы шамаларды және ең тиімді әдістемені таңдау мақсатында бірқатар зерттеулер жүргізілді. Молибденді (VI) айқындау үшін роданидті, пероксидті әдістері және УК аумақта анықтау әдістемесі қолданылды. Әрбір әдістеме үшін талдау топтамасы жүргізіліп, градуирлеу қисықтары тұрғызылды, аппроксимацияның дұрыстылық коэффициенттері есептелді. Молибденді УК аумақта айқындау зерттелді және әртүрлі концентрациядағы молибденнің спектрлері түсірілді. Молибденді (VI) анықтау әдістемелерін салыстырылуы минималды концентрация мен сезімталдық коэффициенттерін

есептеу арқылы жүзеге асырылды. Әрбір әдістеменің сезімталдылықтарын сәйкестендіре отырып және зерттелетін үлгідегі металдың мөлшерін бағалау арқылы ең тиімді әдіс таңдалды.

**Түйінді сөздер:** молибден, фотометрия, молекулалық спектроскопия, аммоний роданиді, қалайы (II) хлориді, калий йодиді, тиомочевина, молибденнің стандартты ерітіндісі

### Введение

Важные химические и физические свойства молибдена обуславливают его широкое применение в различных областях современной промышленности. Разработано множество методик определения молибдена (VI). Каждая методика имеет свое предназначение и свои преимущества. Наряду с электрохимическими, хроматографическими методами, спектрофотометрические методы определения молибдена имеют широкое применение. Среди них большую роль играют фотометрические методы анализа. Известно множество методик фотометрического определения молибдена. Среди них широко распространен роданидный метод, что обусловлено высокой чувствительностью, воспроизводимостью и доступностью необходимых реагентов. Основной процесс, происходящий в данном методе – восстановление шестивалентного молибдена до пятивалентного. Различие этих методик заключается в используемом восстановителе. В качестве восстановителя могут применяться йодид калия [11], хлорид олова [12], тиомочевина [13], аскорбиновая кислота [14] и т.д. Кроме этого, в настоящее время процессы экстракции и сорбции применяют совместно с фотометрическим методом [1-9].

Обработка результатов химического анализа является важным этапом аналитического определения. При помощи метрологии появляется обоснование методом обработки, которая позволяет получать наиболее точное представление результата [10].

Разнообразность методик определения молибдена фотометрическим методом усложняет выбор самой точной методики. С помощью ряда метрологических обработок можно решить эту проблему.

Целью работы является сравнение разных методик определения молибдена фотометрическим методом.

### Эксперимент

В работе использовались стандартные растворы молибдена. Для приготовления стандартного раствора молибдена навеску 0,184 г (молибдат аммония  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) растворяют водой в мерной колбе емкостью 1 л и доливают водой до метки. В 1 мл раствора содержится 0,01 моль/л молибдена.

Рабочие растворы готовили путем разбавления стандартного раствора до нужной концентрации. Использовали свежеприготовленные растворы.

Контроль содержания молибдена в растворах осуществляли методами фотоколориметрии и молекулярной спектроскопии на фотоколориметре «КФК – 2МП» (Производитель: Россия, «Загорский оптико-механический завод»), рабочие условия определения:  $\lambda=400-540$  нм,  $l=1$  см) и спектрофотометре «LEKI SS1207 UV» (Производитель: Финляндия, «LEKI Instruments»), рабочие условия определения:  $\lambda=200-230$  нм,  $l=5$  мм).

Также в работе были использованы ряд реагентов (таблица 1):

**Таблица 1 – Перечень использованных реагентов**

№	Название	Концентрация
1	Роданид калия (или аммония) (х.ч.)	20%-ный или 25%-ный раствор
2	Соляная кислота (х.ч.)	Раствор 1:3
3	Сульфит натрия (х.ч.)	1%-ный раствор
4	Хлорид (III) железа (х.ч.)	10%-ный раствор
5	Тиомочевина (х.ч.)	10%-ный раствор
6	Сульфат меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (х.ч.)	25%-ный раствор
7	Серная кислота (х.ч.)	Раствор 1:2
8	Пероксид водорода (х.ч.)	3%-ный раствор

**Результаты и их обсуждение**

*Способ 1. Определение молибдена (VI) роданидным методом (восстановитель – йодид калия)*

Главный процесс данной методики – восстановление молибдена шестивалентного до пятивалентного. Роданид применяется для того, чтобы образовалось комплексное соединение молибдена. Йодид калия выполняет роль восстановителя, а прибавление сульфата натрия предотвращает образование побочных соединений (низшие соединения молибдена).

Для колориметрирования берут аликвотную часть раствора. То есть, берут 2–5–10 мл, чтобы содержание молибдена было в пределах  $6,25 \cdot 10^{-4}$ – $6,25 \cdot 10^{-3}$  моль/л, если есть необходимость, то делают предварительное разбавление. Аликвот переносят в мерную колбу или цилиндр вместимостью 50 мл, прибавляют 35 мл соляной кислоты (1:3), 3 мл 20%-ного раствора роданида, 1 г йодида калия и 1 мл 1%-ного свежеприготовленного раствора сульфата натрия.

После прибавления каждого из реагентов, доводят до метки раствором соляной кислоты (1:3) и колориметруют через 10 минут. Измерения проводят путем применения зеленого светофильтра (520-560 нм). Количество

молибдена находят по заранее построенной калибровочной кривой.

По полученным данным были построены градуировочные графики. Результаты исследования показаны в табл.2.

*Способ 2. Определение молибдена (VI) роданидным методом (восстановитель – хлорид олова (II) )*

В данной методике хлорид (II) олова выступает как восстановитель. Роль хлорида олова очень важна, большая часть хлорида (II) олова расходуется на восстановление Fe (III) до Fe (II), и в растворе образуется достаточное количество  $\text{SnCl}_4$ .

В мерную колбу вместимостью 25 мл переводят раствор, чтобы содержание молибдена в 15 мл исследуемого раствора было  $1,04 \cdot 10^{-4}$ – $7,29 \cdot 10^{-3}$  моль/л, затем прибавляют 7 мл от смеси кислот, несколько капель хлорида (III) железа, 2 мл раствора роданида и 2 мл хлорида (II) олова. Содержимое колбы доводят до метки дистиллированной водой, хорошо перемешивают и измеряют оптическую плотность. Содержание молибдена определяют по калибровочной кривой.

По полученным данным были построены градуировочные графики. Результаты исследования показаны в таблице 2.

**Таблица 2 – Характеристики градуировочного графика**

Методики	C, моль/л	$\lambda$ , нм	l, см	Величина достоверности аппроксимации	Уравнение
М – 1 (Роданидный метод, восстановитель – KI)	$10^{-4}$	540	1	$R^2= 0,9997$	$y=0,2101x + 0,0014$
М – 2 (Роданидный метод, восстановитель – $\text{SnCl}_2$ )	$10^{-5}$	400	1	$R^2=0,9995$	$y=0,2731x - 0,0023$

*Способ 3. Определение молибдена (VI) роданидным методом (восстановитель – тиомочевина*

В данной методике для образования комплексного соединения используется роданид аммония. Восстановитель – тиомочевина. Отличие данной методики от других – это использование катализатора. Сульфат меди выступает в качестве катализатора. В случае без катализатора реакция идет очень медленно и

есть возможность того, что комплексное соединение молибдена не образуется.

В мерную колбу вместимостью 25 мл помещают 5 мл исследуемого раствора, прибавляют 7 мл серной кислоты, 2 мл сульфата меди и 5 мл тиомочевины. Через 5 минут с помощью пипетки прибавляют 1,5 мл роданида аммония и доводят до метки дистиллированной водой. После прибавления каждого реагента содержимое колбы тщательно перемешивают.

Через 10 минут измеряют оптическую плотность раствора в спектрофотометре с толщиной слоя 2 см, при длине волны 440-470 нм по отношению к дистиллированной воде.

По полученным данным были построены градуировочные графики. Результаты исследования показаны в табл.3.

*Способ 4. Определение молибдена (VI) пероксидом водорода*

Данный способ является экономичным по расходу реагентов. Пероксид водорода применяется для образования комплекса, а кислота для создания кислой среды.

В исследуемый раствор, содержащий соль молибдена (VI), прибавляют 10 мл со-

ляной кислоты, 2 мл раствора пероксида водорода и доводят до 50 мл дистиллированной водой. После перемешивания раствора фотометрируют с выбранным светофильтром по отношению к раствору сравнения. Измерения проводят 5 раз. По средней величине светопоглощения, используя градуировочный график, находят содержание молибдена (VI) в исследуемом растворе. По методу наименьших квадратов находят доверительный интервал и стандартное отклонение.

По полученным данным были построены градуировочные графики. Результаты исследования показаны в табл.3.

**Таблица 3 – Характеристики градуировочного графика**

Методики	C, моль/л	$\lambda$ , нм	l, см	Величина достоверности аппроксимации	Уравнение
М – 3 (Роданидный метод, восстановитель – тиомочевина)	$10^{-4}$	440	2	$R^2=0,9991$	$y=0,4799x + 0,0152$
М – 4 (Определение пероксидом водорода)	$10^{-4}$	400	1	$R^2=0,9998$	$y=0,0926x + 0,0004$

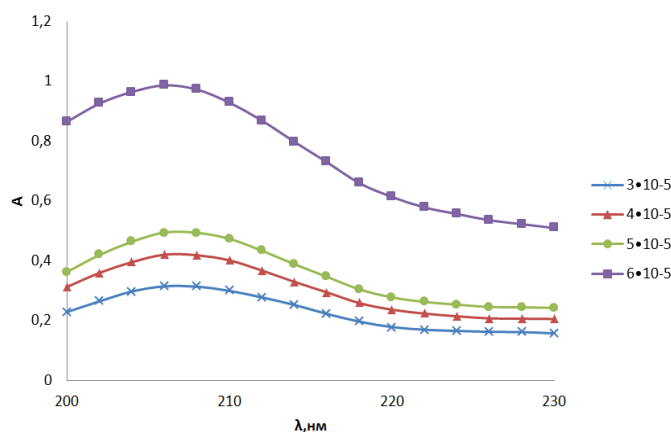


Рис. 1 – Изменение оптических плотностей стандартных растворов молибдена при разных значениях длины волны

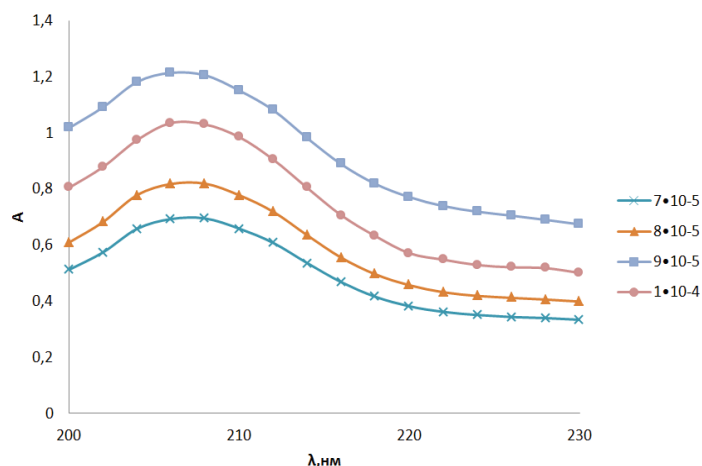


Рис. 2 – Изменение оптических плотностей стандартных растворов молибдена при разных значениях длины волны

Как видно из графиков, при определенных условиях для каждой методики достигается максимально хороший результат. Линии прямолинейны.

**Получение спектров молибдена при разных концентрациях**

Спектроскопическое определение молибдена в ультрафиолетовой области мало изучено. Существует несколько методик, в которых применяется стандартный раствор молибдена и гидроксид натрия, а также другие реактивы. В других методиках используется серная кислота.

В данной статье было изучено определение молибдена в УФ области, в котором применяется только стандартный раствор молибдена. Для этого были приготовлены стандартные растворы молибдена при разных концентрациях. Спектры получены в спектрофотометре LEKI SS1207 UV.

По полученным данным были построены

графики. Результаты исследования показаны на рисунках 1-2.

По полученным спектрам молибдена было определено, что максимальное поглощение происходит при длине волны 206 нм. Эти данные использовались для дальнейшего определения содержания молибдена в УФ области.

*Способ 5. Спектроскопическое определение молибдена в УФ области*

Исследуемый раствор, содержащий соль молибдена (VI), помещают в кварцевые кюветы с толщиной слоя 10 мм и измеряют оптическую плотность раствора в спектрофотометре. Измерения проводят 5 раз. По средней величине светопоглощения, используя градуировочный график, находят содержание молибдена (VI) в исследуемом растворе.

По полученным данным были построены градуировочные графики. Результаты исследования показаны в таблице 4.

**Таблица 4 – Характеристика градуировочного графика**

Методики	C, моль/л	λ, нм	l, см	Величина достоверности аппроксимации	Уравнение
М – 5 (Определение в УФ области)	10 <sup>-4</sup>	206	1	R <sup>2</sup> =0,9997	y=0,6529x - 0,0011

**Метрологическая обработка**

Для сравнения методик фотометрического определения молибдена были найдены минимальные концентрации и коэффициенты чувствительности методик.

Пределом определения называют наименьшую концентрацию, которая может быть определена при помощи данной методики с погрешностью, не превышающей 0,2%. Для определения минимальной концентрации методик необходимо градуировочные кривые объединить в один график. Далее нужно найти общую оптическую плотность, в данной

работе общая оптическая плотность равна 0,200. По найденному значению оптической плотности параллельно к оси абсцисс проводят линию. По месту пересечения прямых и линии рисуют параллель к оси ординат. Были найдены минимальные концентрации методик. Найденные значения показывают чувствительность методик.

Результаты исследования приведены на рисунке 3 и обобщены в таблице 5, приведена чувствительность методик.

В таблице 5 показаны точные значения чувствительности методик.

**Таблица 5 – Определяемая минимальная концентрация методик**

Методики	C <sub>min</sub> , моль/л
М – 1 (Роданидный метод, восстановитель – KI)	1,02·10 <sup>-4</sup>
М – 2 (Роданидный метод, восстановитель – SnCl <sub>2</sub> )	0,08·10 <sup>-4</sup>
М – 3 (Роданидный метод, восстановитель – тиомочевина)	0,40·10 <sup>-4</sup>
М – 4 (Определение пероксидом водорода)	2,27·10 <sup>-4</sup>
М – 5 (Определение в УФ области)	0,35·10 <sup>-4</sup>

По этой таблице можно сделать такой вывод: самой чувствительной методикой является роданидный метод определения (восстановитель – хлорид олова) (М-2).

Как видно на данном рисунке, роданидный метод определения молибдена с использованием в качестве восстановителя хлорида (II) олова более чувствителен по сравнению с другими методиками, так как наклон графика зависимости величины аналитического сигнала от содержания молибдена самый крутой.

Чувствительностью называют степень изменения аналитического сигнала при изменении концентрации вещества. Чем выше наклон градуировочной кривой, тем выше чувствительность методики. То есть, и по этому определению можно сказать, что данная методика самая чувствительная.

Угол наклона калибровочной прямой указывает на чувствительность определения, чем больше  $\text{tg } \alpha$ , тем чувствительнее метод определения. Результаты определения  $\text{tg} \alpha$  показаны в таблице 6.

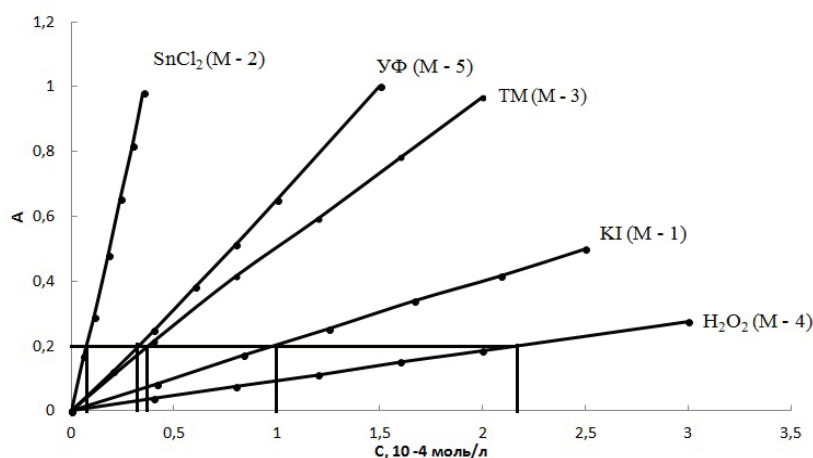


Рис. 3 – Чувствительность фотометрического метода определения молибдена

Таблица 6 – Тангенс углов градуировочных кривых

Методики	$\text{tg} \alpha$
М – 1 (Роданидный метод, восстановитель – KI)	0,87
М – 2 (Роданидный метод, восстановитель – SnCl <sub>2</sub> )	1,615
М – 3 (Роданидный метод, восстановитель – тиомочевина)	1,00
М – 4 (Определение пероксидом водорода)	0,685
М – 5 (Определение в УФ области)	1,30

Как видно из таблицы 3, самой чувствительной методикой является роданидный метод определения (SnCl<sub>2</sub>).

### Выводы

Для сравнительного анализа характеристик фотометрического определения молибдена были испытаны пять разных методик (роданидные методы, пероксидный метод и метод определения в УФ области) и были построены градуировочные графики, средняя величина достоверности аппроксимации равна  $R^2 = 0,9996$ .

Для сравнения методик фотометрического определения молибдена были найдены минимальные концентрации и коэффициенты чувствительности методик.

Для определения минимальной концентрации методик был построен сравнительный градуировочный график. По графику определена минимальная концентрация  $C_{\text{min}} = 8,00 \cdot 10^{-6}$  моль/л для методики с использованием в качестве восстановителя хлорида (II) олова.

Для сравнения чувствительности методик были найдены тангенс углы градуировочных кривых.

Самой чувствительной методикой является роданидный метод определения (восстано-

витель – хлорид олова) (М-2), так как наклон графика зависимости величины аналитического сигнала от содержания молибдена самый крутой, а чем выше наклон градуировочной кривой, тем выше чувствительность методики.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаева К.С. Концентрирование и определение микроколичеств молибдена (VI) комплексообразующим полимерным сорбентом // *Kimya problemleri*. – 2016. – №2. – С.158-163.
2. R. Dass, J.K. Kapoor, S. Gambhir. Spectrophotometric determination of molybdenum using surfactant-mediated liquid-liquid extraction// *Turk J Chem*, 38. –2014. Pp. 328-337.
3. K.P. Satheesh, S. Ravichandran, V. Suryanarayana Rao, N. Devanna and K.B. Chandrasekhar. Spectrophotometric Determination of Trace amounts of Molybdenum(VI) Using 4-Hydroxybenzaldehydethiosemicarbazone // *International Journal of ChemTech Research*. Vol. 3, No.4, Pp 1740-1746, Oct-Dec 2011.
4. K. Pyrzynska. Determination of molybdenum in environmental samples // *Analytica Chimica Acta* 590. – 2007. Pp. 40–48.
5. Кочелаева Г.А., Иванов В.М., Гусейнова А.Р. Комплексообразование в системе молибден (VI) – 3,5 – ди – Вг – ПААФ – гидроксилламин в растворе и на сорбенте // *Вестник Московского ун-та*. – 2002. – Т. 23. – № 3. – С. 155-162.
6. Кулиев К.А., Гаджиева А.Б. Спектроскопическое исследование разнолигандных комплексов молибдена с 2,6-дитиол-4-трет-бутилфенолом и гидрофобными аминами // *Kimya Problemleri*. – 2015. – №1(13). – С. 30-38.
7. Мирзаева Х.А., Ахмедов С.А., Бабуев М.А. Спектрофотометрическое определение молибдена в виде комплекса с бромпирогаллоловым красным и димедролом в присутствии ОП-7 // *Вестник Дагестанского научного центра*. – 2011. – №40. – С. 20-23.
8. Мирзаева Х.А., Ахмедов С.А., Бабуев М.А., Кимпаева М.М. Исследование реакции взаимодействия молибдена (VI) с бромпирогаллоловым красным и димедролом в мицеллярной среде неионогенного поверхностно-активного вещества ОП-7 // *Вестник Дагестанского государственного университета*. – 2012. – №1. – С. 228-232.
9. Руденко Э.И., Зайцева М.В., Цыбуляк О.Д., Данилина Е.И. Влияние ОП-7 и ОП-10 на образование салицилфлуороната молибдена (VI) // *Вестник ЮУрГУ*. – 2012. – №1. – С. 9-16.
10. Иняев И.В. Метрологическая обработка результатов химического анализа. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – С.65.
11. Заводская лаборатория, № 9, 1998. – 544 с.
12. Бабко А.К., Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В., Рябушко О.П. Физико-химические методы анализа. – М.: Высш. шк., 1968. – С.135-137.
13. Алесковский В.Б. и др. Физико-химические методы анализа. Практическое руководство. Изд.2-е. пер. и испр. – Л.: Химия, 1971. – С. 102-103.
14. Бусев А.И. Аналитическая химия молибдена. – М.: Издательство академии наук СССР. – 1969. – С. 208-209.

ӘОЖ 544.636/.638  
МРНТИ 31.15.33

## ШУНГИТ ЭЛЕКТРОДЫНДА АЗОТ ҚЫШҚЫЛДЫ ФОН ЭЛЕКТРОЛИТТЕРІНДЕ ПЕРРЕНАТ ИОНДАРДЫҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ КҮЙІ

Л.К. КУДРЕЕВА<sup>1</sup>, А.Р. КАЛЫЕВА<sup>1</sup>, Ж.С. МУКАТАЕВА<sup>2</sup>, М.Д. РЫСКЕЛДИЕВА<sup>1</sup>,  
Г.Ж. ЖАНТІЛЕС<sup>2</sup>

<sup>1</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті

<sup>2</sup>Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті

**Аңдатпа:** Жұмыстың мақсаты – азот қышқылды электролит ортасында перренат иондардың электрохимиялық қасиеттерін зерттеу. Азот қышқылды ерітінділерде перренат иондардың электрохимиялық тотықсыздануы нәтижесінде рений диоксиді түзілетіні анықталды. Тұнбаның электрототығуы кезінде анодты вольтамперлік қисықтарда бір анодты пиктің потенциалы:  $E = +0.40$  В құрайды. Анодты және катодты процестерде шектеуші саты реакцияласушы бетке заттың тасымалдануы болады. Алынған заңдылықтар негізінде перренат ионының шунгит электродында потенциал мәндеріне байланысты адсорбцияланатыны көрсетілді.

**Түйінді сөздер:** электрохимиялық қасиеті, электрод, рений, вольтамперлік қисық

## ELECTROCHEMICAL BEHAVIOR OF PERRHENATE IONS IN NITRIC ACID SUPPORTING ELECTROLYTES ON SHUNGITE ELECTRODE

**Abstract:** Purpose of the work is the study of the electrochemical properties of perrhenate ions in an electrolyte of nitrate. It has been established that in nitric acid solutions, rhenium dioxide is formed as a result of the electrochemical reduction of perrhenate ions. During electrooxidation of sediment in anodic current-voltage curves, the potential is one anode peak:  $E = +0.40$  V. It can be assumed that the limiting stage of the processes of both the anodic and cathodic processes is the delivery of the substance to the reacting surface. On the basis of the obtained laws, it was shown that the perrhenate ion is adsorbed on the shungite electrode, depending on the values of the potentials.

**Keywords:** electrochemical properties, electrode, rhenium, current-voltage curve

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ПЕРРЕНАТ-ИОНОВ В ЭЛЕКТРОЛИТАХ АЗОТНОКИСЛОГО ФОНА НА ШУНГИТОВОМ ЭЛЕКТРОДЕ

**Аннотация:** Цель работы – изучение электрохимических свойств перренат-ионов в среде азотнокислого электролита. Установлено, что в азотнокислых растворах в результате электрохимического восстановления перренат-ионов образуется диоксид рения. При электроокислении осадка в анодных вольтамперных кривых потенциал составляет один анодный пик:  $E = +0.40$  В. Можно предположить, что лимитирующей стадией процессов как анодного, так и катодного является доставка вещества к реагирующей поверхности. На основании полученных закономерностей показано, что перренат-ион адсорбируется на шунгитовом электроде в зависимости от значений потенциалов.

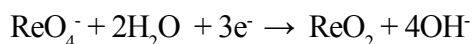
**Ключевые слова:** электрохимическое поведение, электрод, рений, вольтамперная кривая

Ренийді сулы ерітінділерден электрохимиялық тұндырғанда, жоғары электродты тотықсыздану потенциалы әсерінен оксидті формалар түзіледі және осы потенциалда су-

тегінің бөлінуі де жүріп, тоқ бойынша шығым да төмен болады. Сонымен қатар, сулы ерітінділерде сирек металдардың ерітінділерден бөлінуі асқын кернеулікпен, электрод бетінде

атомның аз қозғалысымен және баяу кристаллизация сатысымен жүреді. Осындай орталардың артықшылығына тотығудың төменгі дәрежесіндегі ренийдің (поливалентті элемент ретінде) ионизациялану мүмкіндігі жатады, осылайша энергияның шығындалуы төмендейді, сәйкесінше процестің өнімділігі артады деген сөз [1].

[2, 3] жұмыста вольтамперлік қисықтар түсіру әдісімен 0.04 М HNO<sub>3</sub> қышқылды фон ерітінділерінде перренат иондарының электрохимиялық тотықсыздануы көрсетілген. Қалайы электродында перренат ионының тотықсыздануы кезінде көптеген нәтижелер -1.1 В потенциалда электрод бетінде сары-қара түсті тұнба пайда болатыны және перренат концентрациясы өскен сайын оған пропорционалды түрде толқын ұзындығы өсетіні байқалған. Перренат иондарының тотықсыздануын мына реакция сипаттайды:



Перренат ионының тотықсыздану толқыны концентрациясы 0.3 – 1 н сілтіде айқын көрінген. Сонымен қатар, [4] жұмыста шунгит электродында қышқылды (0.04 М HNO<sub>3</sub>) электролиттерде перренат иондардың электрохимиялық күйі зерттелінген.

Тұнбаның электрототығыуы кезінде анодты вольтамперлік қисықтарда екі анодты шыңның потенциалдары: E<sub>на,1</sub> = + 0.1 В және E<sub>на,2</sub> = +0.35 В құрайды [5]. Сонымен қатар, 0.04 М HNO<sub>3</sub> фонда, 45 мВ/с потенциал берілу жылдамдығында, 0.5 мг/мл аммоний перренаты ерітіндісінде рений диоксиді тұнбасының электрототығыуындағы бірінші анодтық пиктің электролиз потенциалына тәуелділік қисығы алынған. [6] жұмыста шунгит электродында азот қышқылды ерітінділерде перренат иондардың электрохимиялық тотықсыздану нәтижесінде рений диоксиді түзілетіні анықталған.

Соңғы жылдары апротонды еріткіштер зерттеушілердің үлкен қызығушылығын ту-

дырып отыр [7-11]. Мұндай еріткіштерді қолдану сулы ерітінділерде тұрақсыз көптеген заттардың электрохимиялық күйін және сутектің бөліну реакциясының бәсекелестігінен сулы ерітінділерде жүзеге асатын қиын процестерді зерттеуге мүмкіндік береді. Металдық ренийді электролиздік жолмен алу дағы айтарлықтай қиындықтардың бірі – осы металдағы сутектің аса кернеуі өте аз болуы және тоқтың негізгі бөлігі сутектің бөлінуіне жұмсалуды.

[12-18] жұмыста электрохимиялық реакция жылдамдығының ең баяу сатысы оксидті қабыршақ арқылы зарядтардың тасымалдануы болатыны және сусыз ортада ренийді бөліп алу мүмкіндігі көрсетілген.

Рений ерітінділерде әртүрлі тотығу дәрежесі түрінде кездеседі: Re (VII)-ден Re (I)-ге дейін. Металдық ренийді концентрлі азот қышқылында еріткеннен кейін ол ерітіндіде перренат ион (ReO<sub>4</sub><sup>-</sup>) түрінде қалады.

Шунгит электродында перренат ионының электрохимиялық тотықсыздануы зерттелді. Вольтамперлік қисықтың шекті тоғы -0.50 В (E<sub>1/2</sub> = -0.45 В) потенциалмен айқындалады. Процесс тоғы ерітіндідегі перренат иондардың концентрациясына тәуелді өзгерді.

[18] (133-беттегі) әдебиетке негіздей отырып, қайтымды өтетін процесті келесі теңдеумен өрнектеледі:

$$I = 3,67 \cdot 10^5 \cdot z^{3/2} \cdot (D \cdot W)^{1/2} \cdot C_0$$

Мұндағы, I - ток шыңы, А; W - потенциал берілу жылдамдығы, 0.045 В/с; D – перренат иондардың диффузиялану коэффициенті 8.1 · 10<sup>-5</sup> см<sup>2</sup>/с; z - катодтық процестегі электрондар саны; C<sub>0</sub> - ерітіндідегі перренат иондардың концентрациясы, моль/дм<sup>3</sup>.

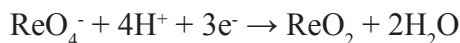
Бұл теңдеу катодты процеске қатысатын электрондардың жалпы санын анықтауға мүмкіндік береді. Көлбеудің тангенсін есептесек, ол 417-ге тең болады.

Сонда теңдеуді келесі түрге түрлендірсек:

$$\frac{dI}{dC_0} = \text{tg}Q - 3.67 \cdot 10^5 \cdot z^{3/2} \cdot (8.1 \cdot 10^{-5})^{1/2} \cdot (4.5 \cdot 10^2)^{1/2}$$

Онда, катодты процесте қатысатын жалпы электрондар саны:  $z=3$ .

Сонымен, жоғары айтылғандарды ескеріп отырып, қышқыл ортада перренат иондардың электрототықсыздануынан  $\text{ReO}_2$  түзілетіні тұжырымдалады:

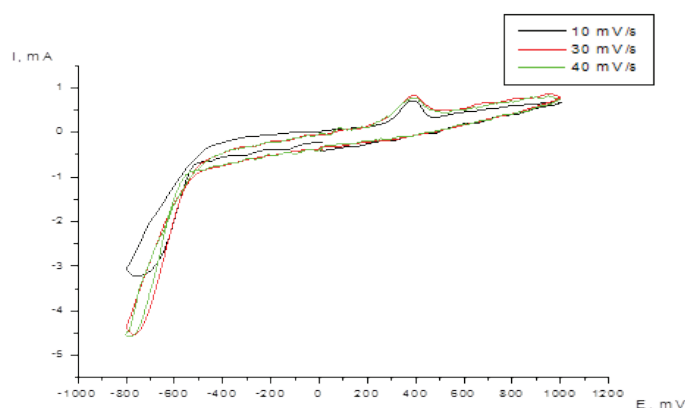


Шунгит электродының бетінде тұнған катодтық процестің өнімдеріне анодтық еру процесін жүргізгенде анодтық вольтамперлік қисықтарда анық көрінетін токтың екі максимумы байқалған [5]. 0.05 М азот қышқылы ерітіндісіндегі шунгит электродында түсірілген электрохимиялық тотығу процесінің вольтамперлік қисықтары жасалынды. Мұнда қисықтардың өзіне тән формасы бар, олардың

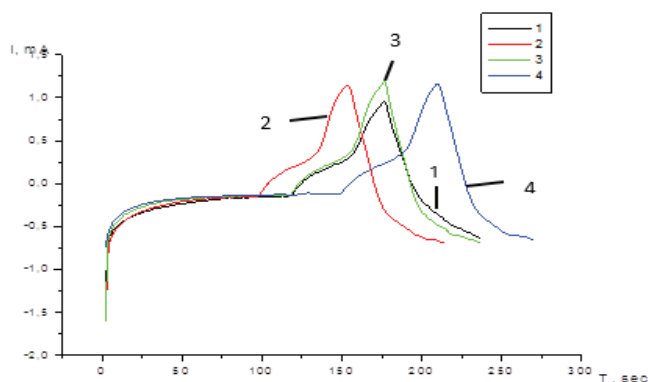
шамалары потенциал беру жылдамдығына және ерітіндідегі перренат иондарының концентрациясына байланысты.

Тұнбаның электрототығуы кезінде анодты вольтамперлік қисықтарда екі анодты шыңның потенциалдары:  $E_{\text{па1}} = +0.22$  В және  $E_{\text{па2}} = +0.44$  В құрайды.

1-суретте шунгит электродында 0.06 н  $\text{HNO}_3$  ортада перренат иондарының электрохимиялық тотықсыздану поляризациялық қисығы көрсетілген. Поляризациялық қисықтар әртүрлі потенциал беру жылдамдығында түсірілген. Потенциал беру жылдамдығының мәні артқан сайын, токтың мәні өседі. Оның себебі, жоғары потенциал беру жылдамдығында қабыршақ түзіліп үлгермейді. 0.05 М азот қышқылы ерітіндісімен салыстырғанда катодтық облыста шың байқалмайды, бірақ



1-сурет. Фон 0.06 н  $\text{HNO}_3$  1 мг/л перренат ионының концентрациясында әртүрлі потенциал беру жылдамдығында шунгит электродында түсірілген қисықтар



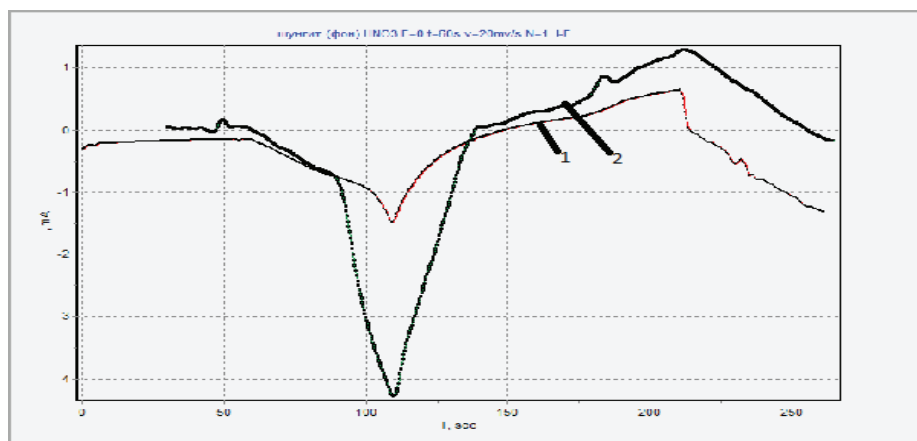
2-сурет. Шунгит электродында ток-уақыт қисығы, 1 – 0.06 фон, 2 – 1 мг/л перренат-ионы 100 секунд, 3 – 1 мг/л перренат-ионы 120 секунд, 4 – 1 мг/л перренат-ионы 150 секунд

анодтық облыста +0.4 В потенциалда токтың максимумге жеткенін көруге болады. Бұл ренийдің немесе ренийдің төмен валентті оксидінің тотығуымен байланысты. Бірақ электрохимиялық тотықсызданудан кейін түсірілген рентгенспектрлік талдау нәтижелерінен электрод бетінде төсемеден басқа рений, оттегі бар екені анықталды. Келесі тәжірибелер осы перренат ионының адсорбциялануын дәлелдеу бағытында жүргізілді. Осы себепті анализделінуші перренат иондары бар ерітіндіде электродты тұрақты потенциалда  $E = -400$  мВ-та ұстап, тотықсыздану процесіне ұстап тұру уақытының әсері зерттелді.

Келесі келтірілген 2 суретте токтың уақытқа қатысты қисықтары көрсетілген. Уақыт мәндері 100 секунд, 120 және 150 секунд аралығында зерттелді. Бұл тәжірибелер шунгиттің фон –  $0.06$  н  $\text{HNO}_3$  +  $1$  мг/л,  $E = -400$  мВ-та түсірілген циклдік вольтамперограмма қисықтары негізінде алынды. Суреттегі графиктерде көрініп тұрғандай, уақыттың өтуімен токтың максимал мәні артады. Осындай заңдылықтың қалыптасу себебі, шунгиттің күшті адсорбциялық қасиеті болуынан фондағы перренат ионы адсорбцияланатындығы, перренат ионы біткенге дейін уақыт қаншалықты ұзақ ұсталса, соншалықты перренат ионы адсорбцияланып, потенциал жіберілген аймақта токтың максимал мәнін беретіндігі көрсетілді. Перренат ионы мөлшеріне байланысты бұл тәуелділік шекті аймақта болмақ, ары қарай қанша уақыт ұсталса да токтың максимал мәні өзгермей қалады.

ЦВА қисығы негізінде алынған ток – уақыт сызықтары. Көрсетілген сызықтар  $E = -100$  мВ потенциалында 60 с ұсталып, одан кейін катодтық тармақта  $1000$  мВ ÷  $-1000$  мВ аралығында  $v = 20$  мВ/с өрістелінген әдістемен алынған. Келтірілген 1-қисықта процесс тек фонның өзінде жүреді. Осы салыстырмалы қисықтар негізінде катодтық тотықсыздану процесінің перренат иондар қосылған жағдайда (2-қисық, 3-сурет) жеңілдеп ток мәнінің едәуір өсетіндігін байқауға болады. Осы нәтижеден фонға қосылған перренат ионы электродқа адсорбцияланып, деполяризациялық рөл атқарады, яғни берілген потенциалда шунгитте болатын электрохимиялық процестер сол потенциалда перренат қосылмаған жағдайдағы электродта жүретін шунгиттің электрохимиялық процестеріне қарағанда жеңіл жүреді (2-қисық, 3-сурет). Перренат ионы электрохимиялық процесті жеңілдетеді де, бұл графикте көргендеріңіздей ток максимал мәнін береді.

Сонымен, алынған заңдылықтар негізінде перренат ионының шунгит электродында потенциал мәндеріне байланысты адсорбциялатынын байқауға болады. Азот қышқылды ерітінділерде перренат иондардың электрохимиялық тотықсыздану нәтижесінде рений диоксиді түзілетіні анықталды. Тұнбаның электрототығуы кезінде анодты вольтамперлік қисықтарда бір анодты шыңның потенциалы:  $E = +0.40$  В құрайды. Анодты және катодты процестерде шектеуші саты реакцияласушы бетке заттың тасымалдануы болады.



3-сурет. Шунгит электродында түсірілген ток-уақыт қисығы, 1 – фон  $0.06$  М  $\text{HNO}_3$ , 2 – фон  $+ 1$  мг/л  $\text{KReO}_4$

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Кудреева Л.К., Супиева Ж.А., Құдайбергенова Н.А. Ренийдің электрохимиялық тотықсыздануына қазіргі заманғы көзқарастар // Республиканская научно-практическая конференция «Медицинские и естественные науки: актуальные проблемы теории и практики», посвященная 100-летию Х. Жуматова. Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, 6-7 декабря. – 2012. – С. 264-268.
2. Кудреева Л.К., Кулбаева Ж.Н., Супиева Ж., Серикбаев Б.А. Шунгит электродында қышқылды электролиттерде перренат-иондарының электрохимиялық күйі // Материалы III международной конференции: Коллоид и поверхности. – №3(67). – Алматы. – 2012. – С. 135-138.
3. Кудреева Л.К., Курбатов А.П., Кудайбергенова Н.А., Супиева Ж.А. Определение рения методом циклической вольтамперометрии // V Международная научно-техническая конференция: Современные методы в теоретической и экспериментальной электрохимии. – Россия, Ивановская обл., г.Плес. – 2013. – С. 118.
4. Кудреева Л.К., Серикбаев Б.А., Курбатов А.П., Кулбаева Ж.Н., Супиева Ж. Электрохимическое поведение перрената аммония на коксуейском шунгитном электроде // IV Международная научно-техническая конференция. – Россия, Ивановская обл., г.Плес. – 2012. – С. 105.
5. Кудреева Л.К., Кулбаева Ж.Н., Супиева Ж., Серикбаев Б.А. Шунгит электродында қышқылды электролиттерде перренат-иондарының электрохимиялық күйі // Материалы III международной конференции: Коллоид и поверхности. – № 3(67). – Алматы. – 2012. – С.135-138.
6. Кудреева Л.К., Серикбаев Б.А., Камысбаев Д.Х., Есбекова С. Модифицированные ионами переменной валентности электроды на основе шунгита // V Международная научно-техническая конференция «Современные методы в теоретической и экспериментальной электрохимии». – Россия, Ивановская обл., г.Плес. – 2013. – С. 170.
7. Кудреева Л.К., Кулбаева Ж.Н., Курбатов А.П., Наурызбаев М.К. Способ электролитического осаждения рения из неводных растворов // Инновационный патент РК. – 25.12.2013. – № 12, 27913.
8. Кудреева Л.К., Наурызбаев М.К., Курбатов А.П., Ибраева Ж.Ш. Электрохимическое восстановление перренат-ионов в неводных диметилсульфоксидных растворах // II Международная научно-техническая конференция: Современные методы в теоретической и экспериментальной электрохимии. – Россия, Ивановская обл., г.Плес, 21-25 июня. – 2010. – С. 168.
9. Кудреева Л.К., Кулбаева Ж.Н., Курбатов А.П., Наурызбаев М.К., Айнамулова М. Никель төсемесінде сусыз диметилсульфоксид ерітіндісінде перренат иондарының электрохимиялық тотықсыздануы // VII Международный Беремжановский съезд: Химия и химические технологии, 9-10 декабря. – Алматы. – 2011. – С.94-96.
10. Кудреева Л.К., Саутбаева А. А., Кулбаева Ж., Дәулетбай А. Диметилсульфоксидтің электрохимиялық тотықсыздануына сусыз ортаның және ерітінді құрамының әсері // Қазақстан-Британ техникалық университеті // АСХим студенттер мен жас ғалымдардың бірінші Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы, 17-18 наурыз: Молодежь и инновации в области химии. – Алматы. – 2011. – С.122.
11. Kudreyeva L., Supiyeva Zh., Pavlenko V., Kurbatov A., Kalyyeva A. Electrochemical Behavior of Perrhenate Ions in Non-Aqueous Dimethylformamide Solutions of Electrolytes // The 5th International Conference on Nanomaterials and Advanced Energy Storage Systems”, Nazarbayev University, Astana, 09.08.2017-11.08.2017.
12. Кудреева Л.К., Құдайбергенова Н.А., Супиева Ж., Нұрахметова Н. Перренат-иондарының сірке қышқылды ерітіндідегі электрохимиялық қасиеті // Студенттер мен жас ғалымдардың «Фараби Әлемі» атты халықаралық конференциясының Баяндама тезистері // 9-10 сәуір. – 2014 ж. – С. 398.
13. Кудреева Л.К., Құдайбергенова Н.А., Супиева Ж., Нұрахметова Н. Әртүрлі электролит ерітінділерінде перренат-иондарының электрохимиялық тотықсыздануы // VIII

- Международный Беремжановский съезд по химии и химической технологии. Сборник докладов международного съезда // 9-10 октябрь, 2014 г. – С. 71-75.
14. Анарбекова Ж.Қ. Эртүрлі концентрацияда перренат-иондарының электрохимиялық тотығуы // Тезисы докладов Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Фараби Әлемі» по направлению «Химия». – Алматы, 11-14 апреля 2016. – С. 125.
  15. Кудреева Л.К., Курбатов А.П., Наурызбаев М.К., Кудайбергенова Н.А., Ерденбай А. Анодное окисление перренат-ионов в ацетатных буферных растворах электролитов // VI Международная научно-техническая конференция «Современные методы в теоретической и экспериментальной электрохимии». – Россия, Ивановская обл., г.Плес, 8-12 сентября. – 2014. – С. 119.
  16. Жумашева Н.Ж., Кудреева Л.К., Калиева А. Электрохимическое восстановление ионов перрената в электролитах разного состава. IX Всероссийская (с международным участием) научная конференция. «Современные методы в теоретической и экспериментальной электрохимии». – Россия, Ивановская обл., г.Плес, 4-8 сентября. – 2017. – С. 83.
  17. Kudreyeva L., Zhumasheva N. Electrochemical reduction of perhenate ions from electrolytes of various composition // Тезисы докладов Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Фараби Әлемі» по направлению «Химия». – Алматы, 11-12 апреля. – 2017. – С. 254.
  18. З. Галлюс Теоретические основы электрохимического анализа. – М.: Мир, 1974 г.

УДК 665.754.621.  
МРНТИ 89.099.4

## ВЛИЯНИЕ ПРИСАДКИ НА ОСНОВЕ СТЕАРИНОВОЙ КИСЛОТЫ И ФТАЛЕВОГО АНГИДРИДА НА СВОЙСТВА МАЗУТА МАРКИ M100

С.С. САТАЕВА, А.Г. АБДРАХМАНОВА, А.М. ЕРГАЛИЕВА

*Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана*

**Аннотация:** В работе рассмотрен мазут марки M100. Исследованы его физико-химические свойства. Для улучшения эксплуатационных свойств мазута использована депрессорная присадка на основе стеариновой кислоты и фталевого ангидрида. Показано, что после введения присадки улучшаются теплота сгорания, температура застывания и коксуемость мазута.

**Ключевые слова:** мазут, депрессорная присадка, теплота сгорания, температура застывания, коксуемость

## EFFECTS OF ADDITIVE ON THE BASIS OF STEARIC ACID AND PHTHALIC ANGI DRID ON PROPERTIES OF MAZUT OIL M100

**Abstract:** The fuel oil of the M100 brand and its physical and chemical properties are researched in the study. A depressant based on stearic acid and phthalic anhydride is used in order to improve the performance properties of fuel oil. It is shown that after the injection of the additive, the heat of combustion, the pour point, the coking behavior of fuel oil are improved.

**Keywords:** fuel oil, depressant, calorific value, pour point, coking ability

## СТЕАРИН ҚЫШҚЫЛЫ МЕН ФТАЛЬ АНГИДРИДІ НЕГІЗІНДЕ АЛЫНҒАН ПРИСАДКАНЫҢ M100 МАРКАЛЫ МАЗУТТЫҢ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ

**Аңдатпа:** Жұмыста M100 маркалы мазут қарастырылды. Оның физика-химиялық қасиеттері зерттелді. Мазуттың пайдалану қасиеттерін жақсарту үшін стеарин қышқылы және фталъ ангидридi негiзiнде депрессорлық присадка қолданылды. Присадканы енгiзгеннен кейiн жану жылуы, қату температурасы және мазуттың кокстануы жақсарғаны көрсетiлдi.

**Түйiндi сөздер:** мазут, депрессорлық қоспа, жану жылуы, қату температурасы, кокстеу

### Введение

Более 35% всей используемой энергии получается за счет сжигания жидкого нефтяного топлива, основными потребителями которого являются тепловые электрические станции, промышленные котельные, котельные жилищно-коммунальные хозяйства (ЖКХ) и предприятия агропромышленного комплекса. К сожалению, на сегодняшний день наметилась тенденция к ухудшению свойств жидкого котельного топлива, что вызвано низким качеством исходной сырой нефти в связи с измене-

нием мест её добычи [1]. Снижение качества мазутов также можно объяснить углублением переработки нефти, с ростом объемов получения высококачественных легких нефтепродуктов, при этом доля гудрона и тяжелых нефтепродуктов в котельном топливе растет. При сжигании низкокачественного мазута в энергетических котлах и промышленных печах сталкиваются с рядом проблем, которые влияют на надежность работы оборудования, что приводит в свою очередь к перерасходу

топлива, загрязнению окружающей среды и снижению технико-экономических показателей предприятия в целом. Качество мазута оказывает основополагающее влияние на общую эффективность работы оборудования котельных. Как правило, котлы для сжигания жидких топлив незначительно различаются по своей производительности в силу их конструктивной однотипности. А это значит, что достичь повышения эффективности и экономичности теплоэлектростанций (ТЭС) и котельных можно, лишь выведя качество мазута на новый уровень. В связи с этим необходим поиск новых технических решений для обеспечения должного качества мазутов [2].

Мазут относится к группе остаточных фракций углеводородов, получаемых в процессе переработки нефти. Свойства мазута зависят от исходных свойств сырой нефти и глубины ее переработки на нефтеперерабатывающих заводах. В процессах крекинга нефти легкие углеводородные фракции, бензин, керосин, дизельное топливо насыщаются содержащимся в нефти водородом в большей степени, поэтому в мазуте содержание водорода по сравнению с сырой нефтью уменьшается, что приводит к снижению его теплотворной способности. Снижение теплотворной способности мазута обуславливается повышенным содержанием в его составе серы, азота, кислорода, смол, асфальтенов, золы и механических примесей.

К основным физико-химическим показателям мазута относятся: теплота сгорания, температура застывания, коксуемость [3].

Теплота сгорания топлива  $Q$  – количество тепла, которое выделяется при сжигании 1 м<sup>3</sup> или 1 кг топлива. Различают высшую и низшую теплоту сгорания.

Высшая теплота сгорания  $Q_g$  – количество тепла, которое выделяется при полном сгорании единицы топлива, при условии, что все водяные пары, находящиеся в печи, конденсируются при 0<sup>0</sup>С.

Низшая теплота сгорания  $Q_n$  – количество тепла, которое выделяется при полном сгорании единицы топлива, при условии, что водяные пары не конденсируются в установке.

$Q_B^p$  отличается от  $Q_H^p$  количеством влаги:

$$Q_B^p - Q_H^p = 2500 (W^p + 9H^p),$$

где индекс  $p$  – обозначает «рабочее»;

$W^p$  – рабочее количество влаги;

$H^p$  – рабочее количество водорода;

2500 – количество тепла, израсходованное на сжигание влаги.

Теплота сгорания твердого и жидкого топлива определяется по формуле Менделеева:

$$Q_B^p = 339C^p + 1256H^p + 109(O^p - S^p),$$

где  $C$  – углерод,  $H$  – водород,  $S$  – сера;

- 339, 1256, 109 – теплота сгорания, необходимая для сжигания 1% соответствующего элемента.

Температура застывания мазута – температура, при которой мазут переходит в твердое состояние. Температура застывания мазутов не является постоянной величиной и зависит от степени их предварительного нагрева. Это явление, как и изменение вязкости, зависит от различных форм кристаллизации парафина в присутствии смолистых веществ, содержащихся в мазутах [4].

Коксуемость – образование остатка в виде угля (кокса) при нагревании нефтепродукта без доступа воздуха. Коксуемость нефтепродуктов зависит от следующих факторов: фракционный состав; содержание смол; содержание нестабильных соединений.

Образование нагара приводит к ряду нежелательных последствий – ухудшение отвода теплоты в системе охлаждения двигателя; засорение выпускных клапанов; обгорание поверхности клапана.

Коксуемость, наряду с зольностью, содержанием смол и серы, а также фракционным составом характеризует склонность нефтепродукта к образованию нагара в двигателе при сгорании топлива. Твердый, темный нагар откладывается на стенках камеры сгорания, днищах поршней и выпускных клапанах. На иглах распылительных форсунок и самих распылителях нагар преимущественно мягкий и смолистый, желтоватого цвета [5].

Снижение качества мазута для потребителя означает ухудшение его физической стабильности и эффективности горения. При хранении мазутов увеличивается количество осадков в емкостях, при эксплуатации котлового оборудования снижается эффективность его работы, а с дымовыми газами в окружающую среду выбрасывается повышенное количество сажи. Простым и эффективным выходом из сложившейся ситуации является использование специальных веществ – присадок.

Присадки к топливам – синтетические или природные соединения, добавляемые к топливам для улучшения или сохранения на длительный срок их эксплуатационных свойств [6].

Присадки к остаточным топливам могут обладать антикоррозионным, депрессорным, нейтрализующим, диспергирующим, пептизирующим и эмульгирующим действиями, а также могут улучшать реологические свойства топлива. Механизм действия присадок основан на разрушении пространственной структуры смолисто-асфальтеновых веществ мазута, за счет чего улучшаются однородность топлива, физическая стабильность и качество распыливания. Применение присадок для борьбы с коррозией и отложениями основано на связывании коррозионных агентов, содержащихся в мазуте или образующихся при его сжигании, с переводом их в неагрессивные и не дающие отложений соединения. Вместе с тем присадки в ряде случаев улучшают и процесс горения [7].

В мазуте содержатся твердые углеводороды, которые при охлаждении выпадают в виде кристаллов, способных забивать топливные фильтры. Дальнейшее охлаждение приводит к срачиванию выпавших кристаллов в жесткий каркас, и топливо теряет текучесть. Депрессорные присадки препятствуют срачиванию этих кристаллов и таким образом понижают температуру застывания топлив.

Депрессорные присадки снижают температуру застывания (ТЗ) и предельную температуру фильтруемости (ПТФ) топлив. В основном они применяются на нефтепере-

рабатывающем заводе (НПЗ) при выработке стандартных топлив, но могут быть использованы и потребителем для улучшения низкотемпературных свойств топлив. Последнее более безопасно, чем разбавление топлива керосином или бензином, однако требует знания особенностей применения присадок. Депрессорные присадки не влияют на температуру помутнения топлив, которая нормируется стандартами, это значит, что депрессоры препятствуют не возникновению кристаллов парафинов, а только их росту. При длительном хранении топлив образовавшиеся мелкие кристаллы оседают, и в результате образуются два слоя: верхний – светлый, нижний – мутный, обогащенный парафинами. Расслоение топлив не может быть предотвращено добавками депрессоров [8].

В связи с вышеизложенным для улучшения эксплуатационных показателей мазута необходимо применять различные присадки.

#### Экспериментальная часть

Объектом исследования является топочный мазут марки М100 Атырауского НПЗ. Для улучшения физико-химических свойств топочного мазута использована присадка на основе стеариновой кислоты и фталевого ангидрида.

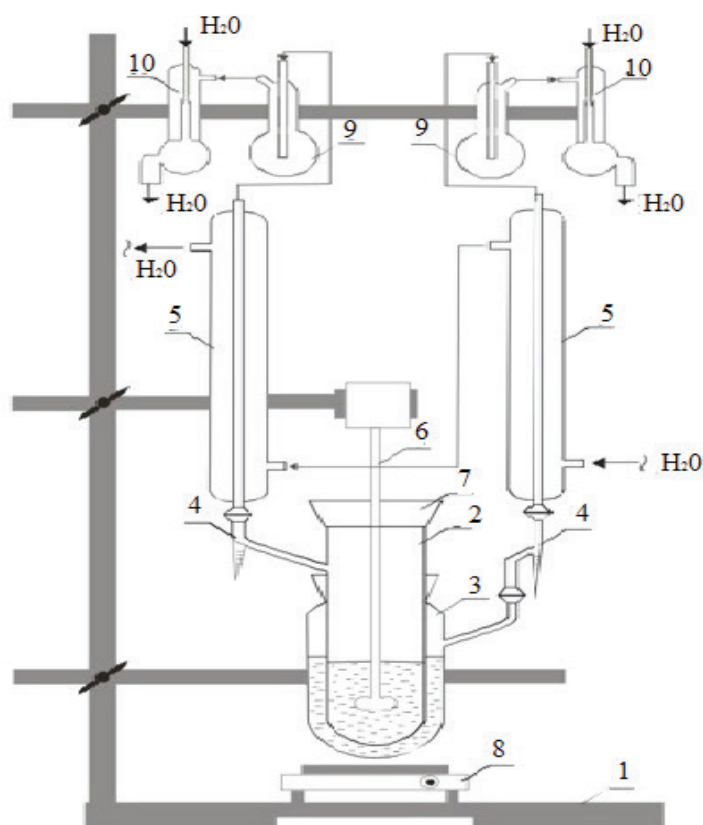
Установка для синтеза присадки представлена на рис. 1. Она состоит из монтажного стенда 1, реактора 2, снабженного рубашкой для термостатирования 3 (баня), ловушки Дина-Старка 4 и обратными холодильниками 5. Для перемешивания реакционной массы реактор имеет механическую мешалку 6 с регулируемым числом оборотов. Мешалка снабжена затвором 7, обеспечивающим в реакторе создание вакуума. В рубашку реактора заливают теплоноситель (о-ксиллол), обеспечивающий необходимую температуру проведения синтеза (144°C). Для осушки растворителя рубашка бани снабжена ловушкой Дина-Старка 4. Реакционную смесь с помощью электроплитки 8 нагревают до температуры проведения синтеза и выдерживают при этой температуре необходимое время. Момент закипания теплоносителя считается

временем начала реакции. Реакционная вода удаляется из зоны реакции в ловушку 4 под небольшим вакуумом, создаваемым водоструйным насосом 10. Для предотвращения попадания на вакуумный насос реакционной массы при ее бурном вскипании или возможных ее выбросах на вакуумной линии паров реакционной воды имеется промежуточный сосуд 9. При использовании водоструйного насоса промежуточный сосуд предупреждает также попадание воды из насоса в реактор. Для предупреждения попадания воды в баню с теплоносителем промежуточный сосуд устанавливают на линии паров теплоносителя к водоструйному насосу. Конец реакции определяют по прекращению выделения воды и кислотному числу продукта. Время синтеза

определяют экспериментально по выделению реакционной воды и по результатам анализов полупродуктов и готовых депрессорных присадок (ДП) на кислотное число, которое не должно превышать 10 мг КОН/л [9].

*Методика синтеза присадки для мазута*

На первой стадии в реактор загружается стеариновая кислота (СК) и моноэтаноламин (МЭА) в мольном соотношении СК: МЭА = 2,0 : 1,0. Для синтеза берут 11,6 г СК и 3 г МЭА. Синтез ведут в среде растворителя, добавляя для этого о-ксилол в количестве 50% масс. на загрузку (14,6 г), до значения кислотного числа не более 10 мг КОН/г. Отбор проб для определения кислотного числа производят через каждые 30 мин.



1 – монтировочный стенд; 2 – реактор; 3 – рубашка бани; 4 – ловушка Дина-Старка; 5 – обратный холодильник; 6 – механическая мешалка; 7 – фторопластовый затвор с встроенной пружиной; 8 – электрическая плита; 9 – промежуточный сосуд; 10 – вакуумный насос

Рис. 1 – Принципиальная схема установки для синтеза депрессорных присадок

**Таблица – Физико-химические свойства мазута марки М100 до и после введения присадки на основе стеариновой кислоты и фталевого ангидрида**

№	Показатели	Мазут			ГОСТ 10585-2013
		до введения присадки	присадка, %		
			на основе стеариновой кислоты и фталевого ангидрида		
		5	10		
1	Температура застывания, °С	-34	-36	-37	не выше -42
2	Теплота сгорания, кДж/кг	41376	42564	43725	не менее 40530
3	Коксуемость, % масс	4,00	3,78	3,50	не более 6,0

На второй стадии в реактор дополнительно загружают фталевый ангидрид (ФА) в мольном соотношении СК : ФА = 2,0 : 0,5. Для этого берут 1,48 г ФА. Синтез ведут в растворителе, добавляя для этого о-ксилол в количестве 50% масс. на загрузку, до значения кислотного числа не более 10 мг КОН/г. С

*Использование синтезированной присадки для улучшения эксплуатационных характеристик мазута.* Полученную присадку добавляли в количестве 5 и 10 мл на 100 мл мазута, т.е. 5% и 10%. В таблице приведены результаты анализа мазута до и после введения присадки.

Как видно из таблицы первоначальная температура застывания мазута равна -34°С, а после введения присадки составила -36 и -37°С соответственно, т.е. температура застывания понижается на 2-3°С.

Значительно увеличилась теплота сгорания с 41376 кДж/кг до 43725 кДж/кг. Наблюдается заметное уменьшение коксуемости топлива на 0,5% масс.

На рис. 2 представлена зависимость теплоты сгорания мазута Атырауского НПЗ от процентного содержания присадки.

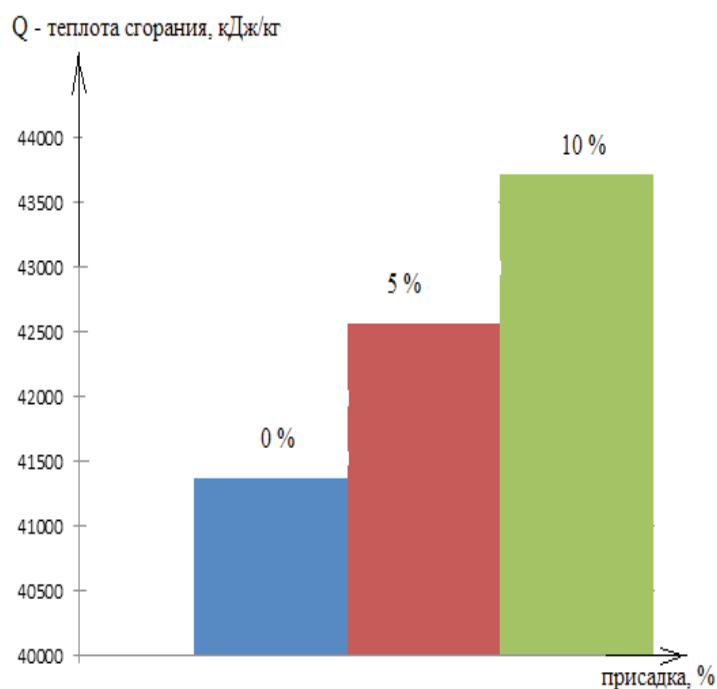


Рис. 2 – Зависимость теплоты сгорания мазута от процентного содержания присадки

### Выводы

Результаты полученных исследований показали, что депрессорная присадка, синтезированная на основе стеариновой кислоты и фталевого ангидрида, улучшает качество мазута.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что при добавлении присадки улучшаются физико-химические свойства мазута марки М100 Атырауского НПЗ: теплота сгорания, температура застывания, коксуемость.

По теплоте сгорания наилучшими характеристиками обладают образцы мазута с содержанием присадки 10%.

По температуре застывания оптимальными являются образцы мазута, содержащие также 10% синтезированной присадки.

Коксуемость топлива уменьшается при добавлении 10% присадки на 0,5%.

По совокупности физико-химических характеристик приходим к выводу, что для мазута с содержанием присадки 10% достигается наиболее выгодное соотношение всех показателей.

Таким образом, можно сделать вывод о возможности использования присадки на основе стеариновой кислоты и фталевого ангидрида в качестве добавки для улучшения низкотемпературных свойств мазута марки М100 Атырауского НПЗ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Эксплуатационные проблемы котельных: как повысить КПД низкокачественного топлива [Электронный ресурс]/Режим доступа: <https://www.eprussia.ru/epr/7/103.htm>.
2. Зверева Э.Р., Мутугуллина И.А. Улучшение реологических свойств топочных мазутов // Проблемы энергетики. – 2012. – № 7-8. – С. 28.
3. Характеристики мазута. [Электронный ресурс]/Режим доступа: <http://studopedia.org/1-89831.html>.
4. Температура застывания мазута. Технический словарь Том VI. [Электронный ресурс]/Режим доступа: <http://www.ai08.org/index.php/term/6-tehnicheskii-slovar-tom-vi,13354-temperatura-zastyvanie-mazut.xhtml>.
5. Коксуемость. [Электронный ресурс] / Режим доступа: [https:// petrodigest. ru/ info /properties/ koksuemost](https://petrodigest.ru/info/properties/koksuemost).
6. Зверева Э.Р. Присадки к топочным мазутам // Химическая технология. Химическая промышленность. – 2011. – № 1-2. – С. 8-9.
7. Агаев С.Г., Гуров Ю.П., Землянский Е.О. Фазовые переходы и структурообразование в модельных системах твердых углеводородов и депрессорных присадок // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2004. – № 9. – С. 37-40.
8. Башкатова С.Т., Гришина И.Н., Смирнова Л.А. и др. О механизме действия присадок в топливной дисперсной системе // Химия и технология топлив и масел. – 2009. – № 5. – С. 11-13.
9. Одабашян Г.В., Швец В.Ф. Лабораторный практикум по химии и технологии основного органического нефтехимического синтеза. – М: Химия, 1992. – 240 с.

# ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

---

УДК 004.3

МРНТИ 28.23.15; 28.23.29; 28.23.24; 28.23.33

## COMPARATIVE ANALYSIS OF RECOGNITION ALGORITHMS FOR HAND GESTURES ON THE BASIS OF VARIOUS REPRESENTATIONS OF IMAGES

Y. AMIRGALIYEV<sup>1,2</sup>, A. AITIMOV<sup>1,2</sup>, B. AMIRGALIYEV<sup>3</sup>, B. KYNABAY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Suleyman Demirel University

<sup>2</sup>Institute of Information and Computational Technologies

<sup>3</sup>International University of Information Technologies

**Abstract:** At this time, the world has created many different algorithms for recognizing hand gestures. In this paper, the authors reviewed and proposed various gesture recognition algorithms to determine the best among them in terms of speed and quality of recognition. The algorithms like K Nearest Neighbors, Decision Trees, Logistic Regression was compared with two methods of representation pictures. The results showed us that the Logistic Regression with using Raw pixel method better than other algorithms.

**Keywords:** hand gesture, sign gesture, KNN, D-Tree, Logit, machine learning, ML, image recognition and processing

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЖЕСТОВ РУК НА БАЗЕ РАЗЛИЧНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

**Аннотация:** В данное время в мире создано множество различных алгоритмов для распознавания жестов рук. В данной работе авторами рассмотрены и предложены различные алгоритмы распознавания жестов, чтобы определить наилучшее среди них с точки зрения скорости и качества распознавания. Алгоритмы, такие как K Nearest Neighbors, Decision Trees, Logistic Regression, сравнивались с двумя методами представления изображений. По результатам исследовательской работы Logistic Regression с использованием необработанного пиксельного метода показывает наилучший результат по скорости и по качеству распознавания по сравнению с другими алгоритмами.

**Ключевые слова:** жест рук, определение жестов, KNN, D-Tree, Logit, машинное обучение, распознавание и обработка изображений

## КЕСКІНДЕРДІҢ ӘРТҮРЛІ БЕРІЛІСІНДЕ ҚОЛ ҚИМЫЛЫН ТАҢУДЫҢ АЛГОРИТМДЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

**Аңдатпа:** Қазіргі таңда қол қимылдарын анықтауға арналған әртүрлі көптеген алгоритмдер ойлап табылған. Бұл ғылыми жұмыста жылдамдық пен қол қимылдарын тану сапасы жағынан ең тиімді алгоритм анықталатын болады. K Nearest Neighbors, Decision Trees, Logistic Regression сияқты алгоритмдер ұсынылған кескіндердің екі әдіспен берілуін қолдана отырып өзара салыстырылды. Зерттеу жұмысының қорытындысы бойынша Raw pixel әдісін пайдалану арқылы Logistic Regression алгоритмі жылдамдық және сапа жағынан оң нәтиже көрсетті.

**Түйінді сөздер:** қол қимылдыры, қимылдарды тану, KNN, D-Tree, Logit, машиналық оқыту, кескінді анықтау және өңдеу

### Introduction

Communication between people is an integral part of our life. People use it unnoticed by it over-importance. It's even difficult to imagine what would happen to a social society if people couldn't be able to convey their thoughts, show emotions, express what they want. Because lack of communication leads to very bad consequences [1]. The problem with a lack of communication is often found in people with disabilities namely in the deaf-and-dumb, and which lead to loneliness and isolation from the social society [2]. According to the World Health Organization - WHO (WHO, 2017), 5% of the world's population have hearing loss that can be mild, moderate, severe or profound. This means that approximately 360 million people struggle every day to communicate [3].

Most people who have difficulty hearing, use the language of gesture for the concept of thoughts or actions of the interlocutor and to convey their opinions. However, at the moment in connection with globalization, the latest technologies are gradually switching to automation and control of objects with the help of vocal cords[4]. And due to the fact that people with disabilities find it difficult to use advanced technologies, scientists are introducing the recognition of hand gestures. From this situation, several questions emanate, such as which algorithm is best suited for solving this problem and which method is best to use?

In this scientific work, we determined which of the machine learning algorithms (KNN, D-Tree, Logit) would be best to use and what methodology should be used for the qualitative and simultaneous rapid recognition of hand gestures with the help of several experiments. As data used dataset "Hand Reader Dataset" that is in open source[5]. The result of our research work is that for a small amount of data the most effective algorithm is logistic regression using the raw pixel method.

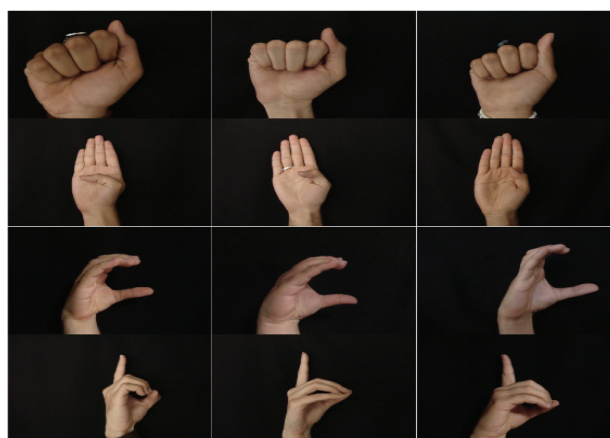
Section, description of used dataset, describes the purpose of the data used to compare algorithms. Description of the algorithms and

methods used for the experiment is provided in the section of review of algorithms and methods. Experiment and results section is about the experiments and their results. In the last section we summarized our paper and wrote about future work.

### Description of used dataset

Models simulations performed over machine learning (ML) framework for number of different algorithms over the dataset of Ghassem Tofghi that named "Hand Reader Dataset" in order to find out the best possible way of formatting pictures for training the models and to reveal the true potential of these algorithms. This section provides an information about the key details of the dataset of pictures and possible ways of their application in the research work.

Actual dataset consists of 500 images that contains hand postures of 10 different types: 10 letters of American Sign Language alphabet [6]. However, only 4 of the hand postures (A, B, C, D) were used in current research paper. There are 6 differently sized collections for each letter, created manually, each contains 50 images. Format of the input data is JPG. Each sign is shown through number of images that are different in terms of scale and form of hand posture and each of them are unique. Background is black for every picture, but can differ in light condition.



**Fig.1.** Hand Reader Dataset (A,B,C and D respectively)

**Review of algorithms and methods**

*A. Algorithms*

**a. K Nearest Neighbors (KNN)** algorithm is one of the first simple supervised learning machine learning algorithms[7]. The logic behind this method is to find a predefined number of training samples closest in distance to the new point, and predict the label from these given data-points. Despite its simplicity, nearest neighbors has been successful in a large number of classification and regression problems[8]. As a distance metric generally the Euclidean distance measure is used.

**b. Decision Trees (D-Tree)** is a supervised learning method that is used for classification and regression[9]. The feature is to create a model that predicts the value of a target variable by learning simple decision rules inferred from the data features[10]. This method has some advantages like being simple to understand and easy to interpret and also trees can be visualized and requires little data preparation. The method is based on information theory paradigm[11].

**c. Logistic regression (Logit)** is a part of regression models where the output value is binary or dichotomous. The prediction curve is S-shaped and based on a sigmoid function [12]. Because of non-linear nature this algorithm shows one of the best results on getting the classification model for the data[13].

*B. Methods*

In gesture recognition, performance of results depends on given input data and classification algorithm[14] and this section take attention to first one. To get good results it needs good input data or data must be prepared to algorithms. In computer science, its called image preprocessing[15]. The image preprocessing used to avoid noises, unneeded part of data using algorithms[16]. This work describes 2 image preprocessing methods Raw pixels and Histogram. Both methods crops important part of dataset images and resize it to get more accurate and faster results. As dataset images has black background there is no need to remove noises.

a. Raw pixels method is one of the simplest method[17] as it takes images as matrix of pixels. The matrix converted to feature vector

and append to matrix as one column. All images stored in matrix where one column is one image and one pixels has red, green, blue attributes.

b. The next method Histogram returns similar matrix, but before it converts image to HSV format. Then using openCV algorithm calculates histogram values. Taken results normalized to get better result.

**Experiment and Results**

This section evaluates and compares performance and execution time of three machine learning algorithms including KNN, Logit and D-Tree using Raw pixel and histogram mentioned in section III. Experiments were done in python platform. Before simulation all dataset images were cropped to get hand gestures and rescaled into six group of different sizes with 20x15, 24x18, 28x21, 32x24, 36x27 and 40x30.

**Table 1. Raw pixel method, accuracy.**

Raw pixels	KNN		Logit		D-Tree	
	RR	TIME	RR	TIME	RR	TIME
20x15	95	0,107	97	0,076	83	0,043
24x18	97	0,109	97	0,117	78	0,053
28x21	97	0,11	98	0,098	80	0,053
32x24	97	0,106	98	0,086	84	0,047
36x27	96	0,106	98	0,122	86	0,053
40x30	96	0,113	98	0,3	78	0,158

Table 1 shows accuracy and time of the algorithms using Raw pixel. According to the table KNN shows good accuracy between 95%-97% in different sizes. It is a stable algorithm considering that in six sizes accuracy difference is just 2%. Also, KNN has approximately constant time 0.1 second. Comparing with KNN, Logit has more accuracy and its recognition rate is between 97% and 98%. This means that Logit is also stable. In addition 98% accuracy is the best result in this experiment. However, it is the slowest algorithm as average time is 0.13 second comparing with KNN 0.109 seconds and D-Tree 0.06 seconds(see Fig 3). D-Tree is two

times faster than Logit and the fastest algorithm, but less accurate as its highest result is 86%. Concluding overall experiment using method A bar chart(see Fig 2) shows average accuracy of algorithms KNN, Logit and D-Tree are 96.3%, 97.67 and respectively 81.5%

**Table 2. Histogram method, accuracy.**

Histogram	KNN		Logit		D-Tree	
	RR	TIME	RR	TIME	RR	TIME
20x15	62	0,103	52	0,001	59	0,001
24x18	62	0,103	52	0,001	59	0,001
28x21	62	0,105	52	0,003	59	0,001
32x24	62	0,108	52	0,003	59	0,002
36x27	62	0,108	52	0,004	59	0,003
40x30	62	0,108	52	0,004	59	0,002

In another experiment using histogram KNN shows a little improvement in time 0.105 seconds in average as given in table 2. But, Logit and D-Tree demonstrates high speed with time 0.0016 seconds and 0.0026 seconds respectively. In this method Logit 50 and D-Tree 37.5 times works faster than first experiment(see Fig 3). In addition all three algorithms shows constant accuracy in different sizes(see Fig 2). This huge progress in time and stability in accuracy in method B makes it unique, but low accuracy makes it unusable. All three algorithms failed this experiment as recognition rate for KNN 62%, Logit 52% and D-Tree 59%.

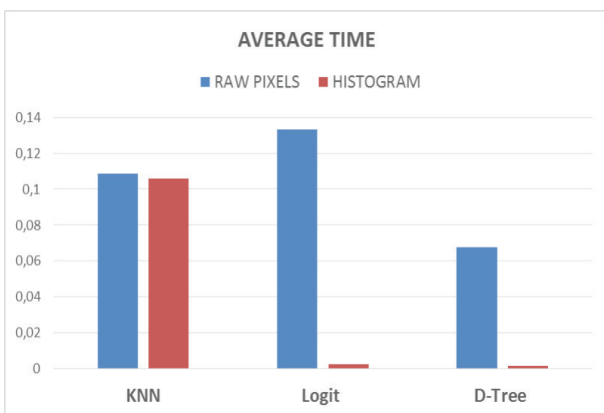


Fig.2. Average accuracy

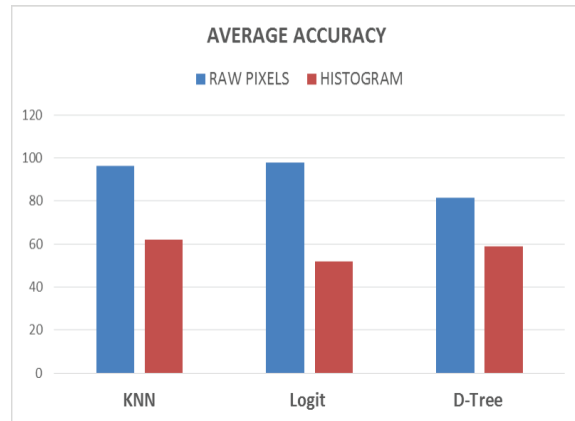


Fig.3. Average time

**Conclusion**

Gesture plays one of the important role in communication in social life. Recent researches show that for more than 300 million people gesture is only way of communication. In addition, latest technologies are switching to speech controlling system, which makes impossible to use for deaf people[18]. In this work, we tried concentrate to this problem by comparing KNN, Logit and D-Tree machine learning algorithms using Raw pixel and histogram. As dataset used 4 hand postures with 6 different sizes and 50 images each with black background. Main goal is define which algorithm and method has the best performance both in recognition rate and time. Experiment result show that accuracy of algorithms are better when using Raw pixel and Logit with 98%, however needs more time. Comparing with Raw pixel, in histogram all three algorithms has good time and stable results, but maximum accuracy is 62%. So, it is recommended to use Logit in small datasets. In future work needs update Raw pixel method to improve its speed in big datasets.

This work is supported by grant from the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan within the framework of the Project «AP05132648 Creation of verbal-interactive robots based on modern speech and mobile technologies».

## REFERENCES

1. Davi Hirafuji Neiva, Cleber Zanchettin. “Gesture recognition: A review focusing on sign language in a mobile context”, *Expert Systems with Applications*, 2018
2. Shahriar Shamiluulu, Moussa Mahamat Boukar, Zulfiya Yussupova. “Medical tool for assisting patients in Kazakhstan polyclinics”, 2017 13th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO), 2017
3. M. Stampar, K. Fertalj. “Artificial intelligence in network intrusion detection”, 2015 38th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 2015
4. E. M. Simonsick, J. M. Guralnik, S. Volpato, J. Balfour, L. P. Fried, Just get out the door! importance of walking outside the home for maintaining mobility: findings from the women’s health and aging study, *Journal of the American Geriatrics Society* 53 (2) (2005) 198–203.
5. S. E. Hardy, Y. Kang, S. A. Studenski, H. B. Degenholtz, Ability to walk 1/4 mile predicts subsequent disability, mortality, and health care costs, *Journal of general internal medicine* 26 (2) (2011) 130–135.
6. Global recommendations on physical activity for health. world health organization. URL [http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet\\_recommendations/en](http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/en)
7. Physical activity guidelines for americans. u.s. department of health and human services. URL <http://health.gov/paguidelines>
8. Nike+ run club app. URL <https://www.nike.com/us/en-us/c/nike-plus/running-app-gps>
9. Runkeeper app. URL <https://runkeeper.com/>
10. Mapmyrun app. URL <http://www.mapmyrun.com/>
11. T. Park, J. Lee, I. Hwang, C. Yoo, L. Nachman, J. Song, E-gesture: a collaborative architecture for energy-efficient gesture recognition with hand-worn sensor and mobile devices, in: *Proceedings of the ACM SenSys*, ACM, 2011, pp. 260–273.
12. J. Viterbi, Error bounds for convolutional codes and an asymptotically optimum decoding algorithm, in: *The Foundations Of The Digital Wireless World: Selected Works of AJ Viterbi*, World Scientific, 2010, pp. 41–50.
13. K. Murao, T. Terada, A recognition method for combined activities with accelerometers, in: *Proceedings of the ACM UbiComp*, ACM, 2014, pp. 787–796.
14. H. Junker, O. Amft, P. Lukowicz, G. Troster, Gesture spotting with body-worn inertial sensors to detect user activities, *Pattern Recognition* 41 (6) (2008) 2010–2024.
15. Parate, M.-C. Chiu, C. Chadowitz, D. Ganesan, E. Kalogerakis, Risq: Recognizing smoking gestures with inertial sensors on a wristband, in: *Proceedings of the ACM MobiSys*, ACM, 2014, pp. 149–161.
16. H. Zhao, S. Wang, G. Zhou, D. Zhang, Ultigesture: A wristband-based platform for continuous gesture control in healthcare, *Smart Health*.
17. P. Alfeld, A trivariate clough—tocher scheme for tetrahedral data, *Computer Aided Geometric Design* 1 (2) (1984) 169–181.
18. M. Hall, E. Frank, G. Holmes, B. Pfahringer, P. Reutemann, I. H. Witten, The weka data mining software: an update, *Proceedings of the ACM SIGKDD* 11 (1) (2009) 10–18.

УДК 621.38; 004.9

МРНТИ 28.23.33; 28.17.31; 44.37.29; 44.37.03

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОНТРОЛЛЕРАМИ ПЛОСКОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА С ТЕРМОСИФОННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ

Е.Н. АМИРГАЛИЕВ, М. КУНЕЛБАЕВ, Т. МЕРЕМБАЕВ, А.Х. КОЗБАКОВА,  
Т.Р. СУНДЕТОВ, А.А. ИРЖАНОВА

*Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК*

**Аннотация:** В настоящей работе рассматривается создание системы управления и мониторинга за функционированием солнечного коллектора на базе использования платформы Mojo v3. Предусмотрено измерение из 6 цифровых датчиков (DS18B20 Dallas), смонтированных в коллекторной системе 16 проводами. Предложено программное обеспечение с библиотекой IEEE на Mojo v3. Используя датчики Далласа и соответствующее программное обеспечение, можно контролировать температуру и количество теплоты в системе. Программное обеспечение, входящее в базу Mojo v3, реализовано на языке (VHDL, VERILOG).

**Ключевые слова:** солнечная энергия, плоский солнечный коллектор, платформа Mojo v3, контроллер

## ТЕРМОСИФОНДЫҚ АЙНАЛЫМЫ БАР ЖАЗЫҚ КҮН КОЛЛЕКТОРЫНЫҢ КОНТРОЛЛЕРЛЕРІН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ

**Аңдатпа:** Бұл жұмыста Mojo v3 платформасын қолдану негізінде күн коллекторының жұмыс жасауын бақылау мен басқару жүйесін құру қарастырылады. 16 сымды коллекторлық жүйеде орнатылған 6 сандық датчиктен тұратын (DS18B20 Dallas) өлшеу ұсынылады. Mojo v3-де IEEE кітапханасымен программалық қамтамасыз ету жазылады. Даллас датчигі мен сәйкес программалық қамтамасыз етуін қолдана отырып жүйедегі жылу мөлшері мен температураны бақылауға болады. Mojo v3 базасына кіретін программалық қамтамасыз ету (VHDL, VERILOG) программалау тілінде жүзеге асырылған.

**Түйінді сөздер:** күн энергиясы, жазық күн коллекторы, Mojo v3 платформасы, контроллер

## CONTROL SYSTEM OF CONTROLLERS OF A FLAT SOLAR COLLECTOR WITH A THERMOSIFON CIRCULATION

**Abstract:** This paper discusses the creation of a control and monitoring system for the operation of a solar collector based on the use of the Mojo v3 platform. A measurement of 6 digital sensors (DS18B20 Dallas), mounted in the collector system with 16 wires, is provided. Offered software with IEEE library on Mojo v3. Using Dallas sensors and the appropriate software, you can monitor the temperature and the amount of heat in the system. Software included in the Mojo v3 database is implemented in the language (VHDL, VERILOG).

**Keywords:** solar energy, flat solar collector, platform Mojo v3, controller

В современных условиях для устойчивого развития энергоресурсов традиционные виды энергии должны быть активно дополнены или заменены возобновляемыми источниками энергии. При развитии соответствующих технологий возобновляемые источники энер-

гии являются устойчивыми и имеют потенциал для удовлетворения нынешних и будущих прогнозируемых глобальных потребностей экономики. При этом возобновляемые источники энергии вырабатываются в основном без вредного воздействия на окружающую среду.

Как правило, для устойчивого удовлетворения глобальных энергетических потребностей возобновляемые источники энергии, такие как солнечная энергия, ветер, гидроэнергетика и биогаз являются потенциальными кандидатами. Лучшей альтернативой для удовлетворения растущего спроса на энергию является солнечная энергия. Преобразование солнечного излучения в тепло является одним из самых простых и самых непосредственных применений этой энергии. Плоский пластинчатый солнечный коллектор – это основное устройство, используемое для преобразования солнечной энергии в тепловую. Плоские пластины, эвакуированные трубки или концентрационные коллекторы представляют собой солнечные коллекторы, используемые для горячего водоснабжения зданий или промышленных объектов. Наиболее часто используемыми типами для низкотемпературных применений являются однослойные или плоские пластинчатые коллекторы. Пластина абсорбера служит в качестве центрального компонента коллектора. Тепловые характеристики солнечного коллектора зависят от оптических и тепловых свойств, а также от конструкции пластины поглотителя. Типичный плоский коллектор состоит из абсорбера в изолированной коробке вместе с прозрачными обложками (остеклением). Абсорбер обычно изготавливают из металлического листа с высокой теплопроводностью, такого как медь или алюминий со встроенными или прикрепленными трубами. Его поверхность покрыта специальным селективным материалом чтобы максимизировать поглощение солнечной энергии. Изолированная коробка уменьшает потери тепла в плоском солнечном коллекторе от задней и боковых сторон коллектора [1]. Самые простые и наиболее широко используемые устройства сбора и использования солнечной энергии – это термосифонные или природные циркуляционные системы солнечного водоснабжения (SWHS). Они состоят из плоского коллектора, резервуара для хранения воды и соединительных труб. Коллектор состоит из пластины абсорбера, стояка и коллек-

торных трубок, стеклянной крышки, кожуха и изоляции. Вода в трубах стояка нагревается и из-за разницы в плотности течет в резервуар для хранения. Интенсивность водного потока зависит от головки термосифона и силы плавучести, что в свою очередь связано с изменением плотности воды, вызванной повышением температуры в солнечном коллекторе. Естественно, солнечная энергия используется для многих применений с разными типами устройств. В работах [2-5] были проведены различные эксперименты по превращению солнечной энергии в тепло с помощью разных типов устройств. Было выполнено много работ по применению солнечной энергии, используя однофазную технологию теплопередачи. В исследованиях [6-10] эксперименты выполнялись в солнечных коллекторах с плоскими пластинами с использованием однофазного процесса теплообмена с применением неизолированного резервуара для воды и неизолированной соединительной трубы, а также изолированного резервуара для воды и изолированной соединительной трубы. Для этой цели плоская пластина солнечного коллектора действует как нагреватель, а резервуар – для хранения горячей воды. Существует возможность уменьшить огромное количество потерь тепла от бака, а также от соединительной трубы. Конечным результатом является количество увеличенной температуры воды и эффективность плоского пластинчатого коллектора будет увеличена.

Рассмотрены различные солнечные коллекторы, способные захватывать солнечную энергию, которая далее хранится в резервуаре, используемом для конкретной цели [11-13]. В работе [14] был исследован тепловой КПД фотогальванического нагрева воздуха с использованием ребер, прикрепленных к коллектору. Есть много примеров электронного мониторинга [15] с платформой Arduino, применяемый как дешевый и простой системный контроль. Была разработана [16] система контроля эффективности для управления фотоэлектрической солнечной электростанцией.

**Математическое моделирование и методологии**

Для рационального теплосъема от теплоотводящих солнечных коллекторов и упрощения эксплуатации гелиосистемы очевидно выгодно, чтобы данная система работала с термосифонной циркуляцией. Поэтому для определения тепловых режимов гелиоустановки необходимо установить зависимость производительности от режимных характеристик плотности солнечной радиации, коэффициента теплоотвода, температуры окружающей среды, разности температур и т.д.).

Рассмотрим одноконтурную систему (рис. 1) в гелиоконтуре, в которой осуществляется следующее: холодная вода (1) из напорного бака (2) или водопровода подается к солнечным панелям (1), вода нагревается и поступает в бак-аккумулятор, откуда самотеком поступает к потребителям (3). По пути движения она смешивается с исходной холодной водой до достижения необходимой температуры.

Пусть гелиоприемник имеет ширину (b) и угол наклона к горизонту  $\varphi$ . Тогда при площади F гелиоприемника его длина  $l = F/b$ ; высота  $h = F \sin \varphi / b$ .

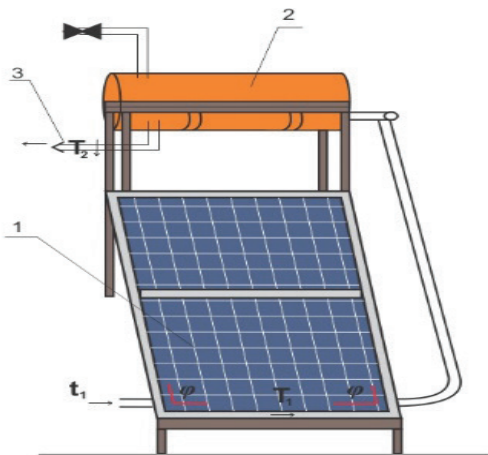


Рис. 1 – Гелиосистема с термосифонной циркуляцией

Величина циркуляционного движения:

$$H = g \frac{h}{2} (T_2 - T_1) = \frac{Fgn(T_2 - T_1)}{2h} \quad (1)$$

где n – удельное приращение объемной массы теплоносителя гелиоконтурa при охлаждении на 1 град (для интервала температур  $40+80^{\circ}\text{C} \approx 45 \text{ кг}/(\text{м}^3\text{град})$ ); F – общая площадь гелиоприемника  $\text{м}^2$ ;  $T_2, T_1$  – соответственно конечная и начальная температура теплоносителя в гелиоконтуре.

Циркуляционное движение равно потере напора в гелиоконтуре:

$$SG^2 = \frac{Fng(T_2 - T_1)\sin\varphi}{2b} \quad (2)$$

где S – гидравлическая характеристика гелиоконтурa Па / (кг\*ч)<sup>2</sup>.

Количество тепла, воспринятое термосифоном, определяется по формуле:

$$G_1 C_1 (T_2 - T_1) = 3600 E \gamma F F' \left[ \left( \tau_\alpha - \frac{U_1}{E} \right) \left( \frac{T_2 + T_1}{2} - T_0 \right) \right] \quad (3)$$

здесь  $\gamma$  – коэффициент заполнения термосифонника, равный отношению площади, освещаемой солнцем к общей площади гелиоколлектора;  $C_1$  – теплоемкость теплоносителя гелиоконтурa;  $G_1$  – расход тепла теплоносителя в гелиоконтуре; E – плотность суммарной солнечной радиации, падающей на поверхность гелиоприемника;  $\tau_\alpha$  – приведенная поглощательная способность гелиоприемника;  $U_1$  – коэффициент потерь в гелиоприемнике;  $T_0$  – температура наружного воздуха;  $F'$  – коэффициент эффективности гелиоприемника.

**Эксперимент**

В настоящем исследовании система контроллера, образованная с 6 цифровыми температурными датчиками (Dallas DS18B20), регистрирует температуру плоского солнечного коллектора с термосифоном. Датчики контролируются системой Mojo v3. Записи температур, хранящихся на ETHERNET modul, через каждые интервалы времени 5 с отправляет температурные данные и состояния клапанов. Часы реального времени

(RTC), которые используют инкапсулированный чип DS1307, записывают дату и время измерений температурных данных, отправляя их на плату Mojo V3, как показано на рисунке 2. Шесть датчиков подключены к плате Mojo V3 с шестью электрическими проводами, запрограммированы на языке VHDL, представлены в блок-схеме функционирования системы управления 3. После обработки данных температуры, даты и времени, полученные от RTC, соответственно, сохраняют их в XML (расширяемый язык разметки) в ETHERNET modul. Язык XML облегчает обработку этих данных путем автоматической или ручной интерпретации программ электронных таблиц данных. Связь между платой Mojo V3 и ее периферийными устройствами показана на рисунке 2.

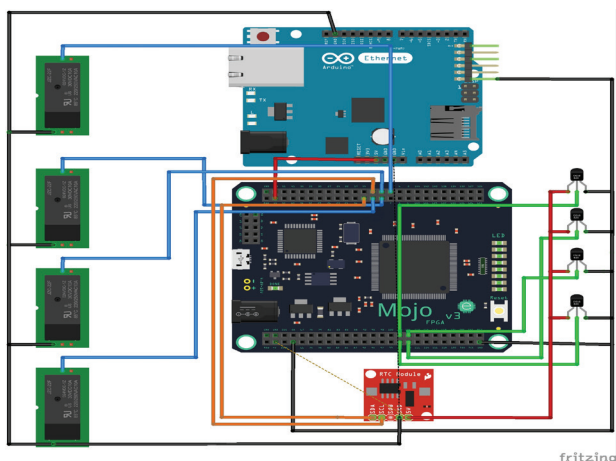


Рис. 2 – Соединения Mojo v3 датчиками

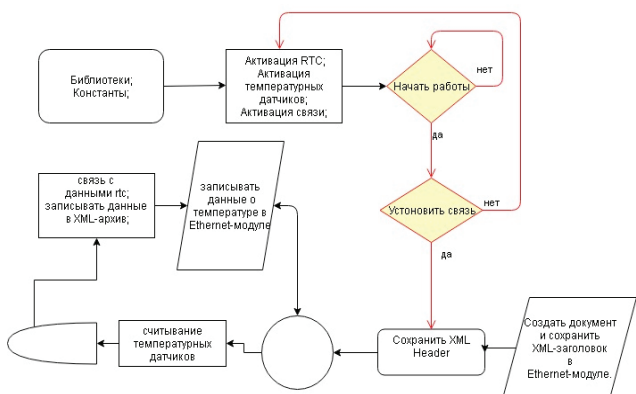


Рис. 3 – Блок-схема функционирования системы управления

В систему управления солнечным коллектором встроен оптимальный алгоритм. В начале алгоритма программа активирует библиотечки и константы, потом подключается модуль часов в реальном времени, активация температурных датчиков и активация связи с сервером. Если все устройства активируются, тогда устанавливается связь, если нет, тогда начинается работа активации. Если связь установлена с сервером, тогда сохраняется xml файл в Ethernet модуле. Потом считываются температурные данные датчиков и записываются в Ethernet модуле.

лиотечки и константы, потом подключается модуль часов в реальном времени, активация температурных датчиков и активация связи с сервером. Если все устройства активируются, тогда устанавливается связь, если нет, тогда начинается работа активации. Если связь установлена с сервером, тогда сохраняется xml файл в Ethernet модуле. Потом считываются температурные данные датчиков и записываются в Ethernet модуле.

### Результаты и обсуждение

На рисунке 3 показано, как плата Mojo V3 записывает данные о солнечной радиации в данном регионе и количество теплоты гелиоустановки и отправляет на ETHERNET module. На указанном рисунке 4 наблюдается, что, чем выше коэффициент солнечной радиации, тем выше количество теплоты в плоском солнечном коллекторе. На рисунках 5 и 6 показаны, как плата Mojo V3 за каждую секунду отправляет на сервер ETHERNET module температурные данные и тепловые потери плоского гелиоколлектора. Из рисунков видно, что, чем ниже тепловые потери в гелиоколлекторе, тем ниже количество теплоты.

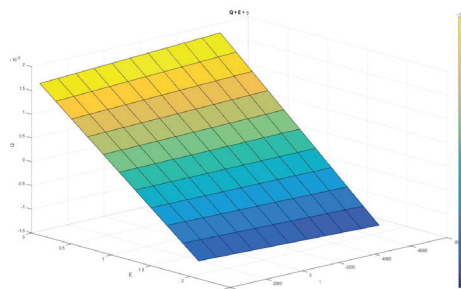


Рис. 4 – Зависимость количества теплоты от плотности солнечной радиации

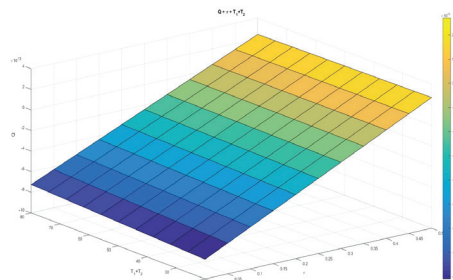


Рис. 5 – Зависимость количества теплоты от разности температур

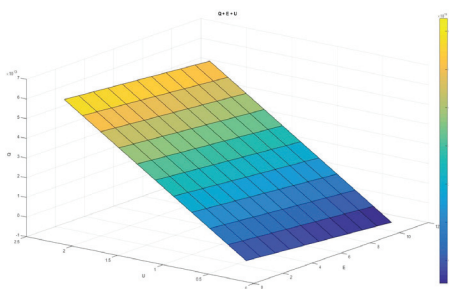


Рис. 6 – Зависимость количества тепла от коэффициента теплопотерь

### Заключение

В данной работе была исследована система управления контроллерами плоского солнечного коллектора с термосифонной циркуляцией. Была построена плата Mojo V3 с датчиками для управления температурными данными плоского солнечного коллектора. В результате работы построенная плата Mojo

V3 дает гибкую архитектуру для управления системой солнечного коллектора с термосифонной циркуляцией. С помощью платы Mojo V3 можно определить индикаторные параметры гелиоколлектора, которые в свою очередь идентифицируют работу гелиоколлектора. Использование платформы Mojo V3 дает такие преимущества, как высокоточность измерения и скорость приема передачи данных через ETHERNET module интерфейс до 1 Гб в секунду. Высокоскоростной интерфейс Mojo V3 позволяет автоматически построить температурные зависимости в любом регионе Казахстана.

Работа выполнена при поддержке гранта МОН РК BR05236693, выполняемой в Институте информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, по контракту №318 от 30.03.2018.

### REFERENCES

1. Duffie, J. A., and W. A. Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley and Sons, New York, 1991.
2. Ahmet Samanci and Adnan Berber, “Experimental investigation of single-phase and twophase closed thermosyphon solar water heater systems”, Scientific Research and Essays, Vol. 6(4), pp. 688-693, 18 February, 2011.
3. M. A. Islam, M. A. R. Khan and M. A. R. Sarkar, “Performance of a Two-Phase Solar Collector in Water Heating”, Journal of Energy & Environment 4 (2005), Technical Note 117 – 123.
4. K. Chuawittayawuth & S. Kumar, “Experimental investigation of temperature and flow distribution in a thermosyphon solar water heating system”, Renewable Energy 26 (2002) 431–448.
5. H. Taherian, A. Rezania, S. Sadeghi & D.D. Ganji, “Experimental validation of dynamic simulation of the flat plate collector in a closed thermosyphon solar water heater”, Energy Conversion and Management 52 (2011) 301–307.
6. A. Zerrouki, A. Boume dien & K. Bouhadeb, “The natural circulation solar water heater model with linear temperature distribution”, Renewable Energy 26 (2002) 549–559.
7. Samuel Luna Abreu, Sergio Colle, “An experimental study of two-phase closed thermosyphons for compact solar domestic hot-water system”, Solar Energy 76 (2004) 141–145.
8. Alireza Hobbi, Kamran Siddiqui, “Experimental study on the effect of heat transfer enhancement devices in flat-plate solar collectors”, International Journal of Heat and Mass Transfer 52 (2009) 4650–4658.
9. N. V. Ogueke, E. E. Anyanwu, and O. V. Ekechukwu, “A review of solar water heating systems” Journal of Renewable and Sustainable Energy 1, 043106, 2009.
10. Dr. Akeel Abdullah Mohammed, “Heat Transfer and Pressure Drop Characteristics of Turbulent Flow in a Tube Fitted With Conical Ring and Twisted Tape Inserts” Engg. & Tech. Journal, vol. 29, no. 2, 2011. J. U. Duncombe, “Infrared navigation—Part I: An assessment of feasibility (Periodical style),” IEEE Trans. Electron Devices, vol. ED- 11, pp. 34–39, Jan. 1959.

11. De Marchi Neto, I., Padilha, A.: Refrigerator COP with thermal storage. *Appl. Therm. Eng.* 29(1), 2358–2364 (2008)
12. Souza, L.M.P.: Levantamento de Coeficientes de Desempenho de Armazenador Térmico Associado a Refrigerador Doméstico Modificado. Universidade Estadual Paulista-Ju lio de Mesquita Filho, Campus de Bauru, Mestrado (2011)
13. Taheri, H.: PhD's Thesis. Phd Thesis, Karlsruhe Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, Germany (2014)
14. Rosen, M.A., Kumar, R.: Performance of a photovoltaic/thermal solar air heater: effect of vertical fins on a double pass system. *Int. J. Energy Environ. Eng.* 2(4), 1–4 (2011)
15. Sugathan, A., Kirthyvijay, G.J., Thomson, J.: Application of Arduino based platform for wearable health monitoring system. In: Presented at the 1st International Conference on Condition Assessment Techniques in Electrical Systems (2013)
16. Faizan, V., Galib, M., Khan, A., Afzal, S.: Arduino web server for efficiently control and monitoring of solar power system. *Int. J. Comput. Eng. Appl.* 8(1), 148–

УДК 331.452  
МРНТИ 86.29

## АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ В НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ КОМПАНИИ ТОО «КАЗАХОЙЛ АКТОБЕ»

М.К. ИМАНГАЗИН, Г.С. АЯУОВ

*Казахско-Русский международный университет*

**Аннотация:** В настоящее время во всем мире в компаниях ведётся статистика работы чрезвычайных происшествий предприятия. Казахстан стремится соответствовать международным стандартам в области промышленной безопасности и вводит превентивные меры. К ним относятся: составление документации по предотвращению аварии и отклонение от технологического регламента (план ликвидации аварий и технологический регламент), учебно-тренировочные занятия, обучение персонала в области промышленной безопасности, проведение инструктажей и т.д. Указанные цели требуют немало финансовых затрат, но жизнь человека и сохранность окружающей среды не могут восполнить никакие деньги.

Постоянно возрастают требования как к труду, так и к его качеству. Так, в связи с новыми рыночными отношениями, с диктатом мирового рынка высокий профессионализм и компетентность персонала на производстве являются основой экономической стабильности компании.

В настоящей статье проведён анализ травматизма в нефтегазодобывающей компании ТОО «Казахойл Актобе», расположенного в Мугалжарском районе Актыубинской области Республики Казахстан в период с 1999 по 2018 гг. Данное исследование было проведено по статистическому методу анализа травматизма. В результате установлено, что наиболее опасными местами компании в части безопасности являются производственные цеха, а наиболее опасной профессией – оператор технологических установок.

Данную статистику и профилактические работы по предупреждению аварий, инцидентов по предотвращению несчастных случаев и обеспечению готовности объектов ТОО «Казахойл Актобе» к локализации и ликвидации последствий аварий на опасном производственном объекте ведут специалисты отдела охраны труда и окружающей среды (ОТ и ОС) ТОО «Казахойл Актобе».

**Ключевые слова:** авария, инцидент, риск, оценка опасности, безопасность, травматизм

## SAFETY ANALYSIS IN OIL AND GAS PRODUCTION COMPANY “KAZAKHOIL AKTOBE” LLP

**Abstract:** Currently, all over the world, companies are conducting statistics on the work of emergency incidents of an enterprise. Kazakhstan tries to fit an international standard in the field of industrial safety and introduces preventive measures. These include preparation of documentation for the prevention of accidents and deviations from the process regulations (emergency response plan and process regulations), training sessions, training of personnel in the field of industrial safety, instructing, etc. These goals require quite a bit of financial expenditure, but human life and the preservation of the environment cannot make up any money. Constantly, the demands on labour and its quality are increasing, as well as in connection with new market relations, with the dictates of the world market, that high professionalism and competence of production personnel are the basis of the economic stability of the Company.

This article analyzes the injuries in the oil and gas company “Kazakhoil Aktobe” LLP, located in the Mugalzhar district Aktyubinsk region Republic of Kazakhstan, in the period from 1999 to 2018. This study was conducted according to the statistical method for analyzing injuries. As a result, it was established that the most dangerous places of the company in terms of safety are the production workshops, and the most dangerous profession is the operator of technological installations.

*These statistics and preventive works for warning the accidents, incidents, prevent accidents and ensure the readiness of the facilities of “Kazakhoil Aktobe” LLP to localize and eliminate the consequences of accidents at a hazardous production facility are conducted by specialists of the Department of labour protection and environment of “Kazakhoil Aktobe” LLP*

**Keywords:** *accident, incident, risk, hazard assessment, safety, injury*

## МҰНАЙ ЖӘНЕ ГАЗ ӨНДІРУ КОМПАНИЯСЫНЫҢ «ҚАЗАҚОЙЛ АҚТӨБЕ» ЖШС ҚАУІПСІЗДІК ТАЛДАУЫ

**Аңдатпа:** Қазіргі таңда бүкіл әлемдегі компаниялар кәсіпорынның төтенше жағдайлары туралы статистикасын жүргізеді. Қазақстан өнеркәсіп қауіпсіздігі саласындағы халықаралық стандарттарға сай келуге және алдын алу іс-шараларын ұйымдастырады. Оларға мыналар жатады: Жазатайым оқиғаларды болдырмау және технологиялық регламенттерден ауытқымау туралы құжаттарды дайындау (аварияларды басқару жоспары және технологиялық регламент), оқу-машықтану жаттығулары, өнеркәсіптік қауіпсіздік саласындағы кадрларды дайындау, нұсқаулау шараларын өткізу және т.б. Көрсетілген шаралар біршама қаржылық шығындарды қажет етеді, бірақ адам өмірі мен қоршаған ортаны сақтау ешқандай ақша орнын толтыра алмайтыны анық. Қазіргі нарықтық қатынастарға байланысты, еңбекке сұраныс пен оның сапасын үнемі арттырып отырады, осыған орай жұмысшылардың жоғары кәсібилігі мен құзыреттілігі, компанияның экономикалық тұрақтылығының негізі болып табылады.

Бұл мақалада Қазақстан Республикасы Ақтөбе облысының Мұғалжар ауданында орналасқан «Қазақойл Ақтөбе» ЖШС мұнай-газ өңдеу компаниясындағы 1999-2018 жылдардағы болған оқиғалардың талдау статистикасы көрсетілген. Нәтижесінде, компанияның ең қауіпті орындары өндірістік шеберханалар болып есептеледі, ал ең қауіпті мамандық – технологиялық қондырғылар операторы.

Бұл статистиканы және авариялардың алдын-алу және «Қазақойл Ақтөбе» ЖШС объектілерінің қауіпсіздігін және дайындығын қамтамасыз етуді еңбек қорғау және қоршаған ортаны қорғау бөлімінің мамандары жауапты.

**Түйінді сөздер:** *авария, оқиғас оқиға, тәуекел, қауіпті факторларға баға беру, қауіпсіздік, жарақат*

Уровень травматизма в компании проанализирован за период времени с 1999 по 2018 годы. Данный период времени в 19 лет является вполне достаточным для получения достоверных результатов по состоянию общего состояния травматизма в компании ТОО «Казакхойл Актөбе».

Всего за исследуемый период было зарегистрировано 11 несчастных случаев, в которых пострадало 12 человек. Из них, 1 случай с летальным исходом и 11 средней степени тяжести. Среднее число несчастных случаев за год в исследуемом периоде составило 0,63% или примерно 1 случая в 2 года, из них 1 случай с летальным исходом за период всего времени существования компании, т.е. за 19 лет.

Вместе с тем стоит отметить, что групповых случаев за исследуемый период не заре-

гистрировано. Количество дней нетрудоспособности из-за несчастных случаев составляет 285 дней, или в среднем 15 дней в год.

Для определения уровня травматизма использовался статистический метод, описанный в работе [1]. Данный метод заключается в обработке и изучении статистического материала, накопившегося по результатам расследования несчастных случаев за указанный период. Согласно данному методу, определяется ряд коэффициентов, которые являются относительными показателями уровня травматизма на предприятии и позволяют дать более правильную и полную картину уровня травматизма, нежели, чем только по данным абсолютного числа несчастных случаев, произошедших на предприятии за исследуемый период времени, где к ним относятся:

- коэффициент частоты травматизма –  $K_{\text{ч}}$ ;

- коэффициент тяжести травматизма –  $K_T$ ;
- коэффициент опасности –  $K_O$ , или показатель общего травматизма;
- показатель травматизма со смертельным исходом –  $K_C$ .

Коэффициент частоты травматизма –  $K_q$  определяет число несчастных случаев, происходящих на 1000 работающих, за определенный календарный период (месяц, квартал, год), в нашем случае – год.

Коэффициент частоты определяется по формуле: (1)  $K_q = A \cdot 1000/B$ , где  $A$  – число учтенных несчастных случаев за отчетный период;  $B$  – среднесписочная численность работающих на данном предприятии за рассматриваемый период.

При определении  $K_q$  учитываются все регистрируемые несчастные случаи потерь трудоспособности. При этом, коэффициент частоты не учитывает тяжести травматизма, которая характеризуется средней длительностью нетрудоспособности, приходящейся на один несчастный случай. В связи с чем, вводится коэффициент тяжести травматизма  $K_T$ , который характеризует среднюю потерю трудоспособности в днях на одного пострадавшего за отчетный период и определяется по формуле: (2)  $K_T = C/A$ , где  $C$  – общее количество дней нетрудоспособности из-за несчастных случаев.

Стоит отметить, что коэффициент тяжести травматизма не включает в себя смертельные случаи. Поэтому для более полной оценки производственного травматизма определяется показатель общего травматизма –  $K_O$  и показатель травматизма со смертельным исходом (3)  $K_C$ :  $K_O = K_q \cdot K_T$ , или (4)  $K_O = C \cdot 1000/B$ , и (5)  $K_C = T \cdot 1000/B$ , где  $T$  – количество случаев со смертельным исходом.

Сравнение всех этих показателей за отчетный период времени позволило проанализировать состояние травматизма за исследуемый период времени в динамике. Так, в таблице №1 представлены данные по травматизму за исследуемый период. По этим данным были построены различные зависимости показателей травматизма за период времени с 1999 по 2018 гг.

Вместе с тем, на рисунках №1, 2, 3, 4 представлены зависимости распределения коэффициентов и показателей травматизма от времени за исследуемый период.

На рисунке №1 показана зависимость распределения количества несчастных случаев ( $A$ ) от времени ( $T$ ) за исследуемый период. Прямыми отрезками отмечены данные по фактическому уровню травматизма, сплошной жирной линией показана кривая зависимости, в данном случае это  $y=0,0083x^2+0,1816x+1,3829$ . Коэффициент аппроксимации составил  $R^2=0,0325$ . Это сложная полиномиальная функция второй степени. Получена данная зависимость путем использования Microsoft Excel по методу наименьших квадратов.

Эта функция удовлетворительно описывает поведение функции  $A(T)$  в исследуемом периоде, т.к. достигнута аппроксимация, близкая к 40%. Анализируя поведение данной зависимости, можно сказать, что за исследуемый период времени в компании ТОО «Казахойл Актобе» имелись высокие значения функции  $A(T)$  в 2002, 2003 гг., а далее происходит резкий спад, за исключением 2006 года, где произошел 1 случай со смертельным исходом, а в 2015 году опять наблюдается увеличение несчастных случаев, где показатель достиг 5 случаев.

На рисунке №2 показана зависимость распределения коэффициента частоты  $K_q$  в компании ТОО «Казахойл Актобе» за период с 1999 по 2018 гг. Зависимость представлена сплошной полиномиальной функцией в виде  $y= - 0,4923x + 8,6309$ , с коэффициентом аппроксимации  $R^2=0,1908$ . Анализируя этот график можно сказать следующее, что в целом он не постоянен. Пики приходятся на 2001 год – 12,8 и 2002 год – 23,3. Далее происходит спад.

На рисунке №3 представлена зависимость распределения коэффициента тяжести травматизма  $K_T$  в компании в период с 1999 по 2018 гг. Получена полиномиальная функция второй степени  $y=0,0675x^2-1,5294x+11,412$  с коэффициентом аппроксимации  $R^2=0,0542$ .

По поведению данной функции на изучаемом отрезке времени можно сделать вывод, что в 1999-2000 гг. и 2004-2005 гг. коэффициент тяжести травмированных не отмечался, но в период 2001-2003 гг. величина  $K_T$  была стабильной и находилась в пределах от 12,0 до 14,0, а 2006 г. – 11,0, начиная с 2007 по 2014 годы были сильные перепады, т.е. тяжесть травмированных не зарегистрирована, и пик пришёлся за весь исследуемый период

на 2015 год – 28,4, т.е. тяжесть травмированных значительно выросла при общем снижении количества и частоты травмируемых работников компании ТОО «Казахойл Актобе».

На рисунке №4 представлена зависимость коэффициента смертности  $K_c$  в компании ТОО «Казахойл Актобе» за исследуемый период. По аппроксимации точек находим следующее уравнение:  $y=0,0055x^2+0,1028x-0,1083$  с коэффициентом аппроксимации  $R^2=0,0051$ .

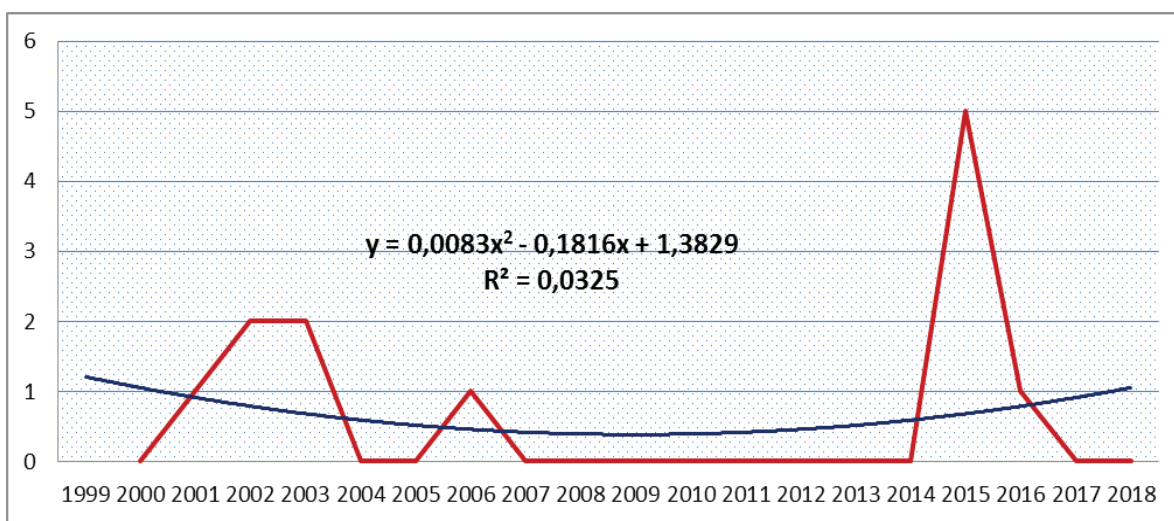


Рис. 1 – Распределение несчастных случаев в компании ТОО «Казахойл Актобе» в период 1999-2018 гг.

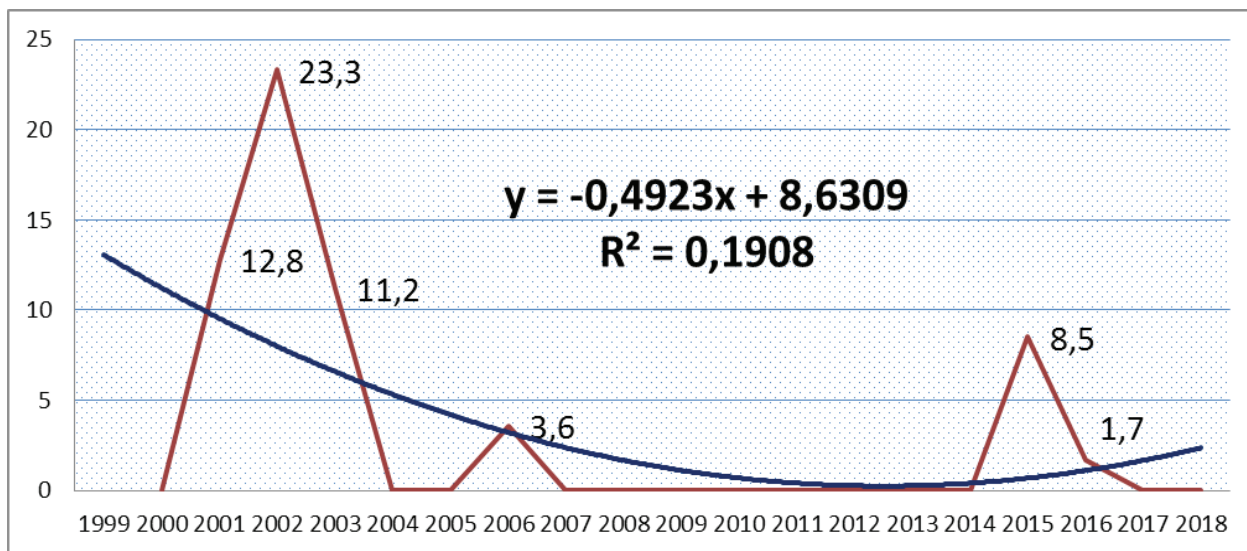


Рис. 2 – Зависимость распределения коэффициента частоты  $K_c$  в компании ТОО «Казахойл Актобе» в период 1999-2018 гг.

Таблица №1 – Показатели производственного травматизма в компании в период с 1999 по 2018 гг.

№	Наименование показателя	Годы																			
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	Среднесписочное число работающих за период	21	43	78	86	179	186	270	280	340	365	380	400	479	579	580	575	587	582	585	585
2	Количество пострадавших от несчастных случаев на производстве с утратой трудоспособности на один день и более, чел.			1	2	2			1									5	1		
3	Количество дней нетрудоспособности в результате несчастных случаев на производстве за период			12	23	28			11									142	14		
4	Количество несчастных случаев			1	2	2			1									5	1		
	в том числе:																				
	с тяжелым исходом			1	2	2			0									5	1		
	со смертельным исходом			0	0	0			1									0	0		
	групповых, происшедших одновременно с 2-мя или более работниками, независимо от степени тяжести травм пострадавших			0	0	0			0									1	0		
5	Количество случаев профессионального заболевания, всего																				
	в том числе групповых																				
6	Коэффициент частоты травматизма на 100 работников, К <sub>ч</sub>			12,8	23,3	11,2			3,6									8,5	1,7		
7	Коэффициент тяжести травматизма, К <sub>т</sub>			12	11,5	14			11									28,4	14		
8	Коэффициент смертности от несчастных случаев на 100 работников, К <sub>с</sub>			0	0	0			3,571	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
9	Показатель общего травматизма, К <sub>о</sub>			153,8	267,4	156,4			39,29									241,9	24,05		

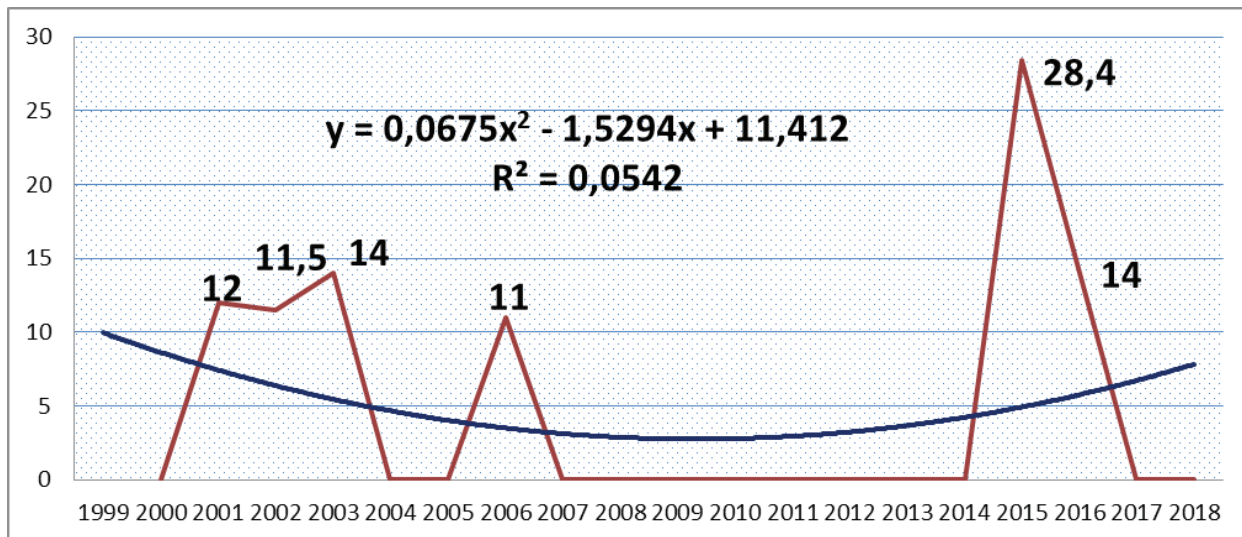


Рис. 3 – Зависимость распределения коэффициента тяжести  $K_t$  в компании ТОО «Казахойл Актобе» в период 1999-2018 гг.

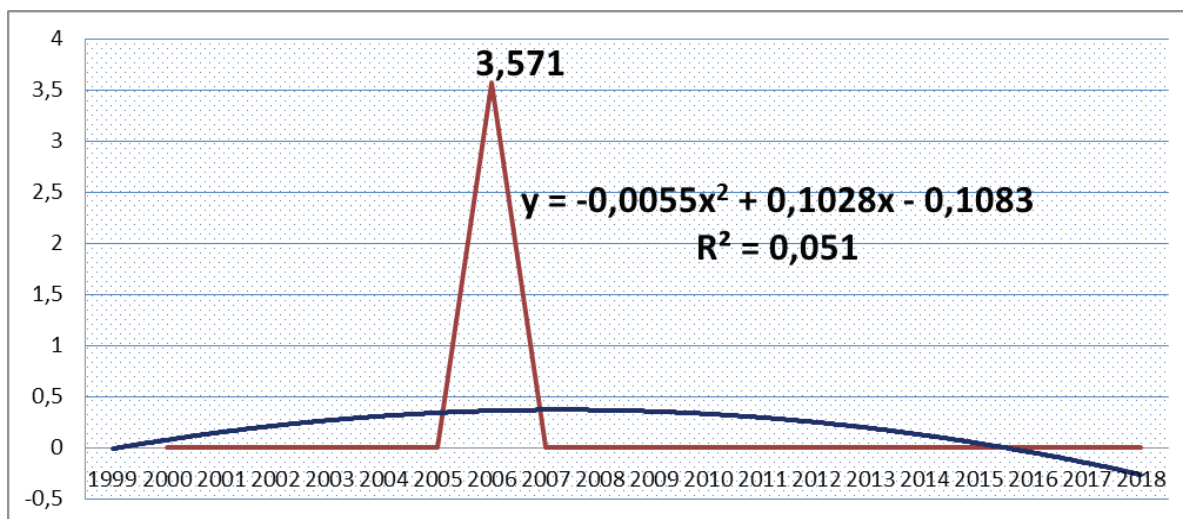


Рис. 4 – Зависимость распределения коэффициента смертности  $K_c$  в компании ТОО «Казахойл Актобе» за исследуемый период

При анализе состояния травматизма можно сделать вывод, что наиболее травмоопасными местами компании являются производственные цеха, где производятся работы по добыче и переработке нефти и газа.

Согласно таблице №1 наибольшее количество несчастных случаев за исследуемый период произошло среди профессии «оператора технологических установок» – 5 случаев, в том числе 1 с летальным исходом. Далее идут рабочие вспомогательных профессий (прочие) – 6 случаев, с летальным исходом не зарегистрировано.

По возрасту пострадавших у операторов наибольшее число пострадавших приходится на возраст от 20 до 35 лет – 5 случаев, 1 со смертельным исходом.

Как видно, из приведенных данных, наличие у человека жизненного и производственного опыта не играет большой роли. Люди хорошо усваивают навыки работы и теряют бдительность, а порой просто игнорируют правила техники безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хакимжанов Т.Е. Охрана труда. Учебное пособие для вузов. – Алматы: Эверо, 2006. – 264 стр.
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды. – Изд. Юрайт, 2013. – 682 с.
3. Балышева Е.Н. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов. – Издательство «Высшая школа», 2001. – 616 с.
4. Сергеев В.С. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов. – 2018. – 481 с.
5. Попова Т.В. Почакаева Е.И. Безопасность окружающей среды и здоровье населения. – Учебное пособие, 2013. – 448 с.

UDC 510.53  
 МРНТИ 27.03.45

## FRIEDBERG NUMBERINGS WITH A HYPERIMMUNE ORACLE

A.A. ISSAKHOV<sup>1</sup>, F. RAKYMZHANKYZY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kazakh-British Technical University

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University

**Abstract:** The present work investigates several questions related to hyperimmunity and  $A$ -computable Friedberg numberings of families of total functions. It is shown that if  $F$  is an infinite  $A$ -computable family of total functions, where  $A$  is an arbitrary set, then  $F$  has an  $A$ -computable Friedberg numbering; for every hyperimmune set  $A$  there exists a non-recursive  $A$ -computable set  $B$ ; and also, that if  $F$  is an infinite  $A$ -computable family of total functions, where  $A$  is a hyperimmune set, then  $F$  has infinitely many pairwise nonequivalent  $A$ -computable Friedberg numberings.

**Keywords:** computable numbering, Friedberg numbering, hyperimmune oracle

## ФРИДБЕРГОВЫЕ НУМЕРАЦИИ С ГИПЕРИММУННЫМ ОРАКУЛОМ

**Аннотация:** Данная работа исследует некоторые вопросы, относящиеся к гипериммунности и  $A$ -вычислимым фридберговым нумерациям семейств всюду определенных функций. Было показано, что, если  $F$  является бесконечным  $A$ -вычислимым семейством всюду определенных функций, где  $A$  произвольное множество, то  $F$  имеет  $A$ -вычислимую фридбергову нумерацию; для любого гипериммунного множества  $A$  существует не рекурсивное вычислимое множество  $B$ ; а также, если  $F$  является бесконечным  $A$ -вычислимым семейством всюду определенных функций, где  $A$  гипериммунное множество, то  $F$  имеет бесконечно много попарно не эквивалентные  $A$ -вычислимые фридбергову нумерации.

**Ключевые слова:** вычислимые нумерации, фридбергова нумерация, гипериммунный оракул

## ГИПЕРИММУНДЫ ОРАКУЛМЕН ФРИДБЕРГ НӨМІРЛЕУЛЕРІ

**Аңдатпа:** Ұсынылған жұмыс гипериммундылық пен барлық жерде анықталған функциялардан тұратын үйірлердің  $A$ -есептелімді Фридберг нөмірлеулеріне қатысты бірнеше мәселелерді зерттеуге арналған. Келесі тұжырымдар дәлелденген: кез келген  $A$  жиыны үшін егер  $F$  барлық жерде анықталған функциялардан тұратын шексіз  $A$ -есептелімді үйір болса, онда  $F$  үйірінің  $A$ -есептелімді Фридберг нөмірлеуі бар; кез келген гипериммунды  $A$  жиыны үшін рекурсивті емес  $A$ -есептелімді  $B$  жиыны табылады; гипериммунды  $A$  жиыны үшін егер  $F$  барлық жерде анықталған функциялардан тұратын шексіз  $A$ -есептелімді үйір болса, онда  $F$  үйірінің шексіз көп бір-біріне эквивалентті емес  $A$ -есептелімді Фридберг нөмірлеулері болады.

**Түйінді сөздер:** есептелімді нөмірлеу, Фридберг нөмірлеуі, гипериммунды оракул

### Introduction

Every onto mapping  $\alpha$  of the set  $\omega$  of natural numbers to a nonempty set  $S$  can be considered as a *numbering* of  $S$ . Assume that  $\alpha$  and  $\beta$  be two numberings of the same family  $S$ . Then we say that the numbering  $\alpha$  is *reducible* to the numbering  $\beta$  if there exists a recursive function  $f$  such that  $\alpha(n) = \beta(f(n))$  for any natural  $n$ ; it will be denoted as  $\alpha \leq \beta$ . If  $\alpha \leq \beta$  and  $\beta \leq \alpha$  then such numberings will be called *equivalent*, symbolically  $\alpha \equiv \beta$ .

A numbering  $\alpha$  of a family  $S$  is called *computable* if there exists a recursive function  $f$  such that the formula  $G(f(n))$  distinguishes an element  $\alpha(n)$  in a language  $L$  relative to an interpretation  $ii$ , i.e.

$$\alpha(n) = i(G(f(n)))$$

for all natural  $n$ .

If we will take the language of Turing machines and  $i(M)$  be the function computed by a Turing machine  $M$ , then we will obtain the standard notion of a computable numbering  $\alpha$  of the family  $F$  of partial computable functions, i.e.  $\alpha$  is computable (relative to  $i$ ) if there exists a partial recursive function  $g(n, x)$  such that the functions  $\alpha(n)$  and  $\lambda x g(n, x)$  coincide for any natural  $n$ , [1].

The set  $\{\beta | \beta \equiv \alpha\}$  will be denoted by  $deg(\alpha)$ , and is called *degree* of the numbering  $\alpha$ . Pre-order relation on the set of all computable numberings of a family  $S$  according to reducibility of numberings is denoted by  $Com(S)$ , and it produce a partial ordering on a set of degrees on numberings in  $Com(S)$ , which will be also denoted by  $\leq$ . The partially ordered set

$$\mathcal{R}(S) = (\{deg(\alpha) | \alpha \in Com(S)\}, \leq)$$

is an upper semilattice, or *Rogers semilattice* of the family  $S$ . A numbering  $\alpha$  is called *decidable* (*positive*) if  $\{(x, y) | \alpha(x) = \alpha(y)\}$  is computable (computably enumerable) set. If  $\alpha$  is injective then  $\alpha$  is *Friedberg numbering*.

### Hyperimmunity

A computably enumerable set of finite sets is called an *array*. If the finite sets are canonical indices then it is called a *strong array*, and if the finite sets are disjoint then it is called *disjoint array*. So, if for a sequence  $\{F_n\}_{n \in \omega}$  of finite sets there is a recursive function  $f$  such that  $F_n = D_{f(n)}$  then the sequence will be a strong array. If  $F_n = W_{f(n)}$  then such sequence is called *weak array*.

If there is no disjoint strong (weak) array  $\{F_n\}_{n \in \omega}$  such that  $F_n \cap A \neq \emptyset$  for all  $n$  then an infinite set  $A$  is *hyperimmune* (*hyperhyperimmune*).

A function  $f$  *majorizes* a function  $g$  if  $f(x) \geq g(x)$  for all natural  $x$ , and  $f$  *dominates*  $g$  if  $f(x) \geq g(x)$  for almost every  $x$ . The *principal function*  $p_A$  of an infinite set

$$A = \{a_0 < a_1 < a_2 < \dots\}$$

is defined by the rule  $p_A(n) = a_n$ . If  $f$  majorizes (dominates)  $p_A$  then the function  $f$  majorizes (dominates) an infinite set  $A$ .

**Theorem** (Kuznecov, Medvedev, Uspenskii). An infinite set  $A$  is hyperimmune if and only if no recursive function majorizes  $A$ .

Here we demonstrate proof of the Theorem from [2].

*Proof.* Let

(i)  $A$  is hyperimmune;

(ii) The principal function  $p_A$  is not computably majorized.

(i)  $\Rightarrow$  (ii). Suppose  $f$  is a recursive function such that  $p_A(x) \leq f(x)$  for all  $x$ . Set

$$D_{g(0)} = [0, f(0)]$$

where  $[n, m] = \{n, n + 1, \dots, m\}$ . Suppose we are given  $g(0), g(1), \dots, g(n)$ . Let

$$k = 1 + \max \left( \bigcup \{D_{g(i)}\}_{i \leq n} \right)$$

and define  $D_{g(n+1)} = [k, f(k)]$ . Now  $k \leq p_A(k) \leq f(k)$  so

$$p_A(k) \in D_{g(n+1)} \cap A.$$

(ii)  $\Rightarrow$  (i). Let  $\{D_{g(x)}\}_{x \in \omega}$  be a disjoint strong array such that  $D_{g(x)} \cap A \neq \emptyset$  for all  $x$ . Set

$$f(x) = \max \left( \bigcup \{D_{g(y)}\}_{y \leq x} \right).$$

Then  $f(x) \geq p_A(x)$  for all  $x$ . Theorem 1 is proved.

Now let's describe some properties of hyperimmune degrees. If a degree  $\mathbf{a}$  contains a hyperimmune set then  $\mathbf{a}$  is called *hyperimmune*, and  $\mathbf{a}$  is called *hyperimmune-free* otherwise.

**Theorem** (Miller, Martin), [3].

(a) If  $\mathbf{a}$  is hyperimmune and  $\mathbf{a} < \mathbf{b}$  then  $\mathbf{b}$  is hyperimmune.

(b)  $\mathbf{a}$  is hyperimmune iff some function of degree  $\leq \mathbf{a}$  is majorized by no recursive function.

(c) If  $(\exists \mathbf{a})[\mathbf{a} < \mathbf{b} < \mathbf{a}']$ , then  $\mathbf{b}$  is hyperimmune.

(d) Every nonzero degree comparable with  $\mathbf{0}'$  is hyperimmune.

**AA-computable numberings**

Let  $F$  be a family of total functions which

is computable by an oracle  $A$ , where  $A$  is an arbitrary set. A numbering  $\alpha$  of the family  $F$  is called *A-computable* if binary function  $\alpha(n)(x)$  is *A-computable*. A family  $F$  is called *A-computable* if it has an *A-computable* numberings, [4]. If  $A$  is a computable set, then we deal with a family of computable functions and their classical computable numberings. An *A-computable* numbering  $\alpha$  of the family  $F$  is called *universal* if any *A-computable* numbering of  $F$  is computably reducible to  $\alpha$ . It is well known that, in the classical case, every finite family of computably enumerable sets has a universal (principal) computable numbering, [5].

**Lemma 1.** Let  $F$  be an infinite *A-computable* family of total functions, where  $A$  is an arbitrary set. Then  $F$  has an *A-computable* Friedberg numbering.

*Proof:* Let  $\alpha$  be an arbitrary *A-computable* numbering of the family  $F$ , then there exists an *A-computable* function  $\beta(n, x)$  such that the functions  $\alpha(n) = \lambda x \beta(n)(x)$  coincide for any  $n \in \omega$ .

The procedure for constructing the function  $f$  is carried out in steps: at the first step we put  $f(0) = \mathbf{0}$ , which means  $f(0)$  will be the number of the first function in the numbering  $\alpha$ .

On step  $n + 1$  we will look for the  $\alpha$ -number of a function which is different from those already found, comparing the following functions simultaneously

$$\begin{matrix} \beta(0)(0), & \beta(0)(1), & \dots, & \beta(0)(n), \\ \beta(1)(0) & \beta(1)(1) & \dots, & \beta(1)(n), \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta(n)(0) & \beta(n)(1) & \dots, & \beta(n)(n) \end{matrix}$$

Thus, we assign the function  $f$  to the  $\alpha$ -numbers of pairwise distinct functions  $\beta(n)(x)$ .

Obviously, the function  $f$  will be a 1-1

function, and since the function  $\beta(n)(x)$  is  $A$ -computable, the comparison of a finite number of given functions on a finite number of arguments is also  $A$ -computable. Consequently, the function  $f$  is also  $A$ -computable.

Then the numbering  $\alpha \circ f$  will be  $A$ -computable Friedberg numbering of the family  $F$ . Lemma 1 is proved.

Dekker showed that for every non-recursive c.e. set  $A$  there is a hyperimmune set  $B$  such that  $B \equiv_T A$ , which means that every non-recursive c.e. degree contains a hyperimmune set.

**Lemma 2.** For every hyperimmune set  $A$  there exists a non-recursive  $A$ -computable set  $B$ .

*Proof:*  $A$  is comparable with  $\emptyset'$  and  $\emptyset <_T A$ . Then as  $B$  it is enough to take the set  $A$ , since  $A \leq_T A$  for any  $A$ . Lemma 2 is proved.

It is known [6], that if  $A$  is an arbitrary set,  $F$  is an infinite  $A$ -computable family of total functions and  $F$  has at least two nonequivalent  $A$ -computable Friedberg numberings, then  $F$  has infinitely many pairwise nonequivalent  $A$ -computable Friedberg numberings. And also [7], if  $F$  is an infinite  $A$ -computable family of total functions, where  $\emptyset' \leq_T A$ , then  $F$  has infinitely many pairwise nonequivalent  $A$ -computable Friedberg numberings.

**Theorem 3.** Let  $F$  be an infinite  $A$ -computable family of total functions, where  $A$  is a hyperimmune set. Then  $F$  has infinitely many pairwise nonequivalent  $A$ -computable Friedberg numberings.

*Proof:* Let  $\alpha$  be an  $A$ -computable Friedberg numbering of the family  $F$ ,  $B$  is a non-recursive  $A$ -computable set. We sort the elements of  $B$  and  $\bar{B}$  in increasing order:

$$B = \{a_0 < a_1 < a_2 < \dots < a_n < \dots\}$$

$$\bar{B} = \{b_0 < b_1 < b_2 < \dots < b_n < \dots\},$$

and we define non-computable function  $p$  as follows:

$$p(a_{i+1}) = a_i,$$

$$p(a_0) = b_0,$$

$$p(b_i) = b_{i+1},$$

where  $i = 0, 1, 2, \dots$

If  $p$  is a computable function, then  $B$  will be computable set, since in this case the sequence

$$p(a_0), p(p(a_0)), p(p(p(a_0))), \dots$$

would be computable enumeration of  $\bar{B}$  for  $a_0 \in B$ , contradiction. Thus  $p$  is not computable, but  $A$ -computable.

Obviously, that each numbering from the system

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ \alpha \circ p \\ \alpha \circ p^2 \\ \dots \\ \alpha \circ p^n \\ \dots \end{array} \right.$$

will be  $AA$ -computable Friedberg numberings, and they are pairwise nonequivalent.

Let  $\alpha \circ p^k$  and  $\alpha \circ p^m$  are computably equivalent, i.e.  $\alpha \circ p^k \leq \alpha \circ p^m$  and  $\alpha \circ p^m \leq \alpha \circ p^k$ . Assume  $k < m$  and  $\alpha \circ p^m \leq \alpha \circ p^k$ , then there exists a computable function  $f$  such that

$$\alpha \circ p^m(x) = \alpha \circ p^k \circ f(x),$$

but since  $\alpha$  and  $p$  are 1-1 functions, it must be  $p^{m-k}(x) = f(x)$  for all natural  $x$ , contradiction.

Thus, we have constructed infinitely many pairwise nonequivalent  $A$ -computable Friedberg numberings of the family  $F$ . Theorem 3 is proved.

### Conclusion

Note that, [8, 9], if an  $A$ -computable family  $F$  of total functions contains at least two elements, where  $A$  is a hyperimmune set, then  $F$  has no  $A$ -computable principal numbering; and if  $F$  is a finite  $A$ -computable family of total functions, where Turing degree of the set  $A$  is

hyperimmune free, then  $F$  has an  $A$ -computable principal numbering.

**Question.** Is there an infinite  $A$ -computable family of total functions, where Turing degree of the set  $A$  is hyperimmune free, with  $A$ -computable principal numbering?

### REFERENCES

1. Rogers H. Gödel numberings of partial computable functions \ J. Symbolic Logic, 1956, Vol. 23, pp. 49-57.
2. Soare R.I. Recursively enumerable sets and degrees. – Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 1987. – 437 p.
3. Miller W., Martin D.A. The degree of hyperimmune sets \ Z. Math. LogikGrundlag. Math., 1968, Vol. 14, pp. 159-166.
4. Ershov Yu.L. Theory of numberings \ Handbook of Computability Theory. – North-Holland; Amsterdam: Stud. Log. Found. Math., 1999, Vol. 140, pp. 473-503.
5. Badaev S.A., Goncharov S.S., Sorbi A. Completeness and universality of arithmetical numberings \ Computability and Models, S.B. Cooper and S.S. Goncharov (eds.). – New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2003, pp. 11-44.
6. Badaev S.A., Issakhov A.A. Some absolute properties of  $A$ -computable numberings \ Algebra and Logic, 2018, Vol. 57, No. 4, pp. 275-288.
7. Issakhov A.A. Ideals without minimal elements in Rogers semilattices \ Algebra and Logic, 2015, Vol.54, No. 3, pp. 197-203.
8. Issakhov A.A.  $A$ -computable numberings of the families of total functions \ The Bulletin of Symbolic Logic, 2016, Vol. 22, No. 3, p. 402.
9. Issakhov A.A., Rakymzhankyzy F. Hyperimmunity and  $A$ -computable numberings \ The Bulletin of Symbolic Logic, 2018, Vol. 24, No. 2, pp. 248-249.

УДК 519.876.2  
МРНТИ 50.43.15

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ДОРОЖНЫХ ДЕТЕКТОРОВ ДЛЯ СНЯТИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Г. ТӨЛЕБИ, Д. КУРМАНХОДЖАЕВ

*Казахстанско-Британский технический университет*

**Аннотация:** В данной работе рассматриваются детекторы по мониторингу транспортных средств как инструмент для сбора данных, которые в дальнейшем используются для экспериментов над адаптивными системами управления светофорными сигналами для планирования и прогнозирования дорожного движения. В докладе рассмотрены категории детекторов дорожного движения и представлен их сравнительный анализ.

**Ключевые слова:** системы управления дорожным движением, детекторы, моделирование транспортных потоков

## ANALYSIS OF EXISTING TRAFFIC DETECTORS FOR TAKING MEASUREMENTS

**Abstract:** In the given article vehicle monitoring detector is considered as a tool for data collection, which is later used for experiments on adaptive traffic light control systems for planning and forecasting traffic. The report presents the categories of traffic detectors and their comparative analysis.

**Keywords:** Traffic Control Systems, sensors, traffic flow modeling

## КӨЛІК ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ ӨЛШЕМДЕРІН АЛУҒА АРНАЛҒАН ДЕТЕКТОРЛАРҒА ТАЛДАУ

**Аңдатпа:** Берілген мақалада жолдағы көлік қозғалысын адаптивті түрде басқаруға бағытталған эксперименттерді жүзеге асыруға қолданылатын деректерді жинақтауға арналған детекторлар қарастырылады. Жол қозғалысының детекторларының түрлері мен жұмыс жасау принципі, артықшылықтары мен кемшіліктері талқыланып, салыстырмалы талдау жүргізілді.

**Түйінді сөздер:** көлік қозғалысын басқару, детекторлар, жол қозғалысын модельдеу

В современных условиях увеличения объема трафика, а также ограниченного строительства новых автомобильных дорог повышение эффективности и пропускной способности транспортных сетей является одной из первостепенных задач для решения проблемы загрязнения окружающей среды в больших городах. С целью достижения вышеуказанной проблемы авторами были изучены детекторы по мониторингу транспортных средств (ДМТС).

ДМТС – это техническое устройство, которое указывает на наличие или проход

транспортных средств через сечение дороги и предоставляет данные и информацию, которая используется для систем управления дорожным движением, обнаружения аварий, классификации данных, получения сведений об объемах транспортных средств [1].

Каждый детектор имеет функциональные узлы [2]:

- чувствительный элемент отвечает за выработку первичного сигнала при прохождении транспортным средством контролируемой зоны (сечения) дороги;

- усилительно-преобразовательный блок усиливает, обрабатывает и преобразовывает первичный сигнал, полученный чувствительным элементом.

- выходной элемент отвечает за передачу закодированной информации в контроллеры и другие устройства управления дорожным движением.

Детекторы транспорта можно классифицировать по назначению, принципу действия чувствительного элемента и специализации (измеряемому ими параметру).

#### **Классификация детекторов транспорта по назначению**

1. Проходные детекторы транспорта. Проходные детекторы фиксируют и выдают нормированные по длительности сигналы о появлении транспортного средства в контролируемой зоне. При этом параметры сигнала не зависят от длительности нахождения транспортного средства в этой зоне. Фиксация появления автомобиля в зоне необходима для реализации алгоритма поиска разрыва в потоке. По этой причине проходные детекторы получили широкое распространение.

2. Детектор присутствия выдают сигнал на протяжении всего времени пребывания транспортного средства в контролируемой детектором зоне. Эти типы детекторов предназначены, преимущественно, для обнаружения предзаторовых и заторовых состояний потока, поэтому и применяются реже по сравнению с проходными.

**Классификация детекторов по принципу действия чувствительного элемента (датчика).** По принципу действия на участках дорог датчики по МТС делятся на следующие категории:

- 1) звуковые;
- 2) оптические;
- 3) поляризационные;
- 4) геомагнитные;
- 5) индукционные;
- 6) контактные.

Далее эти категории делятся на следующие подкатегории:

- Чувствительные элементы контактного типа:

- электромеханический датчик представляет собой две стальные полосы, геометрически завулканизированные резиной. В момент наезда колес транспортного средства на датчик формируется электрический импульс путем замыкания контактов;

- пневмоэлектрический датчик состоит из резиновой трубки, заключенной в стальной лоток. При наезде автомобиля на трубку давление воздуха в ней повышается, что в свою очередь действует на мембрану пневмореле и замыкает его электрические контакты;

- пьезоэлектрический датчик представляет собой полимерную пленку, которая при механической деформации поляризуется на поверхности электрический заряд.

- Чувствительные элементы излучения:

- Звуковые датчики

- \* Акустический датчик – пассивный акустический детектор, устанавливаемый на столбах сбоку от дорожного полотна и позволяющий контролировать пять полос движения. Точная регулировка не требуется, так как сенсор покрывает достаточно широкую область. Рекомендованная высота установки составляет 7.5-12 м, а расстояние от полотна дороги – 3-6 м. Дает удовлетворительные результаты при нормальном потоке. При плотном потоке – тенденция к уменьшению показаний [3].

- Оптические датчики

- \* Фотоэлектрический инфракрасный датчик представляет собой источник светового луча и приемник с фотоэлементом. В момент проезда транспортного средства через контролируемую зону световой луч прерывается, и, соответственно, меняется освещенность фотоэлемента. Это вызывает изменение его электрических параметров. Существенным недостатком фотоэлектрических датчиков является неспособность предоставлять точные данные при интенсивном многорядном движении транспортных средств. Кроме того на их работу оказывают негативное влияние пыль, грязь, дождь, снег.

- \* Оптический видеодатчик (видеокамера) – при помощи цифровой видеокамеры

снимает информацию о потоке и дает возможность, в случае необходимости, воспроизводить полученные данные. К недостаткам можно отнести зависимость оптического видеодатчика от погодных условий.

– Поляризационные датчики

\* Радарный детектор представляет собой установленную над проезжей частью либо сбоку направленную антенну, действие которой основано на применении эффекта Доплера. Излучение направляется вдоль дороги и, отражаясь от движущегося транспортного средства, принимается антенной. При этом измеряется частота отраженной волны из контролируемой зоны и сравнивается со строго заданной частотой волны, излученной радаром. Разность частот будет зависеть от скорости транспортного средства. При приближении транспорта средства к радару отраженная волна будет иметь меньший период, чем излученная. При удалении ТС от радара – наоборот.

\* Ультразвуковой датчик представляет собой приемопередатчик импульсного направленного луча, выполненный в виде параболического рефлектора с помещенным внутри пьезоэлектрическим преобразователем, генерирующим ультразвуковые импульсы. К недостаткам ультразвуковых датчиков можно отнести чувствительность к акустическим и механическим помехам.

\* Микроволновой датчик представляет собой установку СВЧ-излучения, которая устанавливается над проезжей частью. Работа микроволнового датчика основана на принципе измерения поляризации излученной волны.

• Чувствительные элементы измерения параметров электромагнитных систем

– Геомагнитные датчики

\* Ферромагнитный датчик представляет собой катушку с магнитным сердечником. Катушка помещается в трубу для защиты от повреждений и закладывается под дорожное покрытие на глубину 15-30 см. Автомобиль регистрируется в результате искажения магнитного поля в момент его прохождения над датчиком. Однако данный датчик является низкочувствительным. При низкой скорости транспортных средств (менее 10 км/ч) они не регистрируются.

– Индукционные датчики

\* Индуктивный датчик (петля) представляет собой состоящую из одного-двух витков изолированного и защищенного от механических воздействий провода рамку. При прохождении транспортного средства над рамкой, ее индуктивность изменяется и автомобиль регистрируется.

**Сравнительные характеристики детекторов.** В таблице 1 представлен сравнительный анализ некоторых детекторов.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики детекторов

Технология	Преимущества	Недостатки
Пассивная/активная инфракрасная	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Простота установки</li> <li>• Надежность</li> <li>• Устойчивость к воздействию окружающей среды</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Покрывает 1-2 полосы движения</li> <li>• Ограничение погодных условий для активных инфракрасных датчиков обычно подобно человеческому глазу</li> <li>• Классификация базируется на исследовании высоты объекта, а не длины</li> <li>• Работа пассивных датчиком ухудшается при дожде и снегопаде</li> </ul>
Радар	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тяжелые климатические условия не влияют на работу детектора</li> <li>• Прямое измерение скорости</li> <li>• Одновременно обслуживает несколько полос движения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Плохо работает на перекрестках при подсчете объема транспортного потока</li> </ul>
Ультразвуковая	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Простота установки</li> <li>• Одновременно обслуживает несколько полос движения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Работа ухудшается при сильных колебаниях температуры и турбулентности потока воздуха</li> <li>• Измерение занятости полос на трассах при высоких скоростях может ухудшаться</li> </ul>
Пассивная акустическая	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Пассивное детектирование</li> <li>• Одновременно обслуживает несколько полос движения</li> <li>• Нечувствительность к осадкам</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Уменьшение точности показаний при работе при низких температурах</li> <li>• Ряд моделей этой технологии не рекомендован к применению в условиях движения «останов-трогание»</li> <li>• Ухудшается работа в условиях посторонних звуковых помех</li> </ul>
Видео	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Одновременно обслуживает несколько зон и несколько полос движения</li> <li>• Простота установки и перенастройки детектируемых зон</li> <li>• Возможность сбора больших массивов данных</li> <li>• Широкая зона детектирования</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Воздействие тяжелых климатических условий, тени, резкие перемещения ТС из одной полосы в другую, обледенение, смена дня и ночи могут влиять на работу камер</li> <li>• Некоторые модели камер восприимчивы к сильному ветру</li> <li>• Большие объекты наблюдения могут загораживать маленькие</li> </ul>
Индукционная петля	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Гибкий дизайн, совместимый с большим разнообразием приложений</li> <li>• Хорошо изученная технология</li> <li>• Большой опыт применения у пользователей</li> <li>• Измеряет основные параметры движения (например, объем, присутствие, перемещение, скорость)</li> <li>• Обеспечивает более точный подсчет данных по сравнению с другими широко используемыми технологиями</li> <li>• Нечувствительность к ненастной погоде, таких как дождь, туман, снег</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Установка требует разрез тротуара</li> <li>• Неправильная установка может привести к повреждению тротуара</li> <li>• Установка и обслуживание требуют закрытия переулков</li> <li>• Подвержены к сбоям при огромном количестве потока транспорта</li> <li>• Точность обнаружения может уменьшиться, если требуется обнаружение большого разнообразия классов транспортных средств</li> </ul>
Ферромагнитная	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Менее подвержена к количеству транспортных средств</li> <li>• Передача данных по беспроводным технологиям связи</li> <li>• Нечувствительна к погодным условиям</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Установка требует разрез тротуара</li> <li>• Неправильная установка может привести к повреждению тротуара</li> <li>• Установка и обслуживание требуют закрытия переулков</li> </ul>

В таблице 2 приведены влияния окружающей среды, таких как ветер, дождь, температура и т.д., а также плотности движения на работу детекторов различных технологий.

**Таблица 2 – Устойчивость детекторов к изменениям во внешней среде**

Тип детектора Устойчивость при внешних воздействиях (дождь, снег, пр.)		Влияние окружающей среды				Движение	
		Ветер	Темп.	Свет фар	Высокая плотность потока	Низкая плотность потока	
Стационар.	Индукт.	+	+	-	+	+	+
	Магн.	+	+	+	+	+	+
Мобильн.	Актив. инфракр.	-	+	+	+	+	+
	Пассив. инфракр.	+	+	+	+	+	+
	Радарный	+	+	+	+	-	+
	Ультразвук.	+	+	+	+	+	+
	Пассив. акуст.	-	+	-	+	-	+
	Видео системы	-	-	-	-	+	+

Различные технологии транспортных датчиков и их возможности представлены в таблице 3.

**Таблица 3 – Параметры состояния дороги, определяемые детекторами. Стоимость детекторов**

Технология	Счет	При- сутст- вие	Скорость	Выходные данные	Классификация	Нагрузка на передающие каналы	Примерная стоимость (US\$)
Индукционная петля	+	+	+ <sup>b</sup>	+	+ <sup>c</sup>	Низко-средняя	\$500–\$800
Магнитометр	+	+	+ <sup>b</sup>	+		Низкая	\$900–\$6,300
Магнитная индукционная катушка	+	+ <sup>d</sup>	+ <sup>b</sup>	+		Низкая	\$385–\$2,000
Микроволновый радар	+	+ <sup>e</sup>	+	+ <sup>e</sup>	+ <sup>e</sup>	Средняя	\$700–\$2,000
Активная инфракрасная	+	+	+	+	+	Низко-средняя	\$6,500–\$3,300
Пассивная инфракрасная	+	+	+	+		Низко-средняя	\$700–\$1,200
Ультразвуковая	+	+	+	+		Низкая	\$600–\$1,900
Звуковая детекторная	+	+	+	+		Низкосредняя	\$3,100–\$8,100
Видео	+	+	+	+		Высокая	\$5,000–\$26,000

### **Заключение**

В данной работе были тщательно изучены существующие детекторы дорожного движения и представлен их сравнительный анализ. Произведена классификация датчиков транспорта в зависимости от характеристики. В статье выявлены и изложены преимущества и недостатки детекторов разного типа. Приведены влияние окружающей среды и плотность движения на работу детекторов различных технологий. Произведен обзор параметров состояния дороги, определяемые детекторами.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Traffic detector handbook. The third edition// USA Department of transportation. Publication No. FHWA-HRT-06-108 . October, 2006.
2. Семенов Ю.Н., Семенова О.С. Использование датчиков в организации дорожного движения. Методическое пособие. – Кемерово, 2014. – С. 3-4.
3. Ефимов М.В. Теория автоматического управления: учебное пособие / М. В. Ефимов – Москва: МГУП, 2006. – 420 с.

УДК 004.822  
МРНТИ 20.23.17

## РАЗРАБОТКА ПОРТАЛА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОСНОВЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ

А.С. ОМАРБЕКОВА, А.Б. ЗАКИРОВА, М.Р. ДУСБАЕВА

*Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева*

**Аннотация:** В настоящее время в Казахстане актуальным вопросом является развитие e-туризма. В данной статье описывается разработка информационной системы по учету и анализу археологических исследований на основе базы знаний. Данная система позволяет ознакомиться с обширным археологическим наследием, использовать ее в целях популяризации, туризма и обучения, предоставляет возможность обратной связи и дополнения портала знаний различными экспертами в данной области. Применение OLAP-технологий в реализации системы предоставляет возможность автоматически формировать актуальные диаграммы, что позволяет успешно вести мониторинг ведения археологических исследований, производить детальный анализ.

**Ключевые слова:** онтология, базы знаний, семантическая модель, извлечение данных OLAP-технологий

## DEVELOPMENT OF THE PORTAL OF ARCHAEOLOGICAL RESEARCH ON THE BASIS OF THE KNOWLEDGE BASE

**Abstract:** Currently, in Kazakhstan, the development of e-tourism is a topical issue. This article describes the development of an information system for recording and analyzing archaeological research based on a knowledge base. This system allows you to familiarize yourself with the extensive archaeological heritage, use it for the purposes of popularization, tourism and training, provides the opportunity for feedback and additions to the knowledge portal by various experts in this field. The use of OLAP-technologies in the implementation of the system provides the ability to automatically generate actual charts, which allows you to successfully monitor the conduct of archaeological research, to produce detailed analysis.

**Keywords:** ontology, knowledge base, semantic model, data extraction OLAP-technology

## БІЛІМ БАЗАСЫ НЕГІЗІНДЕ АРХЕОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР ПОРТАЛЫН ЖАСАУ

**Андатпа:** Қазіргі таңда Қазақстанда e-туризмнің дамуы өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Мақалада білім қорлары негізінде археологиялық зерттеулерді талдау мен ақпараттық жүйені құру сипатталады. Бұл жүйе археологиялық мұрамен кеңірек танысуына мүмкіндік береді, оны тарату мақсатында қолдану, туризм және оқу, кері байланыс мүмкіндігі және осы облыстағы әртүрлі сарапшылардың көмегімен білім порталдарын толықтырылуы қамтамасыз етіледі. Толық талдауды және археологиялық зерттеулерді жүргізу мониторингі сәтті жүру үшін өзекті диаграммаларды автоматты құру мүмкіндігін қамтамасыз ететін OLAP-технологияларды жүзеге асыру жүйесі қолданылады.

**Түйінді сөздер:** онтология, білім қорлары, семантикалық модель, OLAP-технологиясының деректерін іздеу

### Введение

В Казахстане насчитывается более 25 тысяч исторически и культурно значимых мест. Земля Казахстана хранит память веков, зафик-

сированную в мавзолеях, стоянках предков, культовых сооружениях, идолах, курганных захоронениях, которые разбросаны по всей

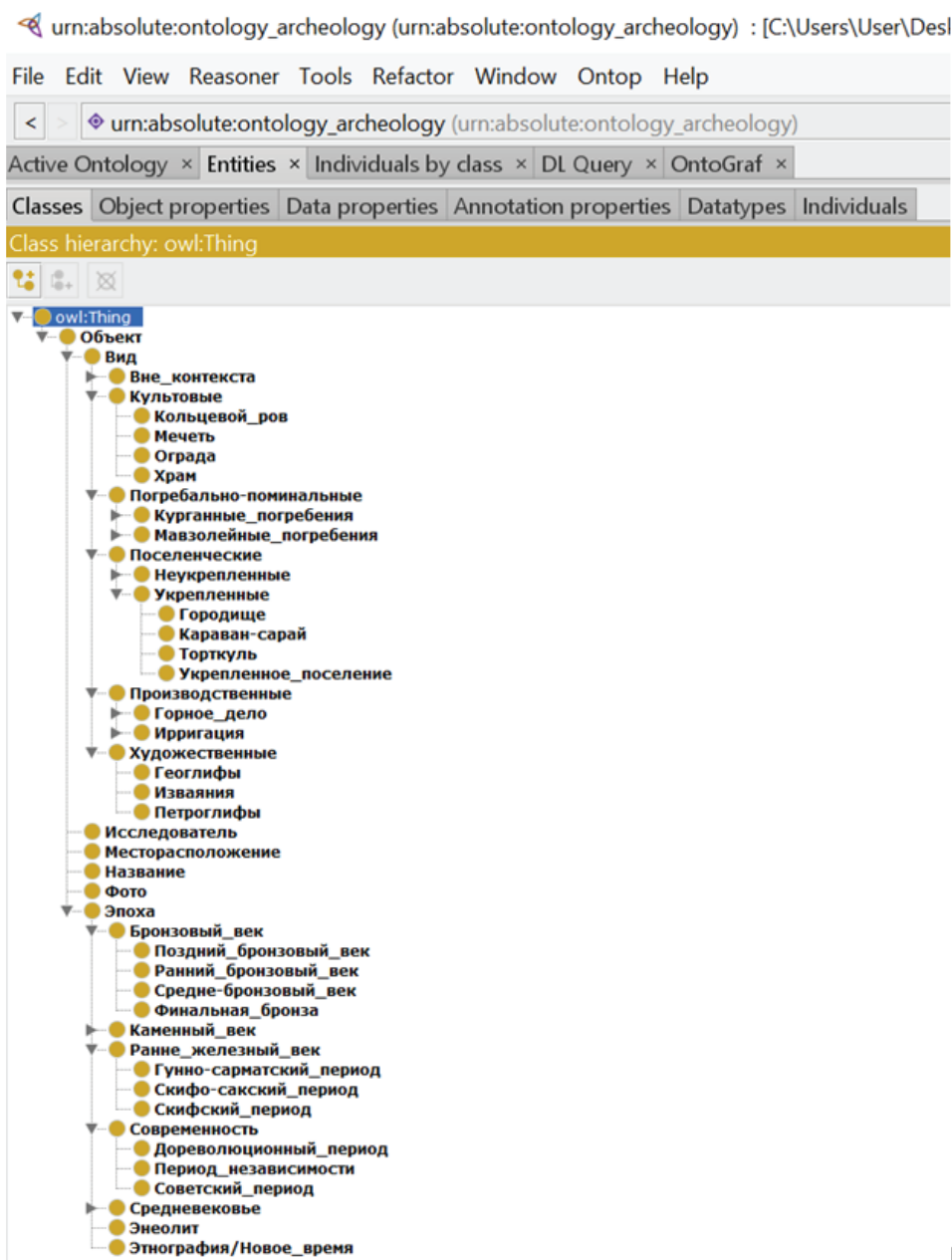


Рис. 1 – Структура онтологической модели

территории страны. Особое значение имеют некрополи, мавзолеи, архитектурные комплексы. Это древние памятники, которые связаны с легендарными личностями – батырами, полководцами, правителями и предводителями племен, духовными лидерами народа.

Необходимо передать грядущим поколениям богатое археологическое наследие нашей страны. Об этом говорится в государственной программе «Информационный Казахстан – 2020» и в опубликованной в газете «Егемен Казахстан» 12 апреля 2017 года в статье Лидера Нации Н.А. Назарбаева «Взгляд в будущее: модернизация общественного сознания».

К сожалению, сохранение памятников в отечественной практике оторвано от задач их современного использования в образовательных целях и развитии туризма. На данный момент в области информатизации, учета, анализа археологических исследований в Казахстане стоит проблема не эффективного использования огромного объема знаний, который оседает в отчетной документации, не структурируется и теряется. Для объединения и концентрации знаний разработан портал, который позволит вести учет и анализ проведенных исследований археологических объектов на территории Казахстана. Данный

портал наглядно демонстрирует археологическое наследие и позволит популяризировать его для широкого круга гостей и жителей страны.

Разработка базы знаний предметной области

Портал основывается на базе знаний, построенной с помощью редактора Protege, что делает систему знаний портала легко расширяемой и настраиваемой. В нее могут интегрироваться как новые знания, так и новые понятия.

Для составления онтологии по археологическим объектам за основу была взята классификация памятников археологии, представленных в статье Байпакова К.М. «Геоинформационные системы как инструмент защиты и анализа археологического наследия Казахстана» [1]. В данной статье описан опыт создания и формирования базы знаний археологических памятников Казахстана. Были использованы таблицы классификации памятников по эпохе, а также по виду, типу, подтипу, варианту. На рисунке 1 представлена структура разработанной онтологической модели.

На рисунке 2 графически показаны иерархия классов, свойства и отношения. Классы объединены между собой с помощью ассоциативных отношений.

Данная методика предоставляет возможность дополнения онтологии в процессе эксплуатации портала, что позволит отслеживать динамику появления новых данных, что в свою очередь гарантирует актуальность информации портала.

### Разработка портала археологических исследований

Реализованный программный продукт представляет собой информационную систему по учету и анализу археологических исследований, представленной в виде Web-портала. Причиной выбора реализации в виде Web-портала обуславливается функциональностью, удобством и доступностью программного продукта для широкого круга пользователей без необходимости устанавливать специальные программы, особых требований для ПК.

Портал состоит из 5 разделов. В главном разделе с наименованием «Карта», представ-

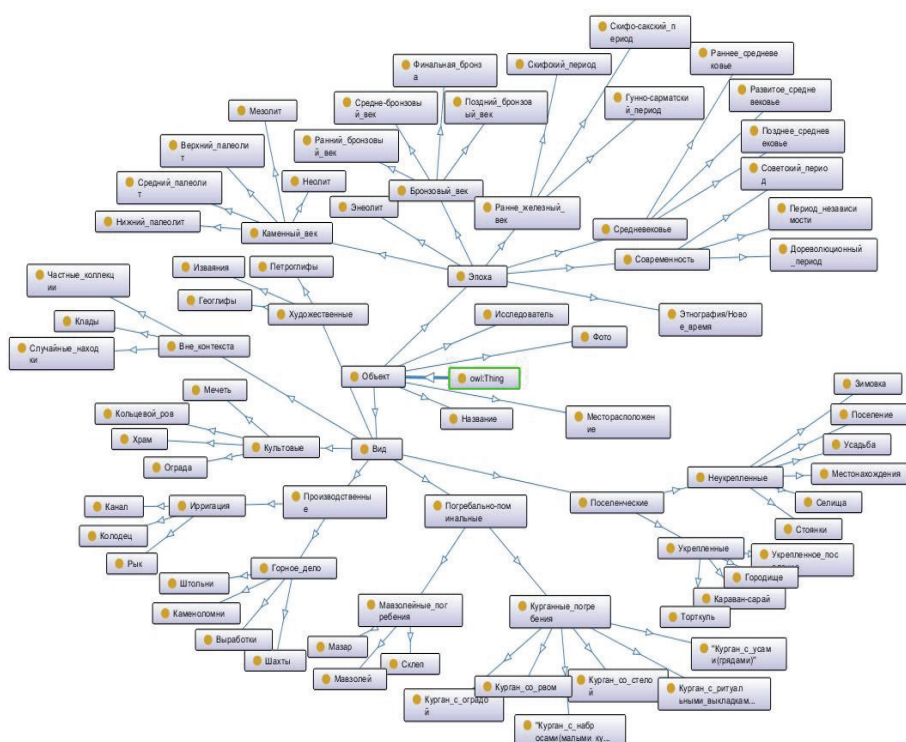


Рис. 2 – Иерархия классов

ленном на рисунке 3, отображена интерактивная археологическая карта Казахстана. Реализована возможность поиска по наиме-

нованию и классификации памятников архитектуры. К ним относится временной период, типология, подтип и др. данные.

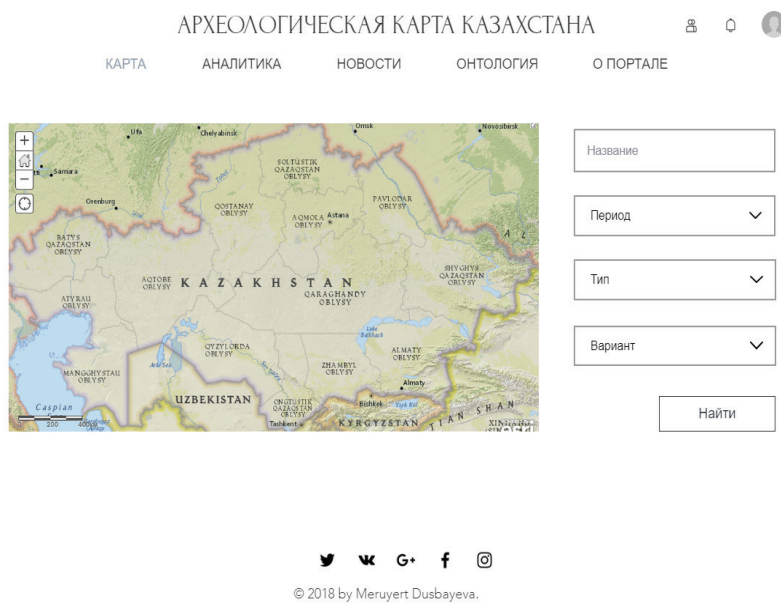


Рис. 3 – Главный раздел портала «Карта»

Во втором разделе «Аналитика», в соответствии с рисунком 4, можно ознакомиться с диаграммами, сформированными в результате анализа данных с археологической карты. Раздел содержит многомерный анализ данных, логического и статистического характера и его сохранения в доступном для конечного пользователя виде.

Применение OLAP-технологий в реали-

зации системы предоставляет возможность автоматически формировать актуальные диаграммы, что позволяет успешно вести мониторинг ведения археологических исследований, производить детальный анализ.

Третий раздел портала представляет из себя новостную страницу, в соответствии с рисунком 4. В ней планируется публикация новостей в области археологии.

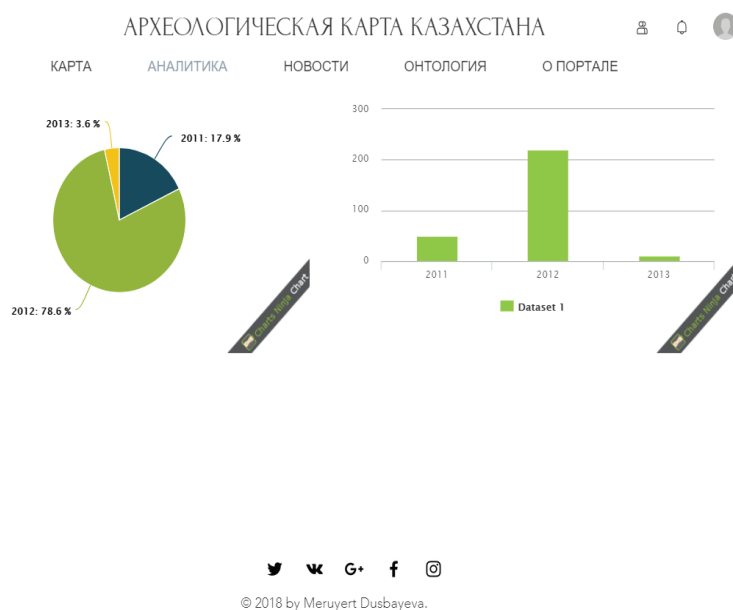


Рис. 4 – Раздел «Аналитика»

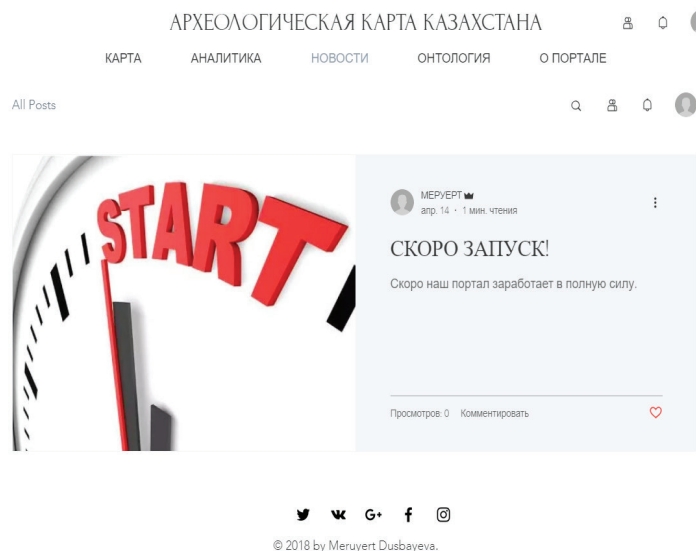


Рис. 5 – Раздел «Новости»

Четвертый раздел «Онтология» позволяет просмотреть базу знаний, показанную на рисунке 2.

В пятом разделе указана информация о портале, назначении, возможностях и целях данной системы. Так же на портале предусмотрена возможность регистрации, авторизации, отправки данных для пополнения базы данных и внесения корректировки.

### Заключение

Таким образом, разработанная информационная система по учету и анализу археологических исследований, позволяет ознакомиться с обширным археологическим наследием, использовать ее в целях популяризации, туризма и обучения, предоставляет возможность обратной связи и дополнения портала знаний различными экспертами в данной области.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Байпаков К.М., Воякин Д.А., Амиров Е.Ш., Сейткалиев М.К. Геоинформационные системы как инструмент защиты и анализа археологического наследия Казахстана // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. – 2014. – С. 195-206.

УДК 004.891  
МРНТИ 20.23.25

## РАЗРАБОТКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ КЛИНИКО-ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ СИМПТОМОВ

И. УВАЛИЕВА<sup>1</sup>, М. КАЛИМОЛДАЕВ<sup>2</sup>, С. БЕЛЬГИНОВА<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева

<sup>2</sup>Институт информационных и вычислительных технологий

**Аннотация:** В рамках данного исследования был разработан вычислительный алгоритм морфологической классификации анемий, который позволяет с помощью расчетов определить характер установленного анемического синдрома. Данный алгоритм позволяет повысить эффективность принятия управленческих медицинских решений за счет улучшения качества и обоснованности выводов в условиях неполноты и неточности априорной информации, даже при различных мнениях экспертов. В рамках исследования использована формализация не только статистической информации, взятой из различных источников, но и знаний группы экспертов диагностирования клинико-гематологических симптомов.

**Ключевые слова:** анемия, диагноз, клинико-гематологический симптом, алгоритм диагностирования, медицинская диагностика

## DEVELOPMENT OF A COMPUTATIONAL ALGORITHM OF CLINICAL AND HEMATOLOGICAL SYMPTOMS MORPHOLOGICAL CLASSIFICATION

**Abstract:** As part of this study, a computational algorithm was developed for the morphological classification of anemias, which allows us to determine the nature of the established anemic syndrome using calculations. This algorithm allows to increase the efficiency of making medical management decisions by improving the quality and validity of conclusions in the context of incompleteness and inaccuracy of a priori information, even with different expert opinions. The study used the formalization of not only statistical information taken from various sources, but also the knowledge of the expert group diagnosing clinical and hematological symptoms.

**Keywords:** anemia, diagnosis, clinical and hematological symptom, diagnostic algorithm, medical diagnosis

## КЛИНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ГЕМАТОЛОГИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРДІҢ МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ЖІКТЕМЕСІНІҢ ЕСЕПТЕУШІ АЛГОРИТМІН ҚҰРУ

**Аңдатпа:** Бұл зерттеудің шеңберінде анемиялардың морфологиялық жіктелуі үшін есептеуші алгоритмі әзірленді, ол есептелген анемиялық синдромның сипатын анықтауға мүмкіндік береді. Ұсынылған есептеуші алгоритмі клиникалық және гематологиялық симптомдарды диагностикалаудың есептік алгоритмі айқындалған. Көрсетілген алгоритм әртүрлі сарапшылардың пікіріне негізделген және медициналық басқару шешімдерін қабылдаудың тиімділігін арттыруға септігін тигізеді. Зерттеуде әртүрлі дереккөздерден алынған статистикалық ақпарат негізінде ғана емес, сонымен қатар клиникалық және гематологиялық симптомдарды диагностикалау жөніндегі сарапшылар білімі де қолданылды.

**Түйінді сөздер:** анемия, диагноз, клиникалық және гематологиялық белгілер, диагностикалау алгоритмі, медициналық диагноз

**Введение**

Актуальность работы. На сегодняшний день применение информационных технологий (ИТ) в различных областях становится все более распространенным. Наиболее актуальными областями применения ИТ являются те, в которых необходимо обрабатывать большие объемы информации за короткое время, а также требуется решение нетривиальных задач, не имеющих стандартных алгоритмов решения. Одной из таких областей является современная медицина, которая в настоящее время и в последние десятилетия стремительно развивается. Наряду с медициной развиваются биологическая и фармакологическая науки. Все это влечет за собой значительное расширение и углубление знаний о закономерностях функционирования человеческого организма, появление новых методов обследования и лечения пациентов [1].

Актуальность проблемы заключается в необходимости разработки интеллектуальных систем медицинского назначения на основе эффективных методов, алгоритмов и моделей поддержки принятия медицинского решения (ППМР) в условиях неполноты и неопределенности исходных данных медико-технологического процесса, позволяющих обеспечивать высокую адекватность и обоснованность принимаемых решений в условиях ограниченности временных ресурсов. Совокупное использование инструментария теории универсальных алгебр и семантических сетей, теории нечетких множеств и нечеткой логики, а также теории когнитивного анализа дает возможность создать качественно новые медицинские информационные сис-

темы, позволяющие решать более широкий круг задач ППМР в условиях неполноты и неопределенности исходных данных и обеспечивать эффективность принимаемых решений в условиях неопределенности [2-6].

Целью исследования является разработка медицинской диагностической системы на основе модели нечеткого логического вывода с целью обеспечения эффективной информационной поддержки процесса постановки диагноза, а также процесса рекомендательного оказания медицинской помощи.

**1 Разработка функциональной модели диагностирования клинико-гематологических симптомов**

Кровеносная система – одна из главных систем организма человека, которая регулирует все его функции. Кровь – это важнейшая жидкая среда организма. Среди болезней органов кроветворения анемиями являются наиболее распространенными патологиями. Заболевания анемии включают различные патологические состояния, общим для которых является малокровие. Анемии неоднородны по причинам и механизмам развития, по клиническим проявлениям, что затрудняет диагностику [7].

В рамках данного исследования осуществляется разработка медицинской диагностической системы диагностирования клинико-гематологических симптомов, в частности заболеваний анемии. Анемия – это клинико-гематологический синдром, для которого характерно уменьшение содержания

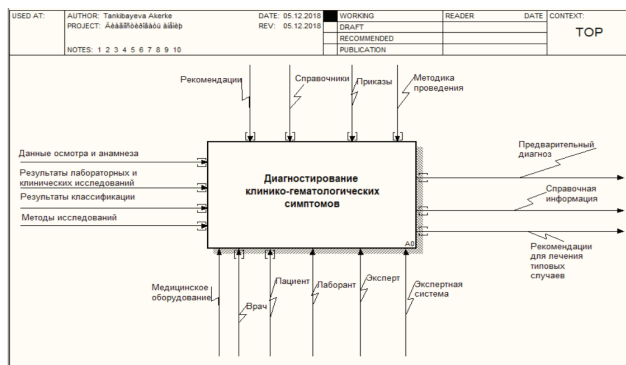


Рис. 1 – Контекстная модель процесса диагностирования клинико-гематологических симптомов

гемоглобина в единице объема крови, чаще при одновременном уменьшении количества эритроцитов, приводящих к развитию кислородного голодания тканей [8].

Для наглядного описания деятельности системы необходимо построить ее модель, которая дает отображение предметной области и всех участников реализуемых бизнес-процессов [9]. В результате проведенного анализа основным процессом был выделен процесс «Диагностирование клиничко-гематологических симптомов». Контекстная модель представлена на рисунке 1.

Графическая схема функциональной модели представлена ниже на рисунке 2.

После проведения осмотра пациента врач на основании собранного анамнеза назначает проведение лабораторных исследований крови. В качестве лабораторных исследований крови могут быть назначены общий и биохимический анализ крови. В данном процессе участниками выступают непосредствен-

но сам пациент и врач-лаборант, проводящий исследования. В качестве входящего ресурса для проведения исследования используется биоматериал пациента, а именно кровь.

## 2 Разработка вычислительного алгоритма морфологической классификации анемий

Исходя из состава крови, все заболевания анемии классифицируются на категории, выделяемые в зависимости от поражения таких ее компонентов, как тромбоциты, эритроциты, плазма и лейкоциты.

На сегодняшний день существует несколько типов классификации анемий. В работе [10] представлена классификация анемий, предложенная Г.А. Алексеевым в 1970 году. В соответствии с данной классификацией анемии подразделяются по пяти признакам. В данном исследовании диагностирование анемии проводится на основании морфологической классификации.

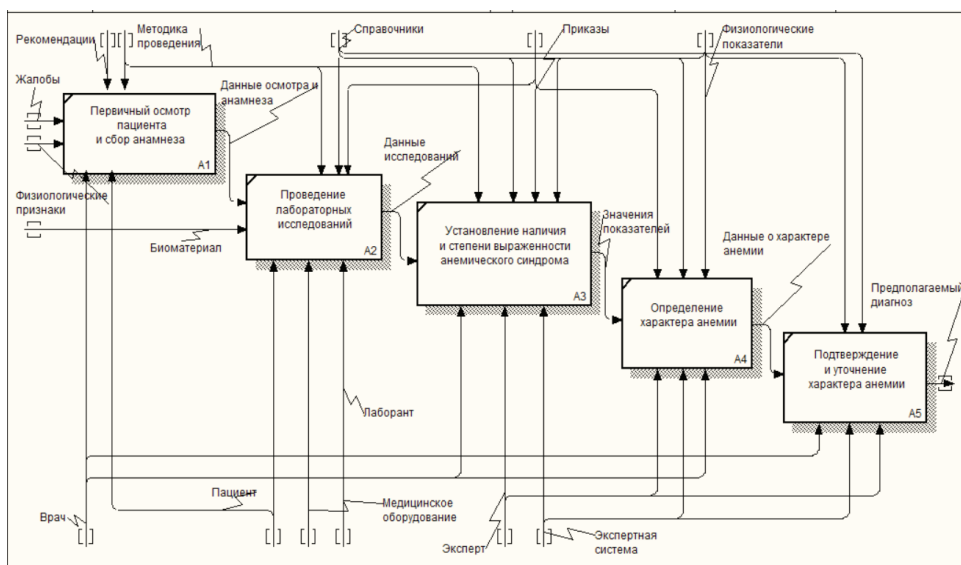


Рис. 2 – Функциональная модель процесса диагностирования клиничко-гематологических симптомов

Согласно статье [11] изменение морфологии эритроцитов в виде появления эритроцитов разного размера (анизоцитоз), разной формы (пойкилоцитоз), измененной окраски (гипо-, гипер-, анизохромия) – важный морфологический признак различных форм анемий. Хотя изменения морфологии эритроцитов не являются абсолютно специфичными

для той или иной формы анемии, определенные сочетания морфологических изменений позволяют выделить соответствующие группы анемий, ограничивая круг диагностического поиска.

Для оценки процесса образования и созревания эритроцитов используют основные лабораторные показатели, получаемые при

работе на автоматических гематологических анализаторах: MCV (mean corpuscular volum) – средний объем эритроцита, выражается в кубических микрометрах ( $\text{мкм}^3$ ) или в фемтолитрах ( $1 \text{ фл} = 1 \text{ мкм}^3$ ); MCH (mean corpuscular hemoglobin) – среднее содержание гемоглобина в эритроците (пг); MCHC (mean corpuscular hemoglobin concentration) – средняя концентрация гемоглобина в эритроците (г/л); RDW (red cell distribution width) – показатель гетерогенности эритроцитов по объему, характеризует степень наличия в мазках исследуемой крови эритроцитов, размеры которых отличаются друг от друга.

Для того, чтобы классифицировать анемию по морфологическому или какому-либо другому признаку, в первую очередь необходимо установить наличие и степень выраженности анемического синдрома. С этой целью в данной исследовательской работе был разработан алгоритм расчета степени принадлежности результатов анализа крови к анемическому синдрому.

Блок-схема вычислительного алгоритма морфологической классификации анемий представлен на рисунке 3.

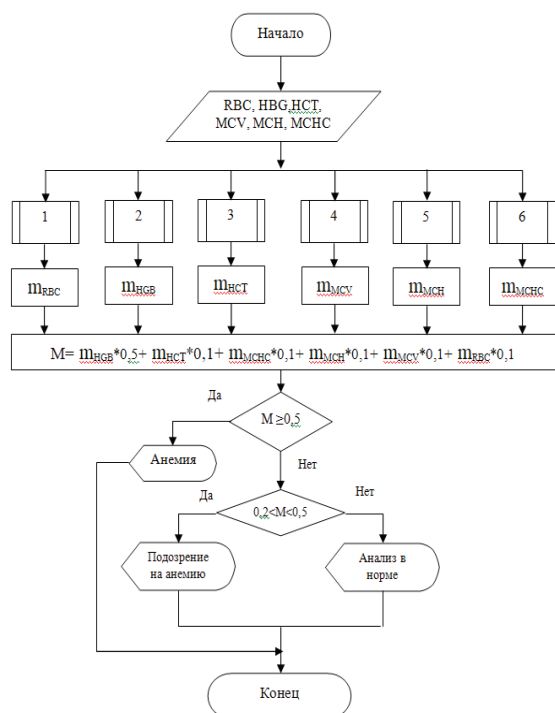
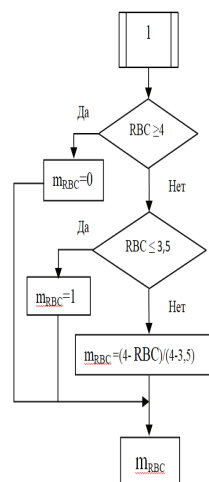


Рис. 3 – Блок-схема вычислительного алгоритма морфологической классификации анемий

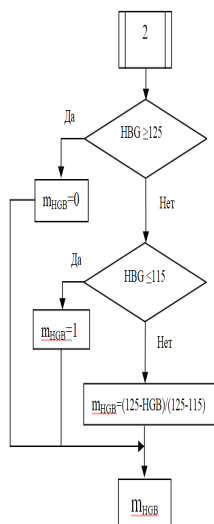
Расчет степени принадлежности результатов анализа крови к анемическому синдрому проводится по шести диагностическим признакам: HGB – уровень гемоглобина; RBC – количество эритроцитов; HCT – гематокрит; MCH – среднему содержанию гемоглобина в эритроците; MCV – среднему объему эритроцита; MCHC – средней концентрации гемоглобина в эритроците.

Для того, чтобы рассчитать степень принадлежности к анемическому синдрому (M), необходимо произвести расчет принадлежности к патологии каждого из шести показателей анализов (m).

В первом блоке производится расчет принадлежности к патологии содержания количества эритроцитов (RBC), блок-схема алгоритма которого представлена ниже на рисунке 4 а. При уменьшении содержания количества эритроцитов менее  $4,0 \times 10^{12}/\text{л}$  появляется степень принадлежности к патологии (m), которая достигает 1,0 при значениях эритроцитов  $3,5 \times 10^{12}/\text{л}$  и менее. Во втором блоке производится расчет принадлежности к патологии уровня гемоглобина (HGB). Блок-схема вычислительного алгоритма представлена на рисунке 4 б.



а



б

Рис. 4 – Блок-схема алгоритма расчета степени принадлежности к патологии:  
 а) содержания количества эритроцитов;  
 б) уровня гемоглобина

В качестве нормального уровня гемоглобина, при котором отсутствует анемия, для мужчин и женщин определен уровень  $\geq 125$  г/л. В данном случае соответствие патологии равно 0. Патологические изменения возможны при уменьшении содержания гемоглобина менее 125 г/л, которые при значениях гемоглобина 115 г/л и менее представляют собой манифестированные формы анемии. Тогда соответствие патологии приравнивается 1,0.

Следующим показателем, для которого рассчитывается степень принадлежности к патологии, является уровень гематокрита (HCT).

В качестве нормального уровня гематокрита для мужчин и женщин, при котором анемия отсутствует, определен уровень  $\geq 0,38$ . В этом случае соответствие патологии равно 0. При снижении гематокрита менее 0,38 возможны патологические изменения, которые при значениях гематокрита, соответствующих значению 0,30 и менее, представляют собой манифестированные формы анемии. Степень соответствия патологии приравнивается 1,0.

Расчет принадлежности к патологии значения среднего объема эритроцита (MCV) производится в четвертом блоке.

Степень соответствия патологии равна 0, если значение MCV находится в пределах

нормального интервала, который определен зоной 80-95 fl. При уменьшении MCV менее 80 fl появляется степень принадлежности к патологии, которая достигает 1,0 при значениях MCV 64 fl и менее. При увеличении уровня среднего объема эритроцита более 95 fl появляется степень принадлежности к патологии. Степень принадлежности к патологии равна 1,0 при значениях MCV 129 fl и более.

В пятом блоке производится расчет степени принадлежности к патологии значения среднего содержания гемоглобина в эритроците (MCH). В качестве нормального определен интервал значений от 27 до 34 pg. При значениях, входящих в данный интервал, степень соответствия патологии равен 0. При уменьшении значения среднего содержания гемоглобина в эритроците (MCH) менее 27 pg появляется степень принадлежности к патологии, которая приравнивается 1,0 при значениях MCH 18,5 pg и менее. При увеличении значения MCH выше 34 pg появляется степень принадлежности к патологии, степень которой равна 1,0 при значениях MCH 36,4 pg и более.

В последнем блоке 6 рассчитывается степень принадлежности к патологии значения средней концентрации гемоглобина в эритроците (MCHC). В качестве нормального уровня значений, при котором отсутствует анемия, определен уровень  $\geq 32$  г/дл. В этом случае степень соответствия патологии равен 0. Патологические изменения возможны при снижении MCHC ниже 32 г/дл, которые при значениях MCHC 28 г/дл представляют собой манифестированные формы анемии. В данном случае соответствие патологии равно 1,0.

После расчета степени принадлежности к патологии всех показателей производится расчет степени принадлежности к анемическому синдрому (M), который рассчитывается по следующей формуле (1):

$$M = m_{HbG} * 0,5 + m_{HCT} * 0,1 + m_{MCHC} * 0,1 + m_{MCH} * 0,1 + m_{MCV} * 0,1 + m_{RBC} * 0,1 \quad (1)$$

При значении  $M \geq 0,5$  можно определить соответствие результатов анализа состоянию анемии. Значения  $M > 0,2$ , но  $< 0,5$  соответ-

ствуют подозрению на анемию. Если значения  $M$  находятся в интервале от 0 до 0,2, то результаты анализа в норме.

В результате выполнения вычислительного алгоритма установления наличия и степени выраженности анемического синдрома определяется соответствие значений показателей анализа пациента наличию у него анемии. На основе полученных данных производится определение характера анемии в соответствии с морфологическими признаками классификации, которые были описаны выше.

В рамках данного исследования был разработан вычислительный алгоритм морфологической классификации анемий, который позволяет с помощью расчетов определить характер установленного анемического синдрома. В общем виде алгоритм представлен в виде блок-схемы на рисунке 5.

В блоке 1 производится расчет по определению критерия соответствия показателей  $MCV$  и  $MCH$ . Полученные в результате расчета данные применяются далее в расчете общего критерия соответствия микроцитарным анемиям  $M_{\text{микро}}$ . При уменьшении уровня  $MCH$  менее 27  $\text{pg}$  появляется степень принадлежности к патологии, которая равна 1,0 при значениях  $MCH$  18,5  $\text{pg}$  и менее. Если уровень  $MCV$  менее 80  $\text{fl}$ , то появляется степень принадлежности к патологии, которая при значениях  $MCV$  64  $\text{fl}$  и менее равна 1,0.

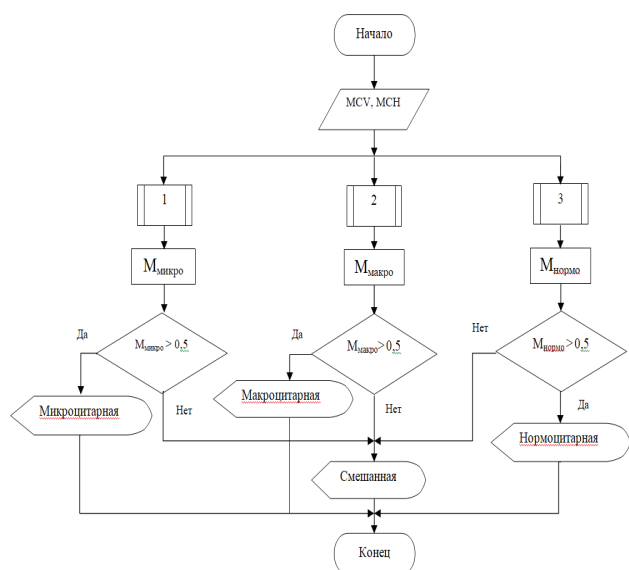


Рис. 5 – Блок-схема вычислительного алгоритма морфологической классификации анемий

Общий показатель многокритериальной оценки гемограммы на принадлежность результатов анализа к состояниям, связанным с дефицитом железа и/или патологией его обмена ( $M_{\text{микро}}$ ), складывается из значений вышеуказанных показателей с учетом их степени значимости и рассчитывается по формуле (2):

$$M_{\text{микро}} = m_{\text{MCH}} * 0,5 + m_{\text{MCV}} * 0,5, \quad (2)$$

где  $M_{\text{микро}}$  – общий критерий соответствия;  $m_{\text{MCH}}$ ;  $m_{\text{MCV}}$  – критерии соответствия отдельных показателей; 0,5 – степень значимости показателей.

При значениях  $M_{\text{микро}} > 0,5$  анемия может быть отнесена к микроцитарной.

В следующем блоке 2 производится расчет значения общего критерия соответствия макроцитарным анемиям  $M_{\text{макро}}$ . Алгоритм расчета аналогичен алгоритму, представленному в блоке 1. При увеличении уровня  $MCH$  выше 34  $\text{pg}$  появляется степень принадлежности к патологии, которая равна 1,0 при значениях  $MCH$  36,4  $\text{pg}$ . При увеличении уровня  $MCV$  более 95  $\text{fl}$  появляется степень принадлежности к патологии, которая равна 1,0 при значениях  $MCV$  129  $\text{fl}$  и более. Общий показатель многокритериальной оценки гемограммы на принадлежность результатов анализа к макроцитарным анемиям складывается из значений вышеуказанных показателей с учетом их степени значимости и рассчитывается по формуле (3):

$$M_{\text{макро}} = m_{\text{MCH}} * 0,5 + m_{\text{MCV}} * 0,5 \quad (3)$$

где  $M_{\text{макро}}$  – общий критерий соответствия;  $m_{\text{MCH}}$ ;  $m_{\text{MCV}}$  – критерии соответствия отдельных показателей; 0,5 – степень значимости показателей.

При значениях  $M_{\text{макро}} > 0,5$  анемия может быть отнесена к макроцитарной.

В блоке 3 производится расчет значения общего критерия соответствия нормоцитарным анемиям  $M_{\text{нормо}}$ . Алгоритм расчета графически изображен в виде блок-схемы на рисунке 6.

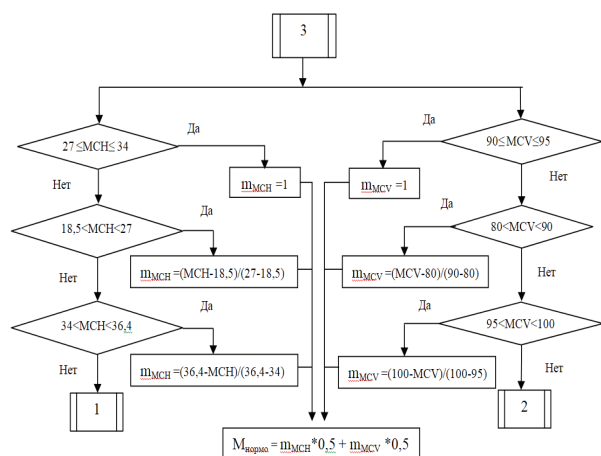


Рис. 6 – Блок-схема алгоритма расчета общего показателя соответствия нормоцитарным анемиям

При нормоцитарной анемии показатель MCH находится в пределах нормы, т.е. значения показателя находятся в интервале 27-34 рг, и полностью соответствуют данному виду патологии. Степень принадлежности к патологии в данном случае равна 1,0. При нормоцитарной анемии показатель MCV находится в пределах нормы, т.е. значения показателя находятся в интервале 90-95 fl, что полностью соответствует данному виду патологии. Степень принадлежности к патологии в данном случае равна 1,0.

Общий показатель многокритериальной оценки гемограммы на принадлежность результатов анализа к нормоцитарным анемиям, в том числе к анемиям при хронических заболеваниях ( $M_{нормо}$ ), складывается из значений вышеуказанных показателей с учетом их степени значимости и рассчитывается по формуле (4):

$$M_{нормо} = m_{MCH} * 0,5 + m_{MCV} * 0,5 \quad (4)$$

где  $M_{нормо}$  – общий критерий соответствия;  $m_{MCH}$ ;  $m_{MCV}$  – критерии соответствия отдельных показателей; 0,5 – степень значимости показателей.

При значении  $M_{нормо} > 0,5$  анемия может быть отнесена к нормоцитарной. Если в результате расчета были получены два значения  $M > 0,4$ , то данный результат указывает на анемию смешанного характера.

Таким образом, разработанный вычислительный алгоритм математической многокритериальной оценки результатов исследования крови позволяет количественно охарактеризовать их принадлежность к различным видам анемий. Также с его помощью может быть проведена оценка при смешанных формах патологии.

### Заключение

Разработанные модели и алгоритмы диагностирования клиничко-гематологических симптомов позволяют повысить эффективность принятия управленческих медицинских решений за счет улучшения качества и обоснованности выводов в условиях неполноты и неточности априорной информации, даже при различных мнениях экспертов; мотивированно использовать формализацию не только статистической информации, взятой из различных источников при решении задач поддержки принятия медицинских решений, но и знаний группы экспертов диагностирования клиничко-гематологических симптомов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ МЗ РК от 03.09.2013 № 498 «Об утверждении Концепции развития электронного здравоохранения в Республике Казахстан на 2013-2020 гг.».
2. Bellazzi R., Zupan B. Predictive data mining in clinical medicine: current issues and guidelines //International journal of medical informatics. – 2008. – Т. 77. – №. 2. – P. 81-97.
3. Holgado–Tello F. P. et al. Polychoric versus Pearson correlations in exploratory and confirmatory factor analysis of ordinal variables //Quality & Quantity. – 2010. – Т. 44. – №1. – P. 153.
4. Obenshain M. K. Application of data mining techniques to healthcare data // Infection Control and Hospital Epidemiology. 2004. V. 25. № 8. P. 690–695.

5. Хромушин В. А. и др. Результаты деятельности регионального здравоохранения и математические методы их обработки (обзор литературы по материалам 2015-2017 гг.) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2017. – Т. 11. – №. 4.
6. Potter R. Comparison of classification algorithms applied to breast cancer diagnosis and prognosis // Advances in Data Mining. 7th Industrial Conference, ICDM 2007, Leipzig, Germany, July 2007, Poster and Workshop Proceedings. 2007. P. 40–49.
7. Алексеев Г.А., Кассирский И.А. Клиническая гематология, 1970. – С. 136-147.
8. Стуклов Н.И., Альпидовский В.К., Огурцов П.П. Анемии. Клиника, диагностика и лечение / – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2013. – С.78-83.
9. Эюбова Н.И. Методы классификации в диагностике уролитиаза с применением нечеткой логики для предобработки данных // Информационно-управляющие системы. 2013. № 6. – С. 133-136.
10. Левина А.А. и др. Дифференциальная диагностика анемий // Клиническая лабораторная диагностика. – 2015. – Т. 60. – №. 12. – С.32-44.

УДК 004.056  
МРНТИ 20.53.17

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

И. УВАЛИЕВА<sup>1</sup>, Г. СОЛТАН<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева

<sup>2</sup>Казахский агротехнический университет им. Сакена Сейфуллина

**Аннотация:** В данной работе описана система безопасности больших данных, основанная на алгоритме оценки информационно-технологического обеспечения безопасности информации. Алгоритм основан на вычислении комплексного показателя информационной безопасности, позволяющий оценивать состояние выполнения организационных и технических требований по обеспечению защиты информации. Результаты оценки представляются достаточно наглядно и обеспечивают возможность руководству организаций принимать обоснованные решения по дальнейшему совершенствованию системы защиты информации.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, защита информации, система безопасности, обеспечение безопасности, большие данные

## DEVELOPMENT OF THE SYSTEM FOR ASSESSMENT OF INFORMATION AND TECHNOLOGICAL SUPPORT OF BIG DATA SECURITY

**Abstract:** This paper describes a big data security system based on an algorithm for evaluating information technology security of information security. The algorithm is based on the calculation of a comprehensive information security indicator, which allows assessing the state of compliance with organizational and technical requirements for ensuring information security. The results of the assessment are presented quite clearly and provide an opportunity for the management of organizations to make informed decisions to further improve the information security system.

**Keywords:** information security, information protection, safety system, security, big data

## ҮЛКЕН ДЕРЕКТЕР ҚАУІПСІЗДІГІНІҢ АҚПАРАТТЫҚ-ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҚОЛДАУЫН БАҒАЛАУДЫҢ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ

**Аңдатпа:** Бұл мақалада ақпараттық қауіпсіздікті бағалаудың алгоритміне негізделген үлкен деректерді қорғау жүйесі сипатталған. Алгоритм ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің ұйымдастырушылық және техникалық талаптарына сәйкестігін бағалауға мүмкіндік туғызатын толық ақпараттық қауіпсіздіктің кешенді көрсеткішін есептеуге негізделген. Бағалаудың нәтижелері басқарушыға айқын түрде ұсынылып, ақпараттық қауіпсіздікті одан әрі жетілдіру бойынша шешімдер қабылдайды.

Ақуыздың үшінші реттік құрылымдық деректер жинағының физикалық және химиялық қасиеттеріне байланысты көрсеткіштердің интеллектуалдық өңделуін іске асыру айқындалады. Деректерді өңдеуді жүргізуде тазалау, спектралдық анализ және кластерлеу әдістері қолданылды. Кластерлеудің интеллектуалдық әдісін жүзеге асыру нәтижесінде ақуыздың үшінші реттік құрылым көрсеткіштерінің үш үлкен және негізгі кластерлері алынды.

**Түйінді сөздер:** ақпараттық қауіпсіздік, ақпаратты қорғау, қауіпсіздік жүйесі, қауіпсіздікті қамтамасыз ету, үлкен деректер

## Введение

Современные технологии, которые позволяют накапливать огромное количество информации, создают новые формы бизнеса. Так, по данным исследований International Data Corporation, ежегодно объемы хранимой информации вырастают на 40%. В этих условиях информация перестает быть самоценностью, на передний план выходят способы ее обработки и использования [1]. В результате использования технологий Big Data компании имеют возможность получать важную информацию за несколько секунд, что позволяет повышать эффективность экономических решений, быстрее реагировать на изменения в поведении клиентов, в режиме реального времени выявлять рыночные тренды на самых ранних этапах [2].

В большинстве случаев работа с большими данными подразумевает стандартный рабочий процесс: от сбора необработанных данных и до получения пригодной для использования информации. Основная цель работы с большими данными – это получение на их основании ценных аналитических выводов для практического применения. В идеале большие данные должны становиться доступными для всех заинтересованных сторон, чтобы они получали возможность легко и быстро изучать пакеты данных с помощью инструментов бизнес-аналитики и настраиваемой визуализации, рассчитанных на самостоятельное использование. В зависимости от типа аналитики конечным пользователям могут предоставляться готовые результаты в форме данных статических «прогнозов» (в случае прогнозирующей аналитики) или рекомендованных действий (в случае предписывающей аналитики) [3].

## 1 Особенности систем с большими данными

Большие данные получили широкое распространение во многих отраслях бизнеса. Их используют в здравоохранении, телекоммуникации, торговле, логистике, в финансовых компаниях, а также в государственном управлении. Технологии больших данных

применяются в основном для анализа клиентской среды. Так, HSBC использует технологии Больших данных для противодействия мошенническим операциям с пластиковыми картами. С помощью Big Data компания увеличила эффективность службы безопасности в 3 раза, распознавание мошеннических инцидентов – в 10 раз. Экономический эффект от внедрения данных технологий превысил 10 млн долл. США [4].

Большие данные, помимо уже известных и распространенных задач, можно использовать в том числе для борьбы с заболеваниями и отслеживания роста эпидемии, считают эксперты. В Германии, например, уже сегодня благодаря технологиям Больших данных онкологические заболевания либо предрасположенность к ним, выявляются по анализу крови пациентов и доноров. Существует ряд аппаратно-программных комплексов, предоставляющих предконфигурированные решения для обработки больших данных: Aster MapReduce appliance (корпорации Teradata), Oracle Big Data appliance, Greenplum appliance. Эти комплексы поставляются как готовые к установке в центры обработки данных телекоммуникационные шкафы, содержащие кластер серверов и управляющее программное обеспечение для массово-параллельной обработки [5].

Аппаратные решения для резидентных вычислений, прежде всего, для баз данных в оперативной памяти и аналитики в оперативной памяти, в частности, предлагаемой аппаратно-программными комплексами Hana и Exalytics, также иногда относят к решениям из области больших данных, несмотря на то, что такая обработка изначально не является массово-параллельной, а объемы оперативной памяти одного узла ограничиваются несколькими терабайтами.

Кроме того, иногда к решениям для больших данных относят и аппаратно-программные комплексы на основе традиционных реляционных систем управления базами данных – Netezza, Teradata, Exadata, как способные эффективно обрабатывать терабай-

ты и эксабайты структурированной информации, решая задачи быстрой поисковой и аналитической обработки огромных объёмов структурированных данных. Отмечается, что первыми массово-параллельными аппаратно-программными решениями для обработки сверхбольших объёмов данных были машины компаний Britton Lee, впервые выпущенные в 1983 году, и Teradata [6].

Система хранения данных (СХД) представляет собой конгломерат программного обеспечения и специализированного оборудования, предназначенный для хранения и передачи информации больших объёмов. Особенностью СХД является оптимальное распределение ресурсов при хранении информации на дисковых площадках. Надёжное хранение данных и быстрое действие доступа к ним требуют организации средств хранения, как отдельной подсистемы вычислительных комплексов. Аппаратные решения DAS – систем хранения данных, напрямую присоединённых к узлам, в условиях независимости узлов обработки в SN-архитектуре также иногда относят к технологиям больших данных. Именно с появлением концепции больших данных связывают всплеск интереса к DAS-решениям в начале 2010-х годов, после вытеснения их в 2000-е годы сетевыми решениями классов NAS и SAN [7-9].

Наглядное представление результатов анализа больших данных имеет принципиальное значение для их интерпретации. Не

секрет, что восприятие человека ограничено, и ученые продолжают вести исследования в области совершенствования современных методов представления данных в виде изображений, диаграмм или анимаций [10].

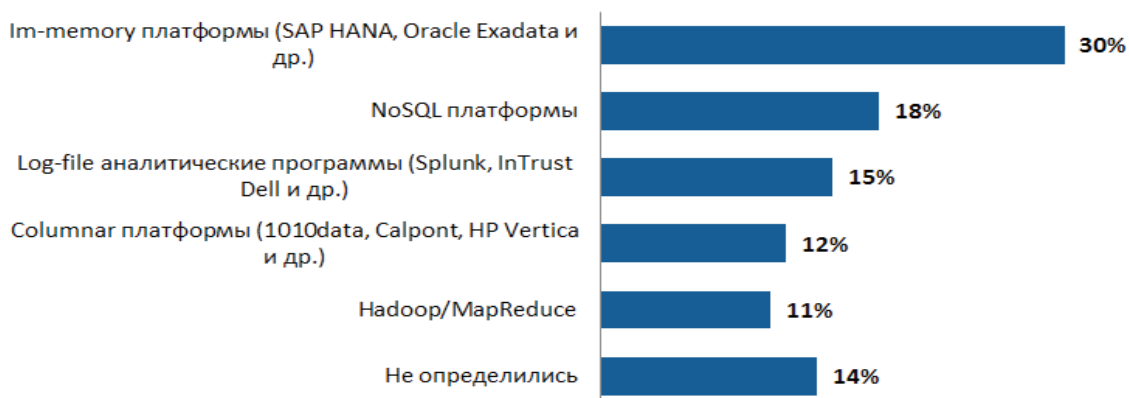
На рисунке представлены популярные технологии при использовании больших данных [3].

На сегодняшний день некоторые из перечисленных в предыдущем подразделе подходов или определенную их совокупность позволяют реализовать на практике аналитические движки для работы с большими данными. Из свободных или относительно недорогих открытых систем анализа Big Data можно порекомендовать: 1010data; Apache Chukwa; Apache Hadoop; Apache Hive; Apache Pig!; JasperSoft; LexisNexis Risk Solutions HPCC Systems; MapReduce; Revolution Analytics (на базе языка R для мат.статистики).

Как мы видим на рисунке 30% выбрали решение на базе In-memory платформы (SAP, HANA, Oracle Exadata и др.). 18% – платформы NoSQL. 15% – Log-file аналитические программы (Splunk, InTrust Dell и др.). 12% – Columnar платформы (1010data, Calpont, HP Vertica и др.). 11% – Hadoop/MapReduce. 14% – другие [7].

MapReduce – это модель распределенной обработки данных, предложенная компанией Google для обработки больших объёмов данных на компьютерных кластерах [8]. Прин-

**Какие технологии востребованы при использовании Big Data**



Источник: T-Systems

Рис. 1 – Технологии использования big data

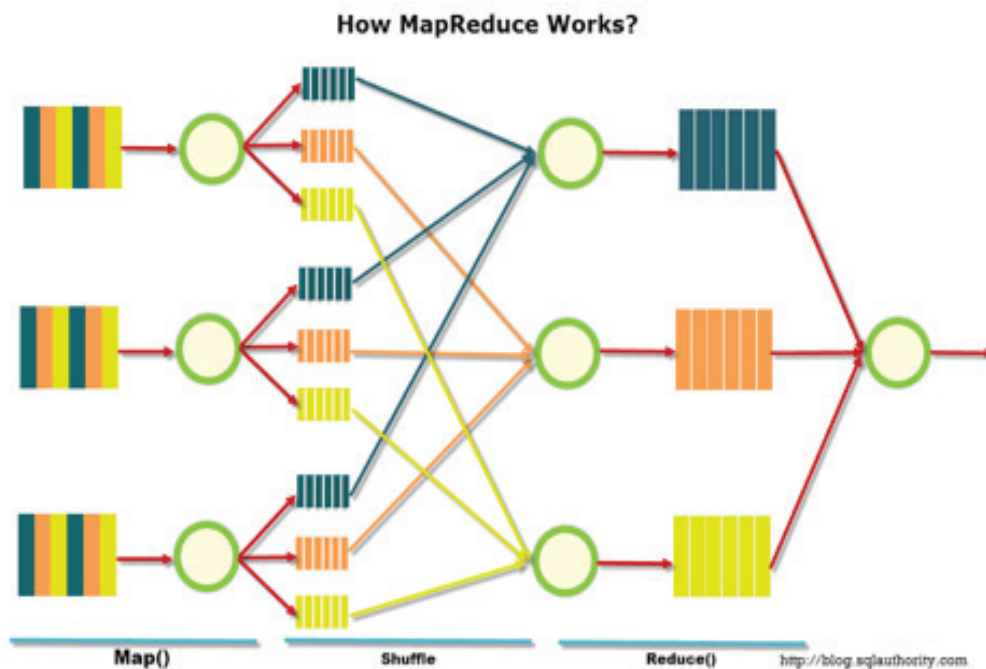


Рис. 2 – Схема функционирования MapReduce

цип работы технологии MapReduce представлен на рисунке 2.

MapReduce предполагает, что данные организованы в виде некоторых записей. Обработка данных происходит в 3 стадии. На стадии Map данные преобразуются при помощи функции  $map()$ , которую определяет пользователь. Работа этой стадии заключается в преобразовке и фильтрации данных. Работа очень похожа на операцию map в функциональных языках программирования – пользовательская функция применяется к каждой входной записи [7].

Функция  $map()$ , примененная к одной входной записи, и выдаёт множество пар ключ-значение. Множество – т.е. может выдать только одну запись, может не выдать ничего, а может выдать несколько пар ключ-значение. Что будет находиться в ключе и в значении – решать пользователю, но ключ – очень важная вещь, так как данные с одним ключом в будущем попадут в один экземпляр функции  $reduce$  [8].

Стадия Shuffle проходит незаметно для пользователя. В этой стадии вывод функции  $map$  «разбирается по корзинам» – каждая корзина соответствует одному ключу вывода

стадии  $map$ . В дальнейшем эти корзины послужат входом для  $reduce$ .

## 2 Алгоритм оценки информационно-технологического обеспечения безопасности информации

Для реализации алгоритма оценки информационно-технологического обеспечения безопасности информации [11] вначале необходимо ввести исходные данные. Далее  $m$  присваивается первоначальное значение 1, на 4-м шаге переменной  $S_{\Phi}^{pc}$  первоначальное значение  $S_{\Phi}^{pc} = 0$ . Далее проверяется условие  $m \leq M$  и вычисляется значение  $S_{\Phi}^{pc} = S_{\Phi}^{pc} + p_m^c$ . Значение  $m$  увеличивается на 1.

При невыполнении условия  $m \leq M$  выполняется вычисление значения  $W^c = S_{\Phi}^{pc} / S_T^{pc}$  и присваиваются первоначальные значения переменным  $q = 1$ ,  $S_{\Phi}^{pk} = 0$ .

На 12 шаге проверяется условие  $q \leq Q$ .

При выполнении условия,  $S_{\phi}^{pk} = S_{\phi}^{pk} + p_q^k$  (13 шаг),  $q=q+1$  (14 шаг), и возврат на 12 шаг.

При невыполнении условия  $S_{\phi}^{pk} = Q$ .

Далее вычисляются  $W^c$  и  $W^o$  по формуле  $W^k = S_{\phi}^{pk} / S_{\tau}^{pk}$  и  $W^o = (W^c + W^k) / 2$ , после чего производится проверка условия  $s \leq S$ . При выполнении условия на шаге 20,  $S_{\phi}^{np} = S_{\phi}^{np} + p_s^{np}$  (21 шаг),  $s=s+1$  (22 шаг) с последующим возвратом на 20 шаг. При невыполнении условия на шаге 20 значению присваивается  $S_{\phi}^{np} = S$  (23 шаг).

На 24 шаге значение  $W^c$  рассчитывается по формуле  $W^{np} = S_{\phi}^{np} / S_{\tau}^{np}$ . Присваиваем изначальное значение для  $n = 1$  (25 шаг) и  $S_{\phi}^{nd} = 0$  (26 шаг).

Далее начинается проверка выполнения условия  $n \leq N$  (27 шаг). При выполнении условия, значение  $S_{\phi}^{np}$  рассчитывается по формуле  $S_{\phi}^{np} = S_{\phi}^{np} + p_s^{np}$  (28 шаг), значение  $n$  увеличивается на единицу  $n=n+1$  (29 шаг), после чего идет возврат на 27 шаг.

При выполнении условия на 27 шаге, значение  $S_{\phi}^{nd}$  рассчитывается по формуле  $S_{\phi}^{nd} = S_{\phi}^{nd} + p_n^{np}$  (28), а  $n$  увеличивается на единицу  $n=n+1$  (29), после чего идет возврат на 27 шаг. При невыполнении условия на 27 шаге,  $S_{\tau}^{nd} = N$ , значение  $W^{nd}$  рассчитывается по формуле  $W^{nd} = S_{\phi}^{nd} / S_{\tau}^{nd}$  (31 шаг), значение  $W^p$  по формуле  $W^p = (W^{nd} + W^{np}) / 2$  (32 шаг). Изначальные значения  $h_{ri}=1$  (33 шаг),  $r_i = 1$  (34 шаг),  $i = 1$  (35 шаг),  $S_{irh}^{\phi p} = 0$  (36 шаг).

На следующем шаге производится проверка выполнения условия  $h_{ri} \leq H_{ri}$  (37 шаг). При выполнении условия,  $S_{irh}^{\phi p} = S_{irh}^{\phi p} + p_{irh}^{\phi p}$ , (38 шаг),  $h_{ri}=h_{ri}+1$  (39 шаг), после чего идет возврат на 37 шаг. При невыполнении условия на 37 шаге  $S_{irh}^{\tau p} = H_{ri}$  (40).

Далее рассчитывается значение  $W^{nd}$

по формуле  $W_{ir}^p = \frac{S_{irh}^{\phi p}}{p_{irh}^{\tau p}}$  (41 шаг). Значению  $M1$  присваивается значение  $W_{ir}^p$ , ( $M1=[W_{ir}^p]$ ),  $r_i = r_i + 1$  (43 шаг). После чего начинается проверка выполнения условия  $r_i \leq R_i$  (44 шаг), при выполнении условия происходит возврат на (37 шаг). В противоположном исходе,  $W^{nci}$  рассчитывается по формуле  $W^{nci} = \frac{\sum_r \sum_h p_{rh}^{\phi ni}}{\sum_r \sum_h p_{rh}^{\tau ni}}$  (45 шаг). Значение  $M2=[W_{ir}^{nc}]$  (46 шаг). Значение  $i$  увеличивается на единицу ( $i=i+1$ ).

В конце алгоритма производится проверка выполнения условия  $i \leq N$  (48 шаг). Значение  $W^{nc}$  исчисляется по формуле  $W^{nc} = \sum_i a_i * W_i^{nc}$  (49 шаг). Итоговое значение  $W^{СИБ} = (b_1 * W^o + b_2 * W^p + b_3 * W^{nc})$  (50 шаг). На 51 шаге идет вывод результатов. 52 шаг – конец алгоритма.

Графическое отображение алгоритма представлено на рисунке 3.

Алгоритм состоит из 52 этапов, по выполнению которых мы получаем итоговое значение комплексного показателя информационной безопасности системы. Таким образом, алгоритм легко применим и для систем, где необходимо обрабатывать большие данные.

### 3 Архитектура системы оценки информационно-технологического обеспечения безопасности больших данных

Экспертная система реализуется в виде программного продукта. Последовательность проведения работ с использованием экспертной системы представлена на рисунке 4.

На первом этапе выполняется первичное заполнение базы данных, после чего идет определение и ввод коэффициентов весомости и характеристик информационной системы.

На втором этапе формируется и проводится контроль реализации требований, по-

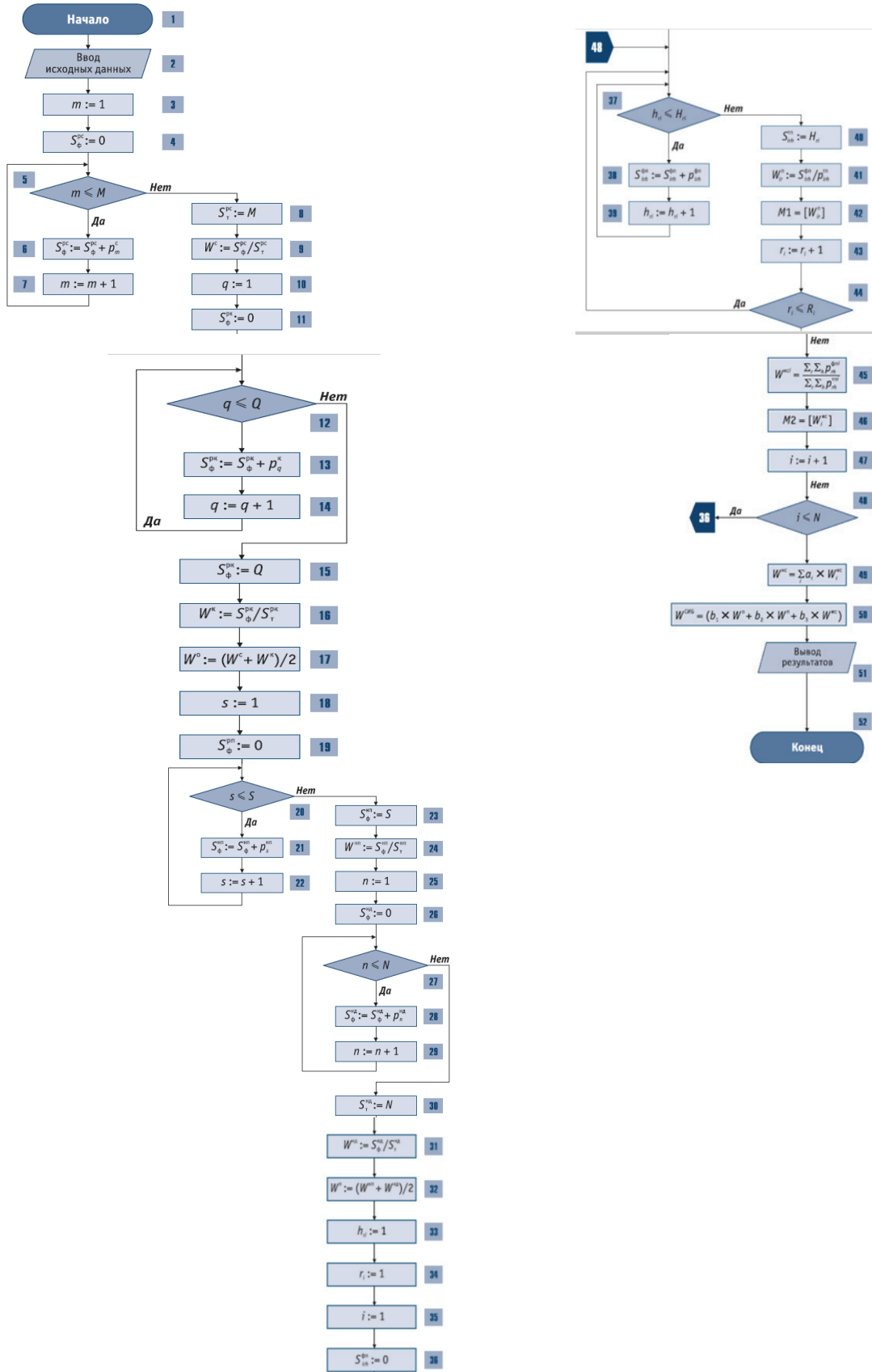


Рис. 3 – Алгоритм расчета показателей эффективности

сле чего следует ввод результатов контроля в базу данных.

Третий этап – это расчет комплексных показателей оценки степени выполнения требований для каждой функциональной подсистемы.

Четвертый этап – оценка и анализ состояния системы обеспечения информационной безопасности с последующим завершением работы.

Экспериментальные исследования программы оценки состояния системы обеспечения информационной безопасности выполнялись с использованием принципов модульного тестирования. В ходе проведения экспериментальных исследований было определено, что алгоритм оценки степени выполнения требований обладает такими существенными свойствами как дискретность, детерминированность, конечность, результативность.

Расчет показателей безопасности системы будет осуществляться на основе фор-

мул из алгоритма расчета информационной безопасности, формируемый экспертной системой. Схема работы системы по расчету информационной безопасности системы с Big Data.

Экспериментальное исследование по проведению оценки эффективности защиты информации осуществляется путем выполнения следующих процедур:

- этап 1 – подготовка исходных данных;
- этап 2 – проведение контроля реализации требований;
- этап 3 – расчет комплексных показателей оценки состояния системы защиты информации.

На этапе 1 осуществляется подготовка следующих исходных данных:

- перечень видов защищаемой информации;
- перечни требований к составу организационно-распорядительных документов (ОРД);

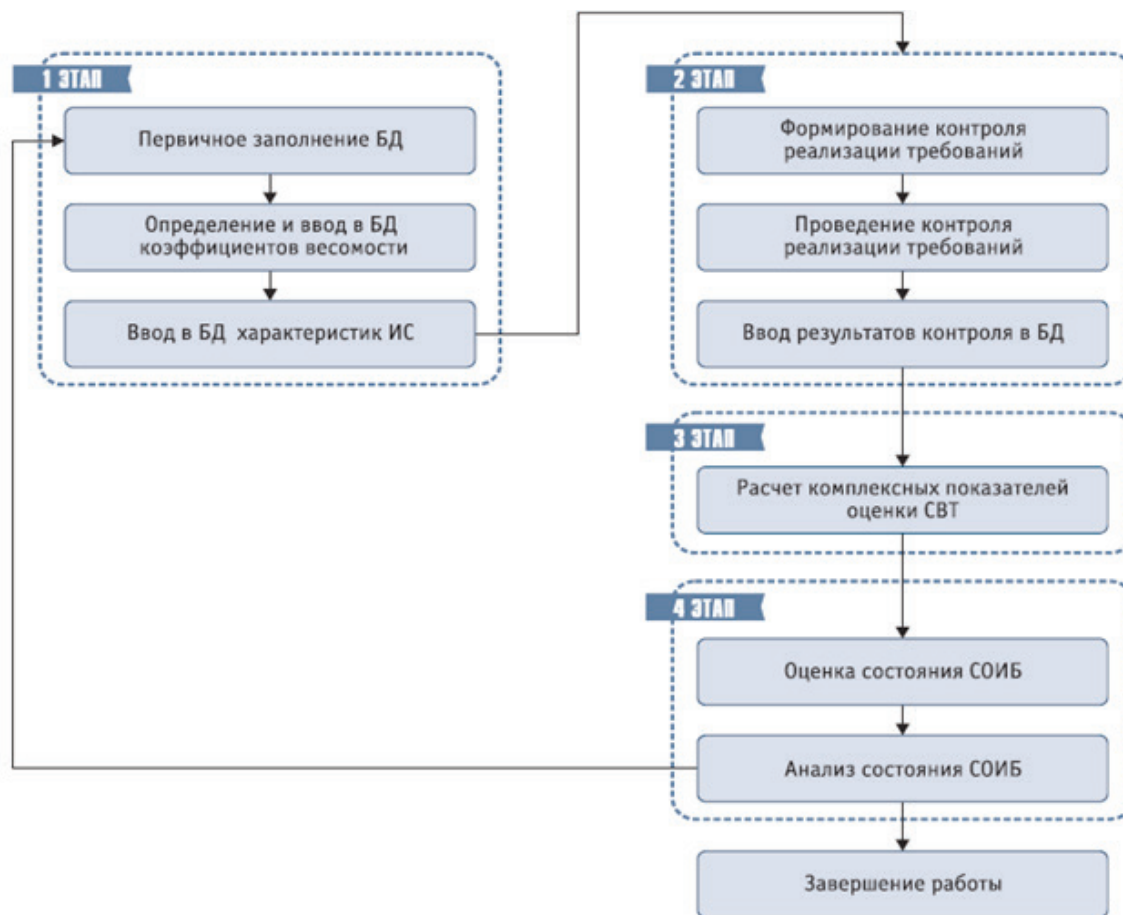


Рис. 4 – Последовательность выполнения работ с использованием экспертной системы

- перечни требований к подразделениям обеспечения безопасности информации и квалификации сотрудников данных подразделений;

- перечень типов информационных систем;

- перечень требований, предъявляемых к системе защиты информации информационных систем и СЗИ информационных систем персональных данных;

- классы защищенности информационных систем;

- типы информационных систем, функционирующих в организации;

- количество информационных систем каждого типа.

На этапе 2 осуществляются следующие мероприятия:

Шаг 1. Формирование анкет для проведения контроля реализации требований.

Шаг 2. Непосредственное проведение контроля реализации требований, осуществляемое методом анкетирования.

Данные требования определяются с учетом класса защищенности информационной системы и базового набора требований к системе защиты информации информационной системы. Количество анкет с требованиями к системам защиты информации информационных систем соответствует количеству информационных систем, функционирующих в организации.

Шаг 3. Контроль реализации требований выполняется членами комиссии, отвечающими за обеспечение информационной безопасности в организации. В ходе контроля проверяется выполнение требований по каждой анкете, и в графе «Единичные показатели, фактическое выполнение» проставляется «1» в случае выполнения требования и «0» в противном случае. На этапе 3 осуществляется расчет показателей эффективности защиты информации.

### Заключение

Разработка алгоритма существенно осложняется, если разработчик не придерживается с самого начала некоторой дисциплины, позволяющей на каждом этапе разработки четко выделить необходимые подцели и проследить взаимосвязь между ними. Такой дисциплиной, получившей в последние годы широкое распространение, является метод пошаговой разработки. Предложенный алгоритм разрабатывается «по шагам», начиная с его спецификации, полученной в результате анализа задачи. На каждом этапе принимается небольшое число решений, приводящих к постепенной детализации управляющей и информационной структуры алгоритма. Таким образом, получается последовательность все более детальных спецификаций алгоритма, приближающихся к окончательной версии программы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем работаем и мыслим. Виктор Майер-Шенбергер и Кеннет Кукьер, 2010 г.
2. Коротникова Н.В. Online Big Data как источник аналитической информации в online-исследованиях // Социс. – 2015. – № 8. – С. 14-24.
3. Революция в аналитике. Как в эпоху Big Data улучшить ваш бизнес с помощью операционной аналитики. Билл Фрэнкс, 2016 г.
4. Виктор Майер-Шенбергер и Кеннет Кукьер. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим. 2013 г.
5. Отчет ААРОР о «Больших данных» / Л. Джапек, Ф. Крейтер, М.Берг [и др.] / Американская ассоциация исследователей общественного мнения, 2015 г.
6. Черняк Л. «Большие данные» – новая теория и практика // Открытые системы. – 2011. – № 10.

7. BigData проблемы, технологии, рынок: <http://compress.ru/article.aspx?id=22725/>. Дата обращения: 27.12.2018 года.
8. Big Data от А до Я. Часть 1: Принципы работы с большими данными, парадигма MapReduce»: <https://habrahabr.ru/company/dca/blog/267361/>. Дата обращения: 26.10.2017 г.
9. Big data от А до Я. Часть 3: Приемы и стратегии разработки MapReduce-приложений: <https://habrahabr.ru/company/dca/blog/270453/>. Дата обращения: 28.10.2017 года.
10. Толстова Ю.Н. Социология и компьютерные технологии // Социс. – 2015. – № 8. – С. 3-13.
11. Люльченко А. Н. Экспертная система оценки эффективности защиты информации // Защита информации. INSIDE. – 2016. – №4. – С. 20-24.

УДК 537.534  
МРНТИ 29.19.04

**СКОЛЬЗЯЩИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИОН-ПОВЕРХНОСТЬ ТВЕРДОГО ТЕЛА:  
ОРИЕНТАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ АНАЛИЗА И  
МОДИФИКАЦИИ**

**Ф.Ф. УМАРОВ<sup>1</sup>, А.А. ДЖУРАХАЛОВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Казахстанско-Британский технический университет

<sup>2</sup>University of Antwerpen, Belgium

**Аннотация:** В работе методом компьютерного моделирования исследованы скользящие взаимодействия ионов  $N^+$ ,  $Ne^+$ ,  $Ar^+$ ,  $Kr^+$ ,  $Be^+$  и  $Se^+$  с начальными энергиями  $E_0 = 0.5 \div 10$  кэВ с поверхностью  $Cu(100)$ ,  $Ag(110)$ ,  $Si(001)$ ,  $SiC(001)$  и  $GaAs(001)$  и образования первично выбитых атомов отдачи. Показано, что в области скользящего рассеяния упругие потери энергии рассеянных ионов существенно меньше, чем неупругие. Установлено, что сравнение энергий рассеянных ионов с экспериментально измеренными энергетическими распределениями позволяет сделать заключение о наличии и величине моноатомных ступенек, а также расстояний между ними на нарушенной ионной бомбардировкой поверхности монокристалла. Рассчитаны коэффициенты распыления и десорбции, а также угловые, пространственные и энергетические распределения распыленных и десорбированных частиц. Показано, что при скользящем падении ионов на поверхность монокристалла распыленный и десорбированный поток образуют первично выбитые атомы с очень низкой энергией и максимумом при  $E = 4 \div 5$  эВ. Исследована диссоциативная и не диссоциативная десорбция адсорбированных молекул и показана возможность интенсивной не диссоциативной десорбции адсорбированных молекул. Рассчитаны пороги распыления по углу скольжения для одно- и двухкомпонентных кристаллов и их зависимости от массы, энергии бомбардирующих ионов и параметров структуры кристалла. Показано, что при скользящей ионной бомбардировке вдоль низкоиндексных направлений кристалла возможно послойное распыление поверхности монокристалла, оптимальное в узком интервале углов скольжения вблизи порогового угла распыления. Определены оптимальные условия для получения распределения имплантированных ионов по глубине с требуемой формой в приповерхностной области ( $5 \div 10$  атомных слоев) кристалла. Предложен высокочувствительный метод послойного анализа кристаллических поверхностей.

**Ключевые слова:** скользящие взаимодействия ион-поверхность, рассеяния ионов, упругие и неупругие потери энергии, послойное распыление поверхности монокристалла, послойный анализ поверхности монокристалла, имплантация ионов, компьютерное моделирование

**THE SLIDING INTERACTIONS OF THE ION-SURFACE OF A SOLID:  
ORIENTATION EFFECTS AND OPPORTUNITIES FOR ANALYSIS AND  
MODIFICATIONS**

**Abstract:** This work deals with the computer simulation of low- and medium energy ( $E_0 = 0.5 \div 10$  keV)  $N^+$ ,  $Ne^+$ ,  $Ar^+$ ,  $Kr^+$ ,  $Be^+$  and  $Se^+$  ions sliding collisions on the surface of a  $Cu(100)$ ,  $Ag(110)$ ,  $Si(001)$ ,  $SiC(001)$  and  $GaAs(001)$  solids, and of the accompanying effects, namely, scattering, sputtering and surface implantation. It has been shown that under these conditions the inelastic energy losses become predominant over the elastic ones. The anomalous energy losses observed experimentally at the grazing ion scattering by the single crystal surface were explained. It has been shown that from the correlation of the experimental and calculated energy distributions of the scattered particles, one may determine a spatial extension of the isolated atomic steps on the single crystal surface damaged by the ion bombardment. Results obtained can be also used to study short-range order in alloys undergoing ordering. Dissociative and non-dissociative desorption of adsorbed

molecules were simulated. It was shown that at grazing ion bombardment the intensive non-dissociative desorption of adsorbed molecules is possible. A preferential emission of Cu atoms in the case of Cu<sub>3</sub>Au (001) surface sputtering is observed. It was shown that in the case of grazing ion bombardment the layer-by-layer sputtering is possible and its optimum are observed within the small angle range of the glancing angles near the threshold sputtering angle. The obtained results allow to select the optimum conditions for obtaining implanted depth distributions with demanded shape in narrow near-surface region (5-10 atomic layers) of crystals. The highly sensitive layer-by-layer analysis method was proposed on the basis of layer-by-layer sputtering mechanism.

**Keywords:** grazing ion-surface interactions, ion scattering, elastic and inelastic energy losses, sputtering yield, layer-by-layer sputtering, surface implantation, surface channeling, grazing ion bombardment, layer-by-layer analysis of single crystal surface; computer simulation

## ҚАТТЫ ДЕНЕНІҢ БЕТІНДЕ ИОНДАРДЫҢ ЖЫЛЖЫМАЛЫ ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУІ: БАҒДАРЛАУ ӘСЕРІ ЖӘНЕ ТАЛДАУ МЕН МОДИФИКАЦИЯЛАУ МҮМКІНДІКТЕРІ

**Аңдатпа:** Бұл мақалада Cu (100), Ag (110), Si (001), SiC (001) және GaAs (001) бетіндегі  $E_0 = 0.5 \div 10$  кэВ бастапқы энергиялары бар N<sup>+</sup>, Ne<sup>+</sup>, Ar<sup>+</sup>, Kr<sup>+</sup>, Be<sup>+</sup> және Se<sup>+</sup> иондарының жылжымалы өзара әрекеттесуі модельдеуі және бастапқыда қалпына келтірілген кері атомдық атомдардың пайда болуы зерттелді. Көрсетілгендей, шашыраған шашыраңқы аймақта шашыраған иондардың серпімді энергия шығыны серпімсіз энергиясын жоғалтуы әлдеқайда аз екендігі анықталды. Шашыраған иондардың энергиясын эксперименталды түрде өлшенген энергия бөлуімен салыстыру, иондардың бомбалануы нәтижесінде бұзылған бір кристалдың бетінде, моноатомдық сатылардың мөлшерін, сондай-ақ олардың арасындағы қашықтықтары туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Тозаңдану және десорбция коэффициенттері, сонымен қатар, шашыраңқы және десорбцияланған бөлшектердің бұрыштық, кеңістіктік және энергетикалық таралуы есептелді. Жалғыз кристалдану бетіндегі ерітінділердің жылжымалы тамшысы бар кезде, шашыраңқы және десорбцияланған ағын бастапқыда өте төмен энергиямен және ең жоғары  $E = 4 \div 5$  эВ атомдарды ыдыратты. Сұйылатын молекулалардың диссоциативті және диссоциативті емес десорбциясы зерттелді және адсорбциялық молекулалардың қарқынды емес диссоциативті емес десорбция мүмкіндігі берілген. Бір және екі компонентті кристаллдар мен олардың массаға тәуелділігі, бомбалау иондарының энергиясы және кристалдық құрылымның параметрлері үшін сырғанау бұрышына қатысты шырқау шектері есептелді. Кристаллдың индекстің төмен бағыты бойымен ионды бомбалау кезінде жекелеген кристалды беттің қабатталған қабатының баяулауы шекті шағылыстың бұрышына жақын сырғанау бұрыштарының тар диапазонында оңтайлы болуы мүмкін екендігі айқындалған. Кристаллдың жақын жердегі аймағында (5 ÷ 10 атомдық қабат) қажетті формамен тереңдікте имплантацияланған иондарды бөлудің оңтайлы шарттары анықталды. Кристалдық беттердің қабатты-қабатты талдауының өте сезімтал әдісі ұсынылған.

**Түйінді сөздер:** ионмен бетінің жылжымалы өзара әрекеттесуі, ион шашырауы, серпімді және серпімді емес энергияны жоғалту, бір кристалл бетінің қабатты қабатын талдау, иондық имплантация; компьютерлік модельдеу

### Введение

Использование скользящих углов падения ионов на поверхность кристалла открывает новые перспективы в исследовании тонких слоев вещества, в частности, в исследованиях состава, структуры, топографии и потенциальных полей реальных поверхностей, при ионной полировке и контроле ионными пучками [1-5]. В неупругих процессах, сопровождающих взаимодей-

ствие ион-поверхность кристалла проявляются так называемые траекторные эффекты, т.е. процессы возбуждения, ионизации, перезарядки и связанные с ними неупругие потери энергии зависят от характера и особенностей траекторий рассеиваемых частиц [1-3]. В условиях скользящего рассеяния ионов поверхностью монокристалла наряду с общей тенденцией уменьшения

относительных потерь энергии с уменьшением угла рассеяния существует область углов скольжения, в которой наблюдается их аномальный рост [1]. Природа этих аномально высоких потерь энергии и их вклад в упругие и неупругие потери энергии остаются не совсем ясными и не могут быть интерпретированы в рамках модели непрерывного потенциала. Ионная бомбардировка поверхности кристалла приводит к образованию на ней радиационно-индуцированных дефектов типа вакансий, атомных ступенек и их кластеров и к формированию рельефа атомного масштаба ( $\sim 10$  нм). Существует корреляция между типом дефекта, углами блокировки отраженного пучка и энергетическими распределениями рассеянных частиц, что делает возможным определение типа дефекта и его концентрации на поверхности [3, 6]. Информация о местах связывания и ориентации молекул на поверхности интересна с точки зрения молекулярной структуры и важна для понимания химии гетерогенного катализа. Данные о положениях адсорбированных молекул на поверхности также необходимы для подготовки веществ с заданными свойствами в тонкопленочной технологии [7, 8]. Процесс распыления широко используется в современных микро- и нанотехнологиях. Такие процессы как плазменное травление и осаждение методом распыления, использующие ионную бомбардировку при относительно низких энергиях ( $\sim 100$  эВ), широко используются в полупроводниковых технологиях [9]. Однако, использование для модификации поверхности ионной бомбардировки

под скользящими углами вместо традиционной бомбардировки под углами, близкими к нормали, позволяет расширить интервал энергий вплоть до  $\sim 10$  кэВ [10], уменьшить повреждения (такие как формирование кратеров) [11] и способствовать формированию экстремально гладкой поверхности [12]. Это обусловлено особенностями процесса рассеяния при скользящем падении ионов на поверхность монокристалла [13].

## 2. Компьютерное моделирование

Специфика теоретического рассмотрения кратного рассеяния ионов атомами на поверхности твердого тела, связанная с трудностью описания взаимодействия многих частиц, обусловила широкое использование методов моделирования процесса рассеяния на ЭВМ [2, 3, 5].

Построение траекторий ионов, рассеиваемых атомами на поверхности твердого тела в нашем алгоритме основывается на двух допущениях: 1) рассматриваются лишь парные столкновения ионов с атомами мишени; 2) путь, проходимый ионом между столкновениями, представляется в виде отрезков прямых линий [3]. Для описания взаимодействия частиц использовался универсальный потенциал Циглера-Бирзака-Литтмарка [14]. Неупругие потери энергии рассчитывались по формуле Фирсова, усовершенствованной Кишиневским и были включены в кинематику рассеяния [3]. На рисунке 1 показана геометрия скользящего рассеяния и схематическое изображение

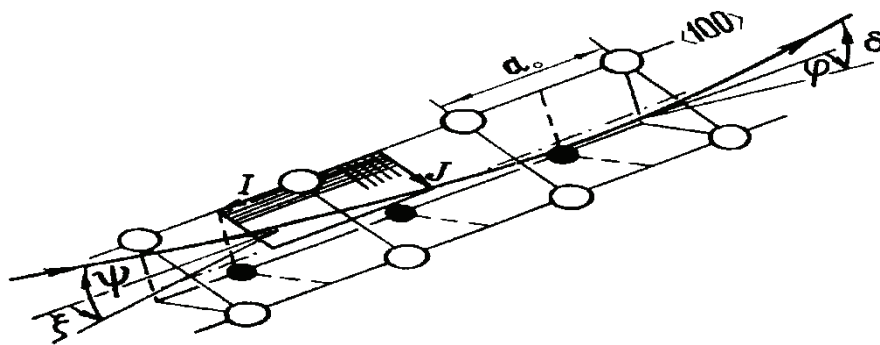


Рис. 1 – Схематическое изображение рассеяния ионов полуканалом на поверхности  $Cu(100)$  и расположенной на ней прицельной площадки.  $I$  и  $J$  – координаты прицельных точек вдоль и поперек осей полуканала, определяющих число налетающих ионов [3]

полуканала на поверхности Cu(100) вдоль направления  $\langle 110 \rangle$  с расположенной на ней прицельной площадкой. Прицельные точки на поверхности кристалла заполняли прямоугольник, стороны которого были разделены на 100 отрезков в плоскости падения пучка (координата) и 1000 отрезков в перпендикулярном направлении (координата J).

Размеры прицельной площадки составляли  $1.28 \text{ \AA}$  (полуширина полуканала) по J-координате и  $2.56 \text{ \AA}$  (межатомное расстояние вдоль направления  $\langle 110 \rangle$ ) по I-координате. Расчеты проводились для прицельных точек равномерно покрывающих (координаты I и J) всю область поверхности мишени, где полное число налетающих ионов составляло  $5 \times 10^4$ . Для рассмотрения одновременных и почти одновременных столкновений ионов с атомами смежных цепочек, использовалась процедура, предложенная в работе [15]. При учете тепловых колебаний предполагалось, что атомы мишени колеблются независимо друг от друга и их отклонения от положения равновесия подчиняются распределению Гаусса. Влияние корреляции эквивалентно уменьшению амплитуды колебаний на  $\sim 5\text{-}10\%$  в зависимости от рассматриваемого эффекта [3].

Распыление моделировалось в режиме первичного выбивания. Рассматривались только первично выбитые атомы отдачи (ПВА), испускаемые с первых трех поверх-

ностных слоев. Учитывалось наличие на поверхности плоского потенциального барьера. Число налетающих ионов составляло  $4 \times 10^4$ . Каждая новая частица налетала на восстановленную, чистую поверхность. Траектории рассеиваемых ионов и атомов отдачи прослеживались в процессе их замедления до тех пор, пока их энергия не становилась ниже заранее заданной энергии:  $25 \text{ эВ}$  – для налетающих ионов, и поверхностная энергия связи – для выбитых атомов. Расчеты проводились на кристаллах, включающих до 120 атомных слоев.

Начальная энергия налетающих ионов варьировалась от  $0.5$  до  $10 \text{ кэВ}$ , скользящие углы падения  $\psi$ , отсчитываемые от поверхности мишени, составляли  $3\text{-}30^\circ$  и азимутальные углы падения  $\zeta$ , реализуемые вращением мишени относительно нормали к поверхности и отсчитываемые от направления  $\langle 100 \rangle$  составляли  $0\text{-}180^\circ$ . Полярный угол рассеяния  $\theta$  отсчитывался от направления первичного пучка, полярный угол вылета  $\delta$  – от поверхности мишени и азимутальный угол рассеяния  $\phi$  – от плоскости падения.

При моделировании процесса десорбции молекул с поверхности монокристалла места адсорбции молекул  $O_2$  соответствовали позициям выше второго слоя с осью O-O параллельной поверхности Ag (110) вдоль направления  $\langle 110 \rangle$  с адсорбционной структурой

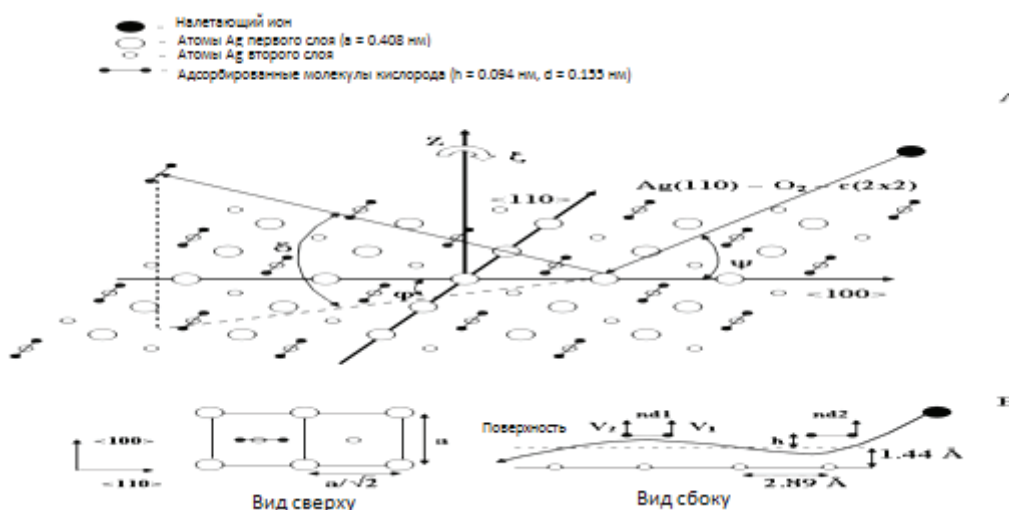


Рис. 2 – Первые два слоя монокристалла Ag(110) с адсорбированными молекулами  $O_2$  и схематическое изображение направления падения иона и распыления молекулы  $O_2$  без диссоциации [8]

с (2x2) (рис.2). Высота ее центра масс над поверхностной плоскостью составляла 0.094 nm, длина связи O-O - 0.155 nm, энергия связи  $E_b$  молекулы  $O_2$  с поверхностью составляла 0.53 eV и энергия связи (диссоциации)  $\epsilon$  молекулы  $O_2$  - 5 эВ.

Необходимость использования компьютерного моделирования обусловлена сложностью траекторий рассеиваемых ионов и атомов отдачи в процессах скользящего рассеяния, послынного распыления и поверхностного каналирования, что препятствует использованию аналитических методов расчетов. Компьютерное моделирование является не только эффективным дополнительным методом повышения информативности результатов эксперимента, но может иметь и самостоятельное значение для выявления новых механизмов процессов ионного рассеяния, распыления и десорбции простых молекул.

### 3. Результаты и обсуждение

Как было отмечено выше в неупругих процессах, сопровождающих взаимодействие ионов с кристаллами, проявляются так называемые траекторные эффекты. В основном это означает, что неупругие процессы и связанные с ними неупругие потери энергии зависят от фактической траектории рассеянной частицы. Оказалось, что относительная

величина аномальных потерь энергии зависит от ориентации кристалла и возрастает с уменьшением начальной энергии ионов. В работе [16] этот эффект был связан с механизмом поверхностного гиперканалирования (ПГК), который преобладает при очень малых углах скольжения.

#### 3.1. Скользящее рассеяние ионов поверхностью монокристалла

В разделе представлены результаты исследования упругих и неупругих потерь энергии и характерных особенностей траекторий ионов, проявляющихся при рассеянии на дискретной атомной цепочке, в полуканале и канале на поверхности монокристалла при малых углах скольжения и рассеяния, а также вклады различных механизмов рассеяния в экспериментально наблюдаемые аномальные потери энергии [3,18]. Траектории ионов  $Ar^+$  с начальной энергией 15 кэВ, испытывающих скользящее рассеяние на атомных цепочках, в полуканалах и каналах на поверхности  $Cu(100)$ , прослеживались в самых верхних 10 атомных слоях с помощью компьютерного моделирования.

На рисунке 3 показаны гистограммы энергетических распределений ионов  $Ar^+$ , испытывавших зеркальное рассеяние на поверхности  $Cu(100) \langle 110 \rangle$  в детектор с угловой апертурой  $\pm 0.5^\circ$ . Ионы, рассеянные вдоль гребней атом-

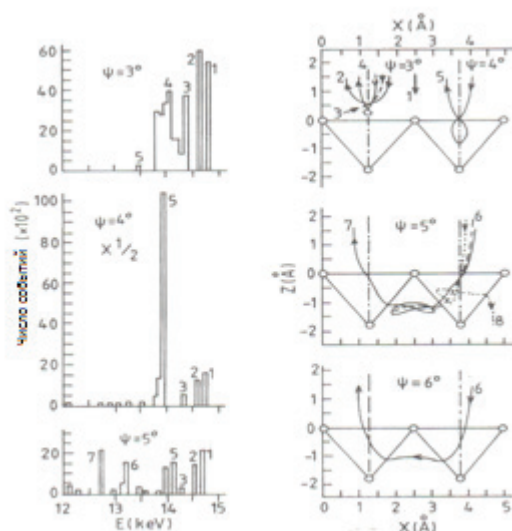


Рис. 3 – Гистограммы энергетических распределений ионов  $Ar^+$  с энергией 15 кэВ, рассеянных зеркально ( $\theta=2\psi$ ) на поверхности  $Cu(100) \langle 110 \rangle$ . В правой части изображены наиболее характерные траектории ионов в проекции на поперечную плоскость полуканала  $\langle 110 \rangle$

ных цепочек вносят вклад в пики, обозначенные цифрой 1. Пики, расположенные слева и обозначенные цифрами 2-4 соответствуют ионам, испытавшим поверхностное гиперканалирование (ПГК) [16]. В случае траекторий типа 4 ионы фокусируются в направлении  $\langle 110 \rangle$ , точка фокуса лежит на  $\sim 0.5 \text{ \AA}$  выше плоскости поверхности. При  $\psi = 4^\circ$  форма спектра претерпевает существенное изменение вследствие резкого возрастания числа траекторий нового типа 5, и уменьшения вклада траекторий типа 1-4. Из рисунка видно, что ионы с траекториями типа 5 фокусируются поверхностными рядами с точкой фокуса, расположенной немного выше поверхности и распространяются затем расходящимся потоком в направлении стенок полуканала. Траектории типа 5 отличаются по форме и характеру от траектории ПГК. Резкое возрастание таких частиц наводит на мысль о существовании своеобразного эффекта перефокусировки, который проявляется в выраженном сужении пространственного распределения рассеянных частиц. Интервал углов, в котором наблюдается этот эффект перефокусировки мал ( $3.5^\circ \leq \psi < 5^\circ$ ), так что при  $\psi = 5^\circ$  он уже не наблюдается.

При  $\psi = 5^\circ$  в дополнении к пикам 1-5 в спектре появляются новые низкоэнергетические пики 6 и 7. Характер траекторий частиц типа 7 более сложный, чем типа 6. В послед-

нем случае часть траектории в канале короче, частицы фактически его пересекают. По своей форме и общей конфигурации эти траектории не принадлежат к траекториям, которые типичны для приповерхностного гиперканалирования, которые также наблюдались в наших расчетах. Также существуют траектории типа 8, соответствующие ионам, которые преодолевают потенциальный барьер стенок полуканала, внедряются в более глубокие слои и поэтому не рассеиваются обратно.

На рисунке 4 изображены экспериментальные [18] и рассчитанные [17] зависимости относительных потерь энергии  $(E_0 - E) / E_0$  от угла скольжения для ионов  $\text{Ar}^+$  с энергией 15 кэВ, рассеянных на поверхности  $\text{Cu}(100) \langle 110 \rangle$ . Кружки - эксперимент, крестики - расчет, 1 - упругие и 2 - неупругие вклады в полные относительные потери энергии. Расчетная кривая была построена усреднением потерь по различным механизмам рассеяния в соответствии с их относительным вкладом в спектр. Как видно из рисунка 4, основной вклад в аномальные потери энергии вносят неупругие потери энергии. Максимум неупругих потерь энергии вносится частицами с траекториями типа 5-7, а также частицами, испытывающими приповерхностное гиперканалирование. Таким образом, в области скользящего рассеяния упругие потери энергии существенно меньше, чем неупругие потери.

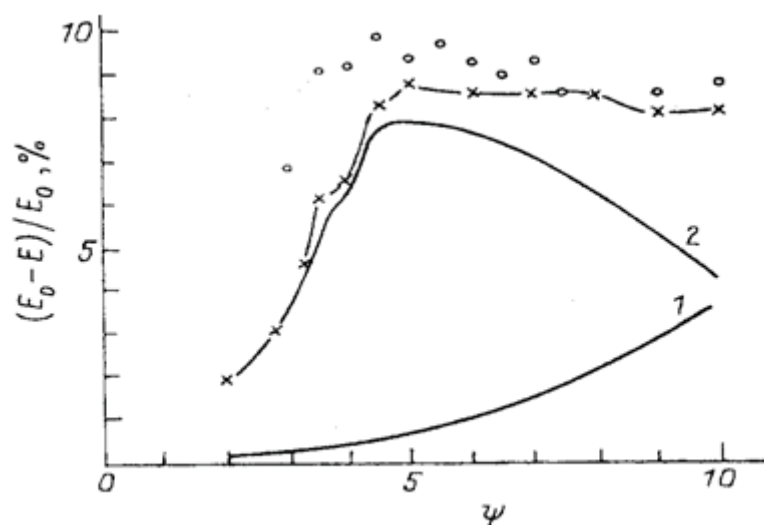


Рис. 4 – Экспериментальные [18] (кружки) и рассчитанные [3,17] (крестики) зависимости относительных потерь энергии от угла скольжения для  $\theta = 2\psi$  и ионов  $\text{Ar}^+$  с энергией 15 кэВ, рассеянных поверхностью  $\text{Cu}(100) \langle 110 \rangle$ ; упругие (1) и неупругие (2) вклады в полные относительные потери энергии

Факт превышения неупругих потерь энергии над упругими для малых углов скольжения  $\psi$  обусловлен возрастанием числа столкновений и длины траектории частиц в приповерхностной области, а также отсутствием малых прицельных параметров в процессе рассеяния. Преобладание неупругих потерь энергии должно проявлять себя в эффективности различных неупругих процессов, сопровождающих скользящее рассеяние ионов поверхностью монокристалла.

Ионная бомбардировка поверхности твердого тела приводит к образованию на ней радиационно-индуцированных дефектов типа вакансий и их скоплений, атомных ступенек и кластеров точечных дефектов, а также к формированию на поверхности рельефа атомного масштаба ( $< 100\text{\AA}$ ). Концентрация и тип формируемых радиационных дефектов зависят от условий эксперимента и существенно влияют на траектории, угловые и энергетические распределения, а также на число рассеянных частиц. Более того существует корреляция между типом дефекта, углами блокировки отраженного пучка и энергетическими распределениями рассеянных частиц, что позволяет определить тип дефекта и его поверхностную концентрацию [1,3,6,19,20].

В работе [21] было оценено число атомных ступенек, формируемых на поверхности монокристалла Cu(100) при  $T=300\text{ K}$ , предварительно нарушенной бомбардировкой ионами  $\text{Ar}^+$  с начальной энергией  $E_0 = 10\text{keV}$  и плотностью тока на мишень в интервале  $10^{-6} \div 10^{-8}\text{ A}\cdot\text{cm}^{-2}$ . На рисунке 5 изображены энергетические распределения полного числа (ионы + нейтралы) и ионной компоненты частиц аргона, рассеянных поверхностью Cu(100) в направлении  $\langle 100 \rangle$  для двух углов падения:  $\psi = 7^\circ$  (а) и  $23^\circ$  (б) и угла рассеяния  $\theta = 30^\circ$ . Частицы, испытывающие квазиоднократное рассеяние на атомах монокристаллических ступенек вносят вклад в пики 1 и 1' в спектре, а частицы, отраженные от атомов ступенек, вносят вклад в пики 2 и 2' [21]. Схематически такие траектории показаны в верхней части рис.5. Число атомов ступенек оценивалось в соответствии с интенсивно-

стью пиков квазиоднократного рассеяния в энергетическом спектре полного числа рассеянных частиц при  $\psi = 7^\circ$  (1) и  $23^\circ$  (1'). На рис. 5 эти спектры изображены сплошной линией.

Возможность рассеяния на угол  $\theta = 30^\circ$  при малых ( $\psi < 10^\circ$ ) и больших ( $\psi > 20^\circ$ ) углах падения обусловлена тем, что бомбардировка вносит нерегулярности в совершенную бесконечную атомную цепочку так, что она становится конечной со ступеньками вверх (а) или вниз (б). Число атомов ступенек, образуемых под действием ионной бомбардировки, и оцениваемых по пикам 1 и 1' в энергетическом спектре с точностью  $\sim 30\%$ , оказалось  $\sim 2 \times 10^{14}\text{ cm}^{-2}$ . Рассчитанные энергии частиц, рассеянных вдоль траекторий 1, 1', 2 и 2', соответствовали экспериментально определенным положениям соответствующих пиков в спектре, а именно:  $E/E_0 = 0.84$  и  $E/E_0 = 0.92$  (вертикальные сплошные линии на рис. 5,а б). Ионы, рассеянные вдоль траекторий 2 и 2', предварительно или после отраженные на атоме ступеньки, испытывали обычно 8-10 столкновений с атомами цепочки. Их пробеги вдоль поверхности примерно составляли  $25 \div 30\text{\AA}$ , и неупругие потери энергии - примерно 20% от полных потерь. Широкие максимумы 3, 4 и 3', 4' между пиками 1 и 2, а также 1' и 2' в работе [21] не были объяснены.

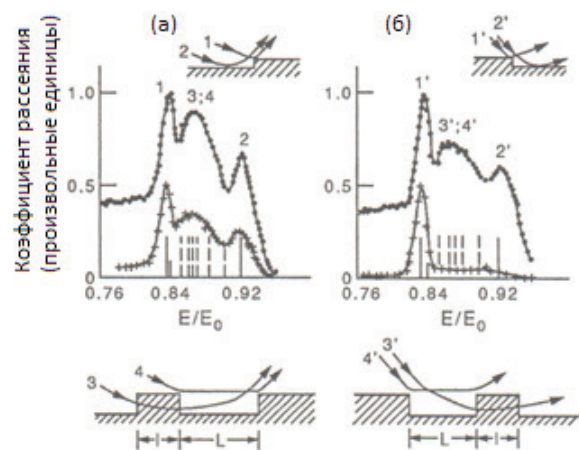


Рис. 5 – Энергетические распределения полного числа (.....) и ионной компоненты (+++++) частиц аргона, рассеянных на угол  $\theta = 30^\circ$  поверхностью Cu(100) $\langle 100 \rangle$  при  $\psi = 7^\circ$  (а) и  $23^\circ$  (б). Рассчитанные положения энергии в спектре, соответствующие рассеянным ионам, обозначены сплошными и пунктирными вертикальными линиями

Для объяснения максимумов 3, 4 и 3', 4' в спектрах авторами были рассчитаны траектории ионов, рассеянных на поверхности, на которой располагались полубесконечные моноатомные или изолированные ступеньки (атомные фрагменты) различной протяженности  $l$ , разделенные частями упорядоченной поверхности длины  $L$ . Схематически такие траектории показаны в нижней части рисунка 5. Траектории 3 и 3', вносящие вклад в широкие максимумы 3, 4 и 3', 4' в спектре, формируются двумя смежными ступеньками: частицы проходят под одной из ступенек и затем отражаются от торцевого атома второй ступеньки. Траектории квазидвукратного рассеяния 4 и 4' на торцевых атомах смежных ступенек также вносят вклад в эти максимумы. На рисунке 5 вклады вышеупомянутых траекторий обозначены вертикальными пунктирными линиями. Из расчетов следует, что возрастание числа атомов в первой ступеньке (атомный фрагмент) и соответственно ее удлинение с постоянным расстоянием между ступеньками  $L$  приводит к уменьшению энергии ионов, рассеиваемых вдоль траекторий типа 3 и 3'. Изменение числа атомов в первой ступеньке (атомный фрагмент) от одного до четырех дает возможность получить траектории рассеянных ионов типа 3 и 3' с энергиями, покрывающими весь интервал относительных энергий широкого максимума от  $E/E_0 = 0.85$  до  $E/E_0 = 0.90$ . Наиболее вероятными оказались ступеньки (атомные фрагменты), содержащие два или три атома, разделенные частями упорядоченной поверхности длиной  $L = 15 \div 45 \text{ \AA}$ . Рассеяние на таких ступеньках вносит вклад в область пиков 3, 4 и 3', 4' широкого максимума ( $E/E_0 = 0.86 \div 0.88$ ). Расстояния между атомными ступеньками (фрагментами) варьируются от минимального, равного двум постоянным решеткам Cu(100), до  $\sim 45 \text{ \AA}$ . Наличие и величина пиков 2 и 2' в спектре подтверждает существование расстояний между ступеньками в интервале  $\sim 25 \div 45 \text{ \AA}$ . Траектории типа 4 и 4' слабо чувствительны (по значению энергии) к расстоянию между ступеньками, но их вероятность существенно уменьшается с ростом  $L$ . Интересно

отметить, что исчезновение пиков 2', 3' и 4' в ионной компоненте рассеянного пучка при  $\psi = 23^\circ$  хорошо согласуется с характером соответствующих траекторий. Заключение относительно пространственной протяженности атомных ступенек и расстояний между ними, полученные с использованием сопряженного потенциала, хорошо согласуются с результатами, описанными выше и полученными с использованием универсального потенциала Бирзака-Литтмарка-Циглера.

Таким образом, из сравнения результатов моделирования траекторий и энергий рассеянных частиц с экспериментальными энергетическими распределениями можно сделать заключение, что при бомбардировке поверхности Cu(100) ионами  $\text{Ag}^+$  с начальной энергией 15 кэВ при экспериментальных условиях [21], на поверхности образуются изолированные моноатомные ступеньки (фрагменты), содержащие несколько (от одного до четырех) атомов. Расстояния между ступеньками варьируются от двух постоянных решетки для Cu(100) до  $\sim 45 \text{ \AA}$ . Наиболее вероятным является появление ступенек (фрагментов), содержащих два или три атома, разделенных частями упорядоченной поверхности длиной  $L = 15 \div 45 \text{ \AA}$ . Оценка числа атомных ступенек, рассчитанная авторами на основе предлагаемой модели нарушенной поверхности, согласуется со значением  $\sim 2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ , полученным в работе [21].

### 3.2. Десорбция молекул с поверхности монокристалла

Моделировались диссоциативная и недиссоциативная десорбции адсорбированных молекул [8]. Атом или молекула считались десорбированными, если их импульсы после всех возможных столкновений были направлены в сторону вакуума и их энергии были достаточными для преодоления поверхностного потенциального барьера. Для расчетов недиссоциативной десорбции молекул с поверхности монокристалла как димеров, использовалось приближение, подобное «отрывной» модели. В соответствии с этим приближением ион в результате серии корре-

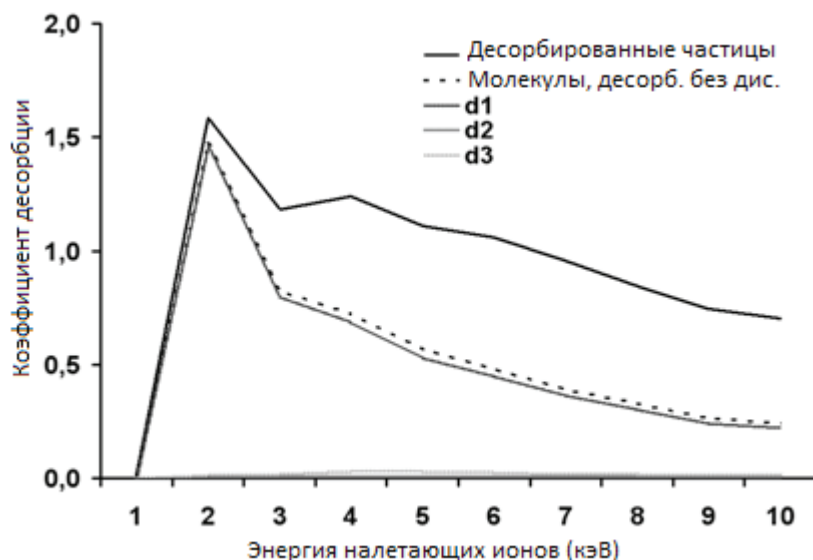


Рис. 6 – Зависимости коэффициентов десорбции молекул кислорода от энергии налетающих ионов  $N^+$  при угле скольжения  $\psi=90^\circ$ , бомбардирующих покрытую кислородом поверхность  $Ag(110)$  [8]

лированных столкновений может выбить молекулу без разрыва связи между ее атомами, если относительная кинетическая энергия атомов не превышает энергию диссоциации молекулы:

$$E_r^{\text{mol}} = m_2 / 4 (v_1 - v_2)^2 \leq \varepsilon \quad (1)$$

и энергия центра масс достаточна для преодоления энергии связи молекулы с поверхностью  $E_b$ :

$$E_c = m_2 / 4 (v_1 + v_2)^2 \geq E_b, \quad (2)$$

Здесь  $m_2$  – масса атома молекулы,  $v_{1,2}$  – скорости атомов молекулы. Молекула рассматривалась как десорбированная без диссоциации, если импульс ее центра масс был направлен в вакуум и удовлетворялись условия (1) и (2). Для таких молекул рассчитывались их распределения по полярному  $\delta$  и азимутальному  $\varphi$  углам вылета, а также коэффициент десорбции молекул кислорода без диссоциации. Поведение овалов рассеяния дает возможность определить места адсорбции двухатомных молекул в плоскости поверхности.

Показано, что при скользящей ионной бомбардировке возможна интенсивная десорбция адсорбированных молекул кислорода без диссоциации. На рисунке 6 представлены зависимости коэффициентов десорбции молекул кислорода от энергии налетающих ионов  $N^+$  при угле скольжения  $\psi=90^\circ$ , бомбардирующих покрытую кислородом поверхность

$Ag(110)$ . Наблюдается интенсивная десорбция адсорбированных частиц при  $E=2$  кэВ. Эта зависимость показывает, что при низких энергиях адсорбированные молекулы обычно десорбируются как молекулы, однако с ростом энергии ( $E > 2$  кэВ) вероятность десорбции без диссоциации уменьшается.

### 3.3. Послойное распыление поверхности монокристалла

В разделе представлены результаты компьютерного моделирования процесса распыления поверхностей  $Si(001)$  и  $SiC(001)$  при скользящей бомбардировке ионами  $Ne^+$  с начальными энергиями 0,5÷5 кэВ [22,23]. На рисунке 7 а,б сравнены угловые зависимости коэффициентов распыления поверхностей  $Si(001)$  и  $SiC(001)$ , бомбардируемых ионами  $Ne^+$  с энергией 0,5 кэВ, с вкладом в распыление первых трех поверхностных слоев. Видно, что на всех зависимостях существуют пороговые углы скольжения, при меньших углах распыление не наблюдается. При углах падения, меньших порогового угла налетающие ионы не могут проникнуть в кристалл и распылить атомы мишени. С ростом энергии налетающих ионов пороговый угол смещается в сторону меньших значений угла падения налетающих ионов. При углах падения  $t \psi$  больших, чем пороговый угол, число первич-

но выбитых атомов (ПВА) вначале растет и достигает своего максимума. Вблизи порогового угла существует плато, так как энергия ионов недостаточна как для продолжительного движения ионов в пределах поверхностных полуканалов, так и для проникновения в более глубокие слои. С ростом начальной энергии это плато исчезает и коэффициент распыления уменьшается при больших  $\psi$ . Это уменьшение числа ПВА объясняется частичным проникновением ионов в более глубокие слои и преобладанием каскадного механизма распыления. Очевидно, что относительные вклады каждого слоя в величину полного числа ПВА существенно зависят от угла падения. В интервале углов  $\psi = 11-20^\circ$  для Si распыление имеет место только с первого слоя.

Рассчитаны коэффициенты распыления поверхностей Si(001) и SiC(001), подразделенные на вклады в распыление первых трех слоев поверхности в зависимости от энергии налетающих ионов Ne<sup>+</sup> для  $\psi = 10^\circ$ . Пороговая энергия распыления для этих случаев составляет примерно 1 кэВ. Оказалось, что основной вклад в полный коэффициент распыления вносит первый слой. Более того, в интервале энергий 0.5-1.5 кэВ распыление происходит только с первого слоя. Дальнейший рост энергии ионов приводит к росту вклада второго и третьего слоев. Вклад в распыление с третьего слоя больше, чем со второго слоя, когда атомные ряды второго слоя располагаются непосредственно под первым слоем в направлении  $\langle 110 \rangle$ . Из полу-

ченных результатов следует, что выбором угла падения и начальной энергии возможно добиться послойного распыления поверхности.

Таким образом, особенности образования первично выбитых атомов от дачи (ПВА) при скользящем падении ионного пучка на атомно-гладкую поверхность монокристалла способствуют ее послойному распылению. Для реализации механизма послойного распыления необходимо, чтобы часть энергии иона, соответствующая нормальной компоненте его скорости, была бы меньше, чем порог распыления атомов слоя, следующего за поверхностью, то есть  $E_i \sin^2 \psi_i < E_d$ , где  $E_i$  – энергия иона до  $i$ -го столкновения,  $\psi_i$  – угол между направлением движения иона и осью полуканала до  $i$ -го столкновения,  $E_d$  – энергия смещения атомов второго слоя (в случае рассмотрения нижней цепочки полуканала). В этих условиях возможно добиться последовательного удаления слоев без нарушения последующего слоя при удалении предыдущего.

### 3.4. Ионная имплантация в приповерхностные слои монокристалла

В данном разделе представлены результаты компьютерного моделирования процесса ионной имплантации в приповерхностные слои GaAs (001) при бомбардировке ионами Be<sup>+</sup> и Se<sup>+</sup> с начальными энергиями 0.5÷10 кэВ под скользящими углами падения  $\psi$  [24, 25]. Поверхность (001) III-V полупроводников является одной из наиболее широко используемых поверхностей полупроводников в процессах

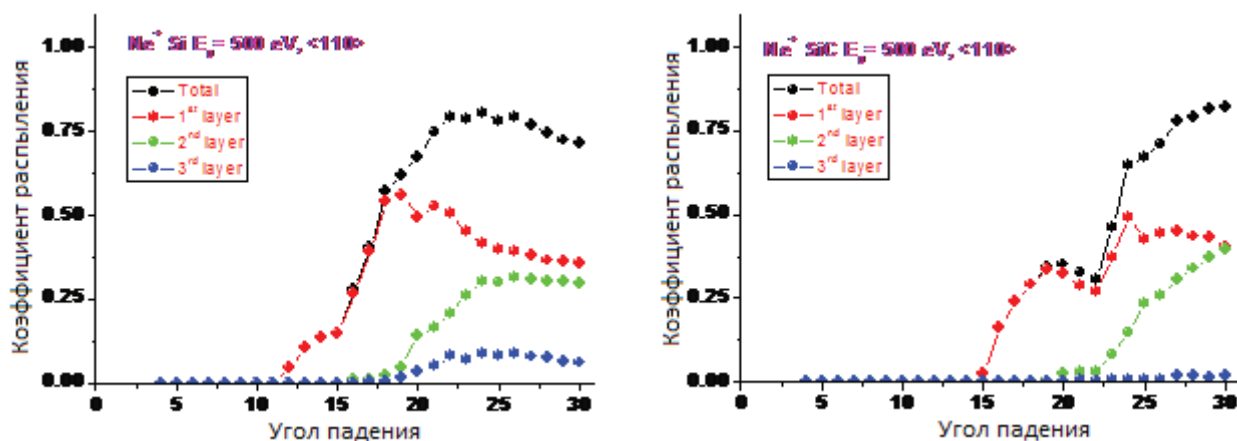


Рис. 7 – Коэффициенты распыления Si(001) (a) и SiC(001) (b) в зависимости от угла падения бомбардирующих ионов Ne<sup>+</sup>

как гомо-, так и гетеро-эпитаксиального роста при изготовлении электронных устройств. Имплантация ионов Be и Se в GaAs (001) под скользящими углами позволяет вводить акцепторные и донорные примеси и ультрамелкие переходы в этот полупроводник. Пробеги имплантированных частиц в поверхностных полуканалах и каналах в этих условиях существенно возрастают и достигают сотен ангстрем благодаря эффекту каналирования.

На рисунке 8 представлены доли ионов Be и Se с начальной энергией 1 кэВ, имплантированных в поверхность GaAs(001) в зависимости от угла скольжения для направлений  $\langle 110 \rangle$  и  $\langle 1\bar{1}0 \rangle$ . Небольшое различие этих зависимостей для двух направлений объясняется различной формой полуканалов в указанных направлениях. Видно, что при углах скольжения, меньших некоторого критического угла, имплантация не имеет места. Значение критического угла снижается с уменьшением массы налетающего иона. При углах падения, при которых наблюдаются минимумы зависимостей налетающие ионы интенсивно отражаются стенками полуканалов вследствие эффекта ионной фокусировки. Показано, что в случае скользящих взаимодействий ион-поверхность монокристалла основной пик профиля распределения внедрен-

ной примеси по глубине существенно мелок. Профили распределения имплантированной примеси зависят от массы иона, ориентации кристалла и угла скольжения. Сравнение профилей показало, что пробеги для ионов Se гораздо более мелкие и полуширина профиля распределения немного уже, чем для ионов Be. Полученные результаты позволяют подбирать оптимальные условия для получения профилей распределения примесей с требуемой формой в приповерхностной (5-10 атомных слоев) области кристалла.

### 3.5. Послойный анализ поверхности при ионной бомбардировке под скользящими углами

Предложенный механизм послойного распыления поверхности монокристалла при бомбардировке под скользящими углами открывает возможность для разработки высокочувствительного метода послойного анализа кристаллических поверхностей. Целью предлагаемого метода является повышение точности и чувствительности элементного и фазового анализа кристаллических твердых тел, а также определения профиля концентрационных распределений имплантированных в твердое тело примесей [26, 27]. Поставленная цель достигается тем, что послойное распыле-

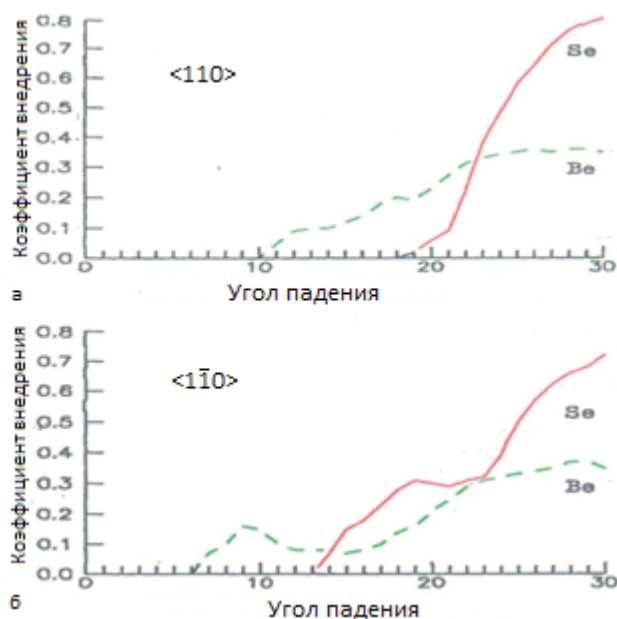


Рис. 8 – Зависимость числа ионов Be и Se с начальной энергией 1 кэВ, имплантированных в поверхность GaAs (001) от угла скольжения  $\psi$ . Число налетающих ионов  $10^4$

ние мишени ионами осуществляют в диапазоне углов скольжения  $\psi = 1 \div 5^\circ$ , отсчитываемых от поверхности мишени, в диапазоне энергий ионов, верхний предел которой ниже порога распыления атомов поверхности мишени вдоль нормальной составляющей их скорости. При этом в ходе распыления мишень равномерно вращают относительно оси, нормальной к поверхности распыления. Отбор для масс-анализа вторичных частиц осуществляют по азимуту в угловом интервале  $\varphi = 85 \pm 5^\circ$  к направлению бомбардирующего пучка. Перед анализом осуществляют предварительную обработку поверхности тем же пучком до  $R_z = 0.05$  мкм, где  $R_z$  – шероховатость поверхности. При скольжении угла падения первичного пучка ионы рассеиваются в зеркальном направлении ( $\theta = 2\psi$ ) по отношению к налетающему пучку и они пространственно отделены от первично выбитых атомов отдачи (ПВА) [28]. Вследствие этого увеличивается отношение сигнала к фону, а также обеспечивается возможность в равных условиях определять концентрацию примесей, находящихся не только в узлах кристаллической решетки, но и в ее междоузлиях. С помощью электронной пушки пучком электронов дополнительно ионизовали распыленные в направлении ( $\varphi = 85 \pm 5^\circ$ ) первично выбитые атомы примесных элементов. Рассчитанные энергетические и пространственные распределения ПВА представлены на рисунке 9.

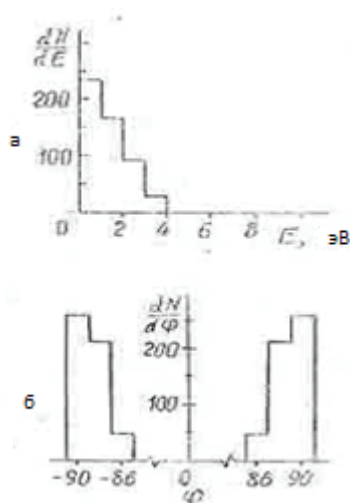


Рис. 9 – Энергетические (а) и пространственные (б) распределения ПВА при скользкой бомбардировке ионами  $Ar^+$  поверхности  $Cu(100) \langle 110 \rangle$ .  $E_0 = 7$  кэВ и  $\psi = 5^\circ$

Таким образом, располагая масс-анализатор перпендикулярно относительно плоскости падения пучка ( $\varphi = 85 \pm 5^\circ$ ), мы увеличиваем чувствительность анализа, так как энергетическое распределение ПВА заключено в узком интервале  $\sim 1 \div 4$  эВ энергий, что обеспечивало достаточно высокую и примерно равную степень ионизации для всех распыленных частиц. Это позволяло увеличить точность количественного анализа в несколько раз.

#### 4. Заключение

На основе выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

- в области скользящего ионного рассеяния упругие потери энергии значительно меньше неупругих. Преобладание неупругих потерь энергии проявляет себя в эффективности различных неупругих процессов, сопровождающих скользящее рассеяние ионов поверхностью монокристалла;

- показано, что при скользящей ионной бомбардировке поверхности монокристалла возможна интенсивная десорбция адсорбированных молекул без диссоциации;

- поведение петель рассеяния в зависимости энергии рассеянных ионов от полярного угла вылета дает возможность определения мест адсорбции двухатомных молекул в плоскости поперечной относительно атома мишени;

- из сравнения результатов компьютерного моделирования траекторий рассеянных частиц с экспериментальными энергетическими распределениями показано, что в условиях бомбардировки поверхности  $Cu(100)$  ионами  $Ar^+$  с начальной энергией  $E_0 = 10$  кэВ, на поверхности образуются изолированные моноатомные ступеньки (фрагменты), содержащие несколько атомов (от одного до четырех). Расстояния между ступеньками варьируются от двух постоянных решетки до  $\sim 45 \text{ \AA}$ ;

- рассчитаны коэффициенты распыления поверхностей  $Si(001)$  и  $SiC(001)$  при бомбардировке ионами неона в зависимости от начальной энергии налетающих ионов

( $E_0 = 0.5-5$  keV), угла падения ( $\psi = 3-30^\circ$ ) и азимутального угла падения ( $\zeta = 0-180^\circ$ ). Показано, что возможно эффективное послойное распыление вблизи пороговых углов и энергий распыления;

– параметры монокристаллов (постоянная решетка, энергия связи и массы атомов) существенно влияют на угловые и энергетические зависимости коэффициента распыления. В общем, коэффициент распыления поверхности SiC(001) больше, чем коэффициент распыления поверхности Si(001);

– показано, что в случае ионов  $Be^+$  и  $Se^+$ , имплантируемых в поверхность GaAs(001), основной пик распределения имплантированных ионов по глубине расположен значительно ближе к поверхности и пробеги ионов Se - значительно короче;

– полученные результаты позволяют выбирать оптимальные условия для получения

распределения имплантированных ионов по глубине с требуемой формой в приповерхностной (5-10 атомных слоев) области кристалла;

– предложен высокочувствительный способ послойного количественного анализа кристаллических твердых тел на основе разработанного механизма послойного распыления поверхности монокристалла при бомбардировке под скользящими углами.

#### Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность и признательность Э.С. Парилису за постановку задач исследований, внимание и поддержку на всех этапах их выполнения, а также Е.С. Машковой и незабвенному В.А. Молчанову за всемерную поддержку и признание наших исследований.

#### REFERENCES

1. Mashkova, E. S. and Molchanov, V. A. Medium Energy Ion Reflection from Solids. North-Holland Publ., Amsterdam (1985).
2. Eckstein W. Computer simulation of Ion-Solid Interactions. Springer, Heidelberg, (1991).
3. Parilis, E. S., Kishinevsky, L. M., Turaev, N. Yu., Baklitzky, B. E., Umarov, F. F., Verleger, V. Kh., Nizhnaya, S. and Bitensky, I. S. Atomic Collisions on Solid Surfaces. North-Holland Publ., Amsterdam (1993).
4. Машкова Е.С., Молчанов В.А. Применение рассеяния ионов для анализа твердых тел. М.: Энергоатомиздат, (1995).
5. Van Hove M.A. Atomic Scale Structure: from Surfaces to Nanomaterials. Surf. Sci., 603, 1301-1305, (2009).
6. Begemann, S. H. A. and Boers, A. L. Surf. Sci., 30, 134 (1972).
7. Kapur Sh., Garrison B.J. Chem Phys. 75, 445 (1981).
8. Dzhurakhalov A.A., Rahmatov S.E., Yadgarov I.D. Nucl. Instr. and Meth. B 230, 560 (2005).
9. Labanda J. G. C., Barnett S. A.: Sep 1997, J. Electronic Mater.
10. Dzhurakhalov A. A., Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res., B216, 202. (2004).
11. Rzeznik L., Paruch L. Garrison B.J., Postava Z. Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res., B269, 1586 (2011).
12. Frost F., Fechner R., Flamm D., Ziberi B., Frank W., Schindler A. Appl. Phys. A, 78, 651 (2004).
13. Umarov F. F., Dzhurakhalov A. A., Teshabaeva N. A., Appl. Surf. Sci., 125, 226. (1998).
14. Ziegler J.F., Biersack J.P., and Littmark U. Stopping and Ranges of Ions in Matters. Pergamon, NewYork (1983).
15. Robinson, M. T. and Torrens, I. M. Phys. Rev., B9, 5008 (1974).
16. Evdokimov I.N., Webb R.P., Armour D.G. and Karpuzov D.S. Radiat Eff. 42. 83 (1979).
17. Dzhurakhalov A.A., Umarov, F.F. Nucl. Instr. and Meth. B 136-138, 1092 (1998).
18. Evdokimov I.N., Mashkova E.S., Molchanov V.A. Dokl. Akad. Nauk SSSR, 186, 549 (1969).

19. Parilis E. S., Turaev N.Yu. and Umarov F. F. Radiat. Eff., 24, 207 (1975).
20. Umarov F.F., Dzhurakhalov A.A. The chapter 4 in the Book: Computer Simulations: Technology, Industrial Applications and Effects on Learning. ISBN 978-1-62257-580-0, Nova Sciences Publishers, Inc. NY, USA, P. 127-143, 2013.
21. Luitjens S.B., Algra A.J., Suurmeijer E.P.Th.M. and Boers A.L. Surf. Sci. 100, 315 (1980).
22. Umarov F. F., Dzhurakhalov A. A., Teshabaeva N. A., Appl. Surf. Sci., 125, 226 (1998).
23. Umarov F. F., Dzhurakhalov A. A. Surf. Interface Anal., 45, 83 (2013).
24. Dzhurakhalov A.A., Umarov F. F. IEEE, 232 (2000).
25. Dzhurakhalov A.A., Ferleger V.Kh., Khakimov S., Surf. Sci. 433–435, 188 (1999).
26. Груич Д.Д., Морозов С.Н., Пичко С.В., Белкин В.С., Умаров Ф.Ф. и Джурахалов А.А. Авторское свидетельство СССР № 1262594. Способ послойного количественного анализа кристаллических твердых тел, (1986).
27. Груич Д.Д., Пичко С.В., Белкин В.С., Умаров Ф.Ф. и Джурахалов А.А. Авторское свидетельство СССР № 1262594. Способ ионной полировки металлов, (1988).
28. Shulga V.I. Radiat Eff., 51, 1 (1980).

УДК 004.056.5  
МРНТИ 81.93.29

## DEVELOPMENT OF AN AUTHENTICATION MODEL BASED ON THE SECOND FACTOR IN AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM

O. USSATOVA<sup>1,2</sup>, S. NYSSANBAYEVA<sup>2</sup>, WALDEMAR WOJCIK<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>*Institute of Information and Computational Technologies*

<sup>2</sup>*Al-Farabi Kazakh National University*

<sup>3</sup>*Lublin Technical University, Poland*

**Abstract:** The article describes methods of two-factor authentication and considers an example of its possible use in an automated control system. The example considers a sequential algorithm for generating a one-time password based on the received hash value based on the result of the selected mathematical function. To implement this algorithm, a two-factor authentication model has been developed.

**Keyword:** two-factor authentication, data security, confidentiality, integrity, accessibility, security methods

## АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ЕКІНШІ ФАКТОРҒА НЕГІЗДЕЛГЕН АУТЕНТИФИКАЦИЯ МОДЕЛІН ӨНДЕУ

**Аңдатпа:** Мақалада екі факторлы тәуірлендіру әдісі көрсетілген және оны автоматтандырылған басқару жүйесінде қолданудың мысалын сипаттайды. Осы таңдалған мысалда математикалық функцияның нәтижесі негізінде алынған хэши мәніне негізделген бір мәрте парольді генерациялау үшін дәйекті алгоритмді қарастырады. Енді бұл алгоритмді енгізу үшін екі факторлы аутентификациялау моделі жасалды.

**Түйінді сөздер:** екі факторлы аутентификация, деректерді қорғау, құпиялылық, тұтастық, қолжетімділік, қорғау әдістері

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АУТЕНТИФИКАЦИИ НА ОСНОВЕ ВТОРОГО ФАКТОРА В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ

**Аннотация:** В статье описываются методы двухфакторной аутентификации и рассматривается пример ее возможного использования в автоматизированной системе управления. В примере рассматривается последовательный алгоритм генерации одноразового пароля по полученному хэши-значению на основе результата выбранной математической функции. Для реализации данного алгоритма разработана модель двухфакторной аутентификации.

**Ключевые слова:** двухфакторная аутентификация, защита данных, конфиденциальность, целостность, доступность, методы защиты

### Introduction

Two-factor authentication provides a higher degree of confidence than single-factor authentication. Two-factor authentication methods depend on the password and the second factor. Two-factor authentication adds an additional layer of security to the authentication process and makes it difficult for attackers to

access accounts. At the heart of two-factor authentication is the use of not only the traditional “login —password”, but also an additional level of protection—the second factor. You must confirm that you have the second factor to gain access to your account or other data.

Two-factor authentication is used to access databases of automated control systems, accounts in social networks, e-mail and other services [1,2]. The first factor is a combination of login and password. The second factor can be chosen in different ways. Let us consider some.

**SMS-code.** You enter your username and password, and then you receive SMS with a verification code on your phone that you need to enter to log in to your account. The code is valid only for the current session. The next time you log in, another SMS code is sent.

Advantages:

1) each time you log in, a new password is generated;

2) binding to the user's phone number.

Disadvantages:

1) in the absence of a signal from the cellular network to make an input is impossible;

2) there is a vulnerability: substitution of the number through the operator service or by employees of communication stores;

3) if the authorization occurs through a mobile device (e.g. smartphone) and the code is received through the same device, the protection ceases to be two-factor.

**Verification of the sign-in via mobile apps.** In this case, instead of requesting codes or one-time passwords, the login is confirmed from the mobile device with the service application installed. The device stores a private key, which is checked every time you log in.

Advantages:

1) there is no need to enter a confirmation password at the entrance;

2) there is no need for cellular communication or SMS-service, and in some cases even the Internet;

3) support for multi-accounts.

Disadvantages:

1) when intercepting a private key, it is possible to forge an identifier;

2) two-factor is lost when used on the same device from which you log in.

**Hardware (or physical) tokens.** They are the most reliable two-factor authentication method. These tokens can be presented in the form of a USB stick with its own processor generating cryptographic keys. Cryptographic keys are automatically entered when connected to a

computer. The choice of the key depends on the particular service.

Advantages:

1) there is no need to use a mobile phone;

2) completely independent device.

Disadvantages:

1) the device is purchased separately;

2) not all services have support for this method;

3) several accounts require several tokens;

4) the loss of the token entails hacking the system by an attacker.

**Authenticator applications.** They are generated on the device using a special application. During setup, the user receives a primary key, on the basis of which cryptographic algorithms generate one-time passwords with a validity of 30 to 60 seconds.

Advantages:

1) you only need the Internet to open the session;

2) support for multi-accounts.

Disadvantages:

1) there is a possibility of hacking the primary key, then the attacker is able to generate all subsequent passwords;

2) two-factor is lost when used on the same device from which you log in.

**Backup keys.** This is not a separate method, but a backup in case of loss or theft of the smartphone, which receives one-time passwords or verification codes. When you set up two-factor authentication, each service provides several backup keys for use in emergency situations. You can use them to sign in to your account, unlink your devices, and add new ones.

### Experimental part

Let us consider an example of the possible use of the proposed method of information security in the automated College management system. When developing the information security system, a model of two-factor authentication was developed using a combination of two factors: a permanent and a temporary password. Permanent password (the first factor) the user chooses himself. A temporary password (the second factor) is generated according to a certain algorithm and is valid for a specific period of time [3].

Generation of a temporary password is possible in two modes: online and offline. Additional software is used to obtain a temporary password. In online mode, this software sends a request to the authorization server to generate a temporary password. A temporary password is generated on the server and displayed to the user in the additional software. This temporary password can have a short validity period, for example, up to 1 minute. In offline mode, a temporary password is also generated in additional software. This temporary password will have a longer validity period due to its autonomy, but not more than 15 minutes (the optimal time - from 3 to 5 minutes).

The generation of a temporary password is based on the result of the selected mathematical function, which will have a number of variable parameters. Mathematical functions will be combined into a table, the dimension of which must be a multiple of degree two. The choice of mathematical function and its initial parameters

is based on the result of the hash function of SHA256 or SHA512 standards [4, 5]. The input string for the hash function is a combination of user credentials, the current Greenwich Mean Time, and an additional secret string. The result of the hash function is divided into separate numbers, which will be the indices for the choice of the mathematical function and the initial data [3].

The principle of operation of the proposed two-factor authentication is shown in figure 1.

The initial data for the input string will be the following values:

- login: olga;
- password: passussatova;
- current time: November 17, 2018 13:30:44;
- secret string: nikdar.

The input string will look like:

olgapassussatova20181117133044nikdar

The result of the SHA 256 hash function will be as follows:

468A120FAAEC02167E32065F8F9AC9E7F5249C88A47CDFEFE0BE2B442BDE9469

The first symbols of the result are used to select a mathematical function. Then the index of the function in the table of dimension 256x256 will be the following «70, 138», as a decimal representation of hexadecimal numbers 46, 8A. The following function will be selected for this index:

$$\frac{\sin(x) + \sin(x)}{p1/p2},$$

where p1 and p2 are the initial parameters.

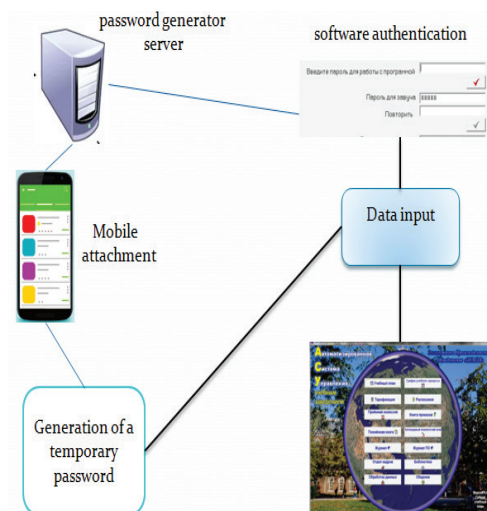


Figure 1-The principle of two-factor authentication

Two hexadecimal numbers from the end of the result of the hash function are chosen as initial parameters, and a hexadecimal number from position 10 is chosen as the value. Then they will take the following values: p1 =148 (94); p2 =105 (69); x = 174 (AE). The result is the following function result:

$$\frac{\sin(174) + \sin(174)}{148/105} = 0.10453518968099$$

As a temporary password, the numbers after the decimal point are taken, starting from the 5th position and 6 digits long. Then the temporary password is 351896. The use of two-factor authentication will avoid unauthorized hacking of the system, reduce the risk of leakage of personal data and other important information in the automated system of the College.

The advantages of two-factor authentication include the ability to protect information from internal and external intrusions [6-8].

### Conclusion

One of the priorities in ensuring information security in the automated control system is to ensure the availability, integrity of configuration management information and information about personal data. In this regard, it is necessary to pay special attention to the prevention of unauthorized access to the system in order to maintain its sustainable operation. The increasing number of different services and frequent attacks on user accounts necessitates the use of two-factor authentication to ensure information security. The article presents the results of scientific research obtained under the project-targeted financing project «Development of software and hardware and software for cryptographic protection of information during its transmission and storage in infocommunication systems and general-purpose networks». IRN: BR053236757.

### REFERENCES

1. Davydov A.E. (2015) “Protection and security of departmental integrated information and communication systems”, R.V. Maximov, O.K. Savitsky – OJSC Voentelecom, 519 p.
2. Yuriev D.R., Rogova O.S. (2017) Comparative analysis of two-factor authentication [“Technical sciences - from theory to practice”], Novosibirsk: SibAK, pp. 46-51.
3. Nysanbaeva S.E., Usatova O.A. (2018) “Two-factor authentication in the automated control system” [“Computer Science and Applied Mathematics”] - Almaty, volume № 2, pp. 239-242.
4. National Institute of Standards and Technology (NIST) <https://www.nist.gov/> (Date of the application 02.07.2018y.).
5. FIPS 140-2 standard and self-encryption technology / <https://www.seagate.com/files/www-content/solutions-content/security-and-encryption/id/docs/faq-fips-sed-lr-mb-605-2-1302-ru.pdf>.
6. Convenient and secure access to applications <https://identityblitz.ru/products/blitzidentity-provider/?ref=main>.
7. Two-factor authentication: What you need to know (FAQ) / <https://www.cnet.com/news/two-factor-authentication-what-you-need-to-know-faq>.
8. D. Wang, P. Wang, and J. Liu (2014), “Improved privacy-preserving authentication scheme for roaming service in mobile networks,” in Proc. WCNC, April, pp. 3178–3183.

УДК 51.76; 004.89  
МРНТИ 50.37.23

## АЛГОРИТМЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЦ

Т.С. ШОРМАНОВ<sup>1</sup>, Ш.А. ДЖОМАРТОВА<sup>1</sup>, Г.З. ЗИЯТБЕКОВА<sup>2</sup>,  
Б.С. АМИРХАНОВ<sup>2</sup>, М.С. АЛИАСКАР<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казахский Национальный университет им. аль-Фараби

<sup>2</sup>Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК

**Аннотация:** Статья посвящена использованию алгоритмов машинного обучения для биометрической идентификации лиц. Поставленная задача относится к одной из задач, решаемых при помощи машинного обучения. Разработана база данных из фотографий, полученная из открытых источников, а результатом работы – имя и фотографии человека, который уже был ранее идентифицирован в базе данных. В данной работе были исследованы и проанализированы как гибридные методики по проведению биометрической идентификации лиц на изображениях, так и использование методик сверточных нейронных сетей для проведения биометрической идентификации лиц.

**Ключевые слова:** алгоритм машинного обучения, нейронные сети, биометрия, идентификация

## MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR BIOMETRIC IDENTIFICATION OF INDIVIDUALS

**Abstract:** The article is devoted to the use of machine learning algorithms for biometric identification of individuals. The task is one of the tasks solved with the help of machine learning. A database of photos obtained from open sources has been developed, and the result of the work is the name and photos of a person who has already been identified in the database. In this paper, we investigated and analyzed both hybrid methods for conducting biometric identification of persons on images, and the use of convolutional neural network techniques for conducting biometric identification of individuals.

**Keywords:** machine learning algorithm, neural networks, biometrics, identification

## ЖЕКЕ ТҰЛҒАЛАРДЫ БИОМЕТРИЯЛЫҚ СӘЙКЕСТЕНДІРУ ҮШІН МАШИНА АЛГОРИТМДЕРІ

**Аңдатпа:** Мақалада жеке тұлғаларды биометриялық сәйкестендіру үшін машина алгоритмдерін пайдалану туралы айтылады. Алға қойылған міндет машина алгоритмдерін қолдану арқылы шығарылатын есептердің бірі және бірегейі болып табылады. Ашық дереккөздерден алынған фотосуреттердің дерекқоры әзірленді және жұмыс нәтижесі дерекқорда бұрыннан анықталған тұлғаның аты және фотосуреті болып есептеледі. Осы жұмыста біз адамның биометриялық сәйкестендіруін гибриді әдістермен зерттелді және талдау жасап, жеке тұлғалардың биометриялық сәйкестендіруін жүргізу үшін конволитациялық нейрондық желілік әдістеріне жүгіндік.

**Түйінді сөздер:** машина алгоритмі, нейрондық желілер, биометрия, сәйкестендіру

## Введение

Методы машинного обучения широко применяются в самых различных сферах деятельности от создания алгоритмов распознавания речи и автоматического перевода до выращивания овощей. Первые разработки в области машинного обучения были сделаны в 40-х годах прошлого века. В начале 2000-х годов в связи с ростом вычислительных возможностей компьютеров и информационных систем стали появляться новые более совершенные алгоритмы машинного обучения. Сейчас алгоритмы машинного обучения являются основным инструментом по улучшению результатов деятельности в различных отраслях, таких как системы информационного поиска, рекомендательные сервисы, диагностической медицины, финансах и многих других. Экспоненциальный рост массивов данных, а также повышение сложности решаемых задач привели к необходимости разработки новых алгоритмов во многих областях, которые так или иначе связаны со сбором и анализом данных. Например, в среднем одна морская буровая вышка генерирует 50 ТБ данных в год, а практическую ценность из них имеет менее 1%.

Одним из актуальных направлений применения алгоритмов машинного обучения является обработка и распознавание изображений. Распознавание изображений находит применение в самых различных приложениях – это может быть контроль доступа, идентификации личности, поиск в картотеке изображений и так далее.

Что касается применения алгоритмов машинного обучения для биометрической идентификации лиц, то данное направление получило новое развитие с начала 2000-х годов, когда появились различные алгоритмы распознавания лиц. Благодаря различным методам цифровой обработки и анализа изображений, таким как метод Виолы-Джонсона [1], [2], гистограммы направленных градиентов [3], [4] и др., появилась возможность быстро получать уникальные характеристики по каждому человеку. Однако ни один из существующих методов идентификации лиц не

является универсальным, в связи с чем поиск решений, основанных на новых методах анализа, является актуальной задачей.

Как было сказано, благодаря разнообразию методов анализа можно извлекать достаточное количество уникальных характеристик лица для каждого человека, а потому становится актуальной задача оптимизации интерпретации полученных данных. Для этой цели прекрасно подходит машинное обучение.

Основная идея машинного обучения состоит в ускорении процесс обработки данных и выявления закономерностей, которые будут полезны в идентификации, и на основании этой информации идентифицируется лицо на изображении.

Использование алгоритмов машинного обучения для биометрической идентификации лиц можно разбить на несколько взаимосвязанных задач:

- Анализ изображения и поиск на нем лица.
- Распознавание лица, при этом изображение может быть неполным, плохое освещение, человек повернул голову, поменял прическу и так далее.
- Идентификация уникальных черт лица, которые отличают одного человека от другого, например, размер глаз, форма лица и так далее.
- Классификация и сравнение – выявленные уникальные особенности лиц со всеми людьми, которых система уже знает, чтобы понять кто изображен на фото.

Объектами анализа являются фотографии лиц, полученные из открытых источников, их уникальные признаки – набор характеристик, а выход – имя и фотографии человека, которые уже были ранее идентифицированы в базе данных. Обучение проходит на достаточном объеме прецедентов.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Как было сказано выше, задача биометрической идентификации лиц относится к одной из задач, решаемых при помощи машинного обучения. Для решения этой задачи

лучше всего подходят гибридные системы, включающие как обучение с учителем, так и искусственные нейронные сети.

В данном исследовании использовалась база данных из фотографий, полученная из открытых источников, а результат работы – имя и фотографии человека, который уже был ранее идентифицирован в базе данных. Между персональными признаками человека имеются определенные зависимости, которые необходимо установить. Для этого используются так называемые прецеденты, то есть такие наборы изображения людей которые уже идентифицированы с использованием данного алгоритма. Такие прецеденты называются обучающей выборкой. На основе их разрабатывается алгоритм классификации. В данном исследовании рассматривались и использовались как линейные классификаторы – метод опорных векторов, так и нейронные сети и гистограммы направленных градиентов.

#### **А. Гистограмма направленных градиентов**

Метод гистограммы направленных градиентов (Histogram of Oriented Gradients) анализирует изображение и разбивает его на пиксели, в которых выясняет, насколько темным является текущий пиксель по сравнению с соседними. Затем рисуется стрелка, показывающая, в каком направлении изображение становится темнее. Выполнив эту процедуру для каждого отдельного пикселя изображе-

ния, происходит замена пикселей на стрелки направлений. Эти стрелки называются градиентами, и они описывают направление от светлых пикселей к темным по всему изображению и может быть описано распределением градиентов интенсивности или направления краев. Комбинация градиентов называется дескриптором. С целью увеличения точности обрабатываемое изображение, как правило, делают чёрно-белым, а локальные гистограммы нормализуют по контрасту относительно меры интенсивности, вычисляемой на большем фрагменте изображения (рисунок 1). Нормализация по контрасту позволяет добиться большей инвариантности дескрипторов к освещению [1].

Незначительным недостатком системы является то, что при построении гистограммы по ячейкам постоянного размера необходимо все изображения привести к общему по выборке разрешению.

Заключительный шаг в распознании объектов посредством гистограммы направленных градиентов является классификация полученных дескрипторов при помощи обученного классификатора методом опорных векторов (SVM).

#### **В. Метод опорных векторов**

Метод опорных векторов (Support VectorMachine) относится к группе линейных классификаторов. Цель метода – найти плоскость (в случае с многоклассовой классифи-

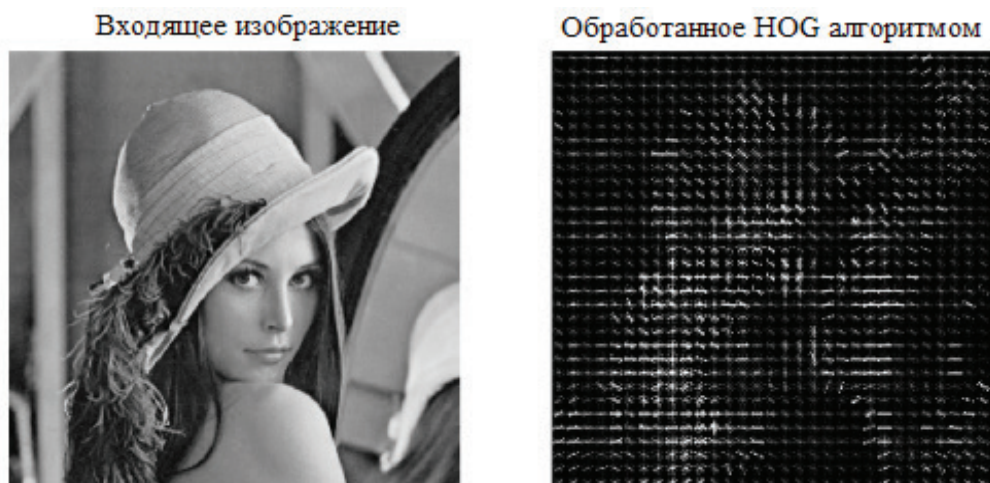


Рис. 1 – Результат обработки изображения HOG алгоритмом

кацией – гиперплоскость), которая разделяет множества объектов. Разделяющей гиперплоскостью будет гиперплоскость, максимизирующая расстояние до двух параллельных гиперплоскостей (рисунок 2). Алгоритм работает в предположении, что чем больше разница или расстояние между этими параллельными гиперплоскостями, тем меньше будет средняя ошибка классификатора.

Метод опорных векторов неустойчив по отношению к шуму в исходных данных и стандартизации данных. Если обучающая выборка содержит шумовые выбросы, этот метод использовать нецелесообразно [2].

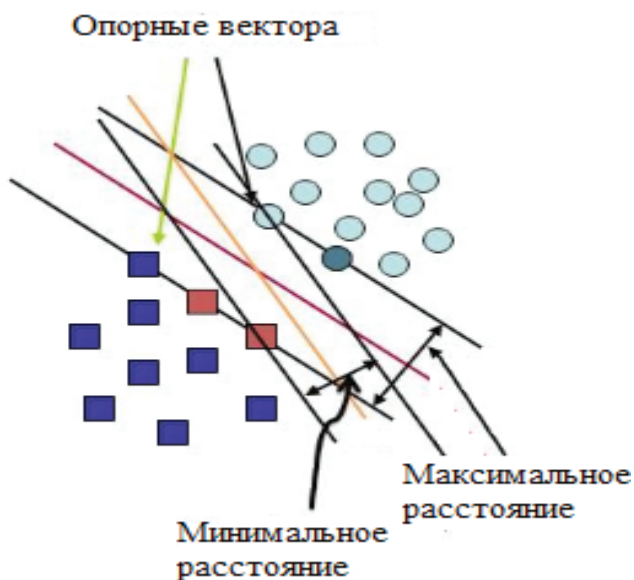


Рис. 2 – Пример разделяющей гиперплоскости

Преимущества метода: это наиболее быстрый метод нахождения решающих функций. Он сводится к решению задачи квадратичного программирования в выпуклой области, которая всегда имеет единственное решение. Метод находит разделяющую полосу максимальной ширины, что позволяет в дальнейшем осуществлять более уверенную классификацию.

В приложении 1 указана программа, которая анализирует изображение с помощью алгоритмов преобразования HOG с последующей SVM классификацией для распознавания

лиц на изображении, вокруг каждого распознанного лица рисуется рамка. Результат работы программы указан в графическом виде (рисунок 3).

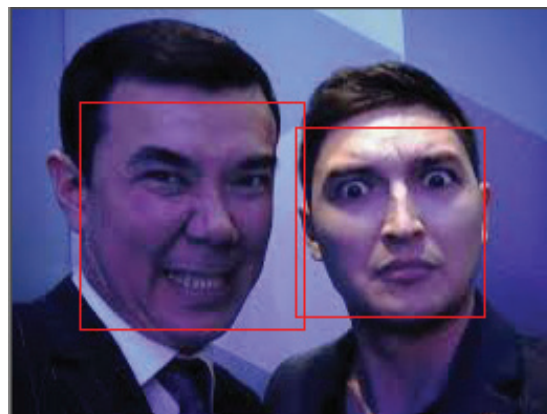


Рис. 3 – Результат применения HOG и SVM анализа

### С. Метод оценки ориентиров лица

Следующая задача после поиска и классификации лица на изображении является задача по поиску лица, когда лицо повернуто или наклонено в разные стороны. Для решения данной задачи используется метод оценки ориентиров лица (face landmark estimation). Данный алгоритм был предложен в 2014 году Вахидом Каземи (Vahid Kazemi) и Жозефиной Салливан (Josephine Sullivan) [5]. Алгоритм предполагает преобразование каждого изображения так, чтобы глаза и губы всегда находились в каком-то конкретном месте. Для этого необходимо отметить 68 особых точек (ориентиров), которые существуют на каждом лице – верхняя часть подбородка, внешняя точка каждого глаза, внутренняя точка каждой брови и так далее (рисунок 4). Затем необходимо разработать алгоритм машинного обучения находить эти 68 особых точек на любом лице [6].

После определения основных уникальных параметров лица таких как глаза, рот, нос, брови возможно масштабирование вращения или сдвига изображения так, чтобы глаза и рот были как можно лучше центрированы.



Рис. 4 – 68 антропометрических точек на каждом лице

Преимущества метода: все преобразования изображения будут использовать только базовые преобразования, такие как поворот и масштабирование, которые сохраняют параллельные линии. Независимо от того, как повернуто лицо, мы можем центрировать глаза и рот примерно в одно и то же положение на изображении. Ниже (рисунок 5 и 6) приведен пример оценки антропометрических точек для фото Нурлана Коянбаева.

**Входящее изображение**



**После оценки антропометрических точек**



Рис. 5 – Анализ 68 антропометрических точек



Рис. 6 – Анализ антропометрических точек в случае поворота головы

### Д. Сверточные нейронные сети

Свёрточная нейронная сеть (Convolutional neural network или CNN) – специальная архитектура нейронных сетей, предложенная в 1989 году и предназначенная для распознавания изображений [7]. Архитектура копирует особенности работы коры головного мозга. Простые клетки реагируют при восприятии прямых линий под различными углами, реакция сложных клеток связана с определенным набором простых клеток. В свёрточных нейронных сетях используется три вида слоёв: свёртки, пулинга (также называемый слоем подвыборки или субдискретизации) и пол-

носвязный слой. Структура сети – однонаправленная, многослойная, для обучения, как правило, используется метод обратного распространения ошибки, функция активации нейронов определяется исследователем. Название данная архитектура получила благодаря использованию операции свертки, которая заключается в поэлементном умножении каждого фрагмента изображения на ядро свёртки и последующей записи результата в соответствующую позицию выходного изображения (рисунок 7).

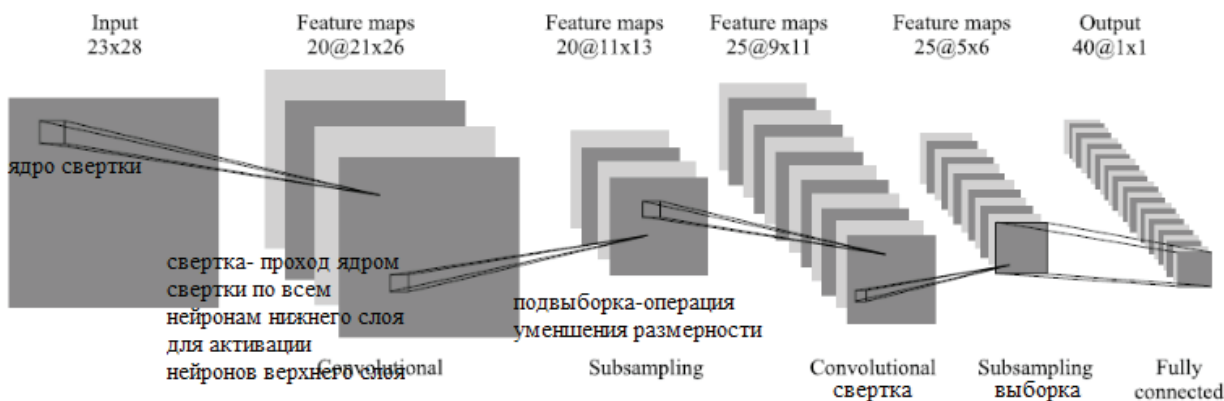


Рис. 7 – Архитектура свёрточной нейронной сети

Оператор свёртки составляет основу свёрточного слоя сети. Слой состоит из набора ядер и вычисляет свёртку выходного изображения из предыдущего слоя с помощью этого набора, на каждой итерации добавляя соответствующее ядру смещение. Результат данной операции – сложение и масштабирование входных пикселей, ядра можно получить из обучающего набора методом градиентного спуска, аналогично вычислению весов в полносвязных сетях, которые также могут выполнять эти операции, но потребуют гораздо большего времени и данных для обучения. Однако, в сравнении с полносвязными сетями, свёрточные используют большее количество гиперпараметров – параметров, задаваемых до начала обучения, таких как глубина (количество ядер и коэффициентов смещения в слое), высота и ширина каждого ядра, шаг (смещение ядра на каждом шаге при вычис-

лении следующего пикселя). Слой пулинга получает на выход отдельные фрагменты изображения (как правило 2x2) и объединяет их в одно значение. Существуют различные способы агрегации, обычно выбирается наибольшее значение из полученного фрагмента [8].

Использование нейронной сети для биометрической идентификации подразумевает анализ обучения сети на 128 измерений (дескрипторов) одновременно для трех лиц:

1. Обучающее изображение лица.
2. Другая фотография того человека.
3. Изображение совершенно другого человека.

Затем алгоритм просматривает измерения, которые он делает для каждого из этих трех изображений. Затем он немного настраивает нейронную сеть, чтобы удостовериться, что измерения, созданные для изображений 1 и 2, будут более похожи, а измерения для изо-

бражения 2 и 3 – менее похожи. Повторив этот этап для статистически большого количества изображений тысяч разных людей, нейронная сеть научится создавать 128 измерений для каждого человека. Полученные 128 измерений каждого лица называют картой или дескриптором. Полученная в результате работы алгоритма карта сравнивается с картами (дескрипторами) других людей в базе, карты изображений одних и тех же людей должны совпадать с высокой вероятностью.

Недостатком использования сверточных нейронных сетей является их требовательность к вычислительно-аппаратной части. До недавнего времени обучение большой нейронной сети было слишком медленным, и только недавно с появлением видеокарт с 3D-графикой, появилась техническая возможность, эффективно применять нейронные сети в целях анализа изображений [9-11].

В приложении 2 указана программа, которая получает дескрипторы лица по двум изображениям, с последующим их сравнением, а также указаны результаты сравнений различных изображений на примере фотографии Нурлана Коянбаева, сделанных в разных позах, разном возрасте и различных размеров. Для анализа используется показатель степени похожести от 0.0 (анализируются одинаковые изображения) до 0.6 означает, что это одно и тот же лицо, при этом, чем больше значение, тем менее похожи лица (рисунок 8).



Рис. 8 – Анализ дескрипторов лиц с указанием степени похожести

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ алгоритмов поиска и идентификации лиц на изображения показал, что для решения данной задачи эффективно использовать искусственные нейронные сети, в связи с тем, что они обеспечивают возможность получения классификатора (карты) лица с высокой степенью точности, хорошо моделирующего сложную функцию определения изображений лиц. Экспериментальное исследование биометрической идентификации лиц, созданной на основе предложенной свёрточной нейронной сети на 128 измерений лица показало, что разработанная программная система обладает инвариантностью к поворотам изображения лица, способна работать в большом диапазоне изменения освещения от 50 до 100% от уровня освещения на изображении, а также обладает инвариантностью к изменению масштаба и прочим искажениям [12-13].

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По результатам проведенного анализа эффективности и скорости методик и алгоритмов биометрической идентификации лиц можно сделать следующие выводы:

Использование гибридного подхода для проведения биометрической идентификации лиц позволяет создать на ее базе программную систему для быстрого поиска и последующее распознавание лиц на различных изображениях, где присутствуют различные фоны, стили и разное количество людей с последующей биометрической идентификацией, данные методики больше подходят для анализа потокового видео.

Алгоритмы, использующие свёрточные нейронные сети, имеют лучшие классифицирующие способности при решении задач биометрической идентификации, но требуют значительно большей вычислительной мощности от аппаратной части и больше подходят для задач, требующих большей точности. Пример – паспортный контроль, где анализируется несколько портретных изображений, одно с камеры наблюдения, второе из документа, а также оба изображения идентифицируются и сравниваются с базой данных, на которой заранее была проведена разметка.

## ВЫВОДЫ

В ходе выполнения исследовательской работы были выполнены следующие задачи: исследованы и проанализированы как гибридные методики по проведению биометрической идентификации лиц на изображениях, так и использование методик сверточных нейронных сетей для проведения биометрической идентификации лиц. Перспективной областью применения алгоритмов являются комплексы видеонаблюдения и контроля доступа для предотвращения несанкционированного доступа.

Приложение 1. Анализ изображение HOG и SVM методами

```
from skimage import io
file_name = "images1.jpg"
# HOG анализ изображения и поиск лица
face_detector = dlib.get_frontal_face_detector()
win = dlib.image_window()
image = io.imread(file_name)
detected_faces = face_detector(image, 1)
print("Найдено лицо на изображении").
format(len(detected_faces), file_name))
win.set_image(image)
for i, face_rect in enumerate(detected_faces):
    print("- Face #{} found at Left: {} Top: {}
Right: {} Bottom: {}".format(i, face_rect.left(),
face_rect.top(),
face_rect.right(), face_rect.bottom()))
win.add_overlay(face_rect)
dlib.hit_enter_to_continue()
```

Результат анализа изображения



Найдено лицо на изображении

```
- Face #0 found at Left: 32 Top: 44 Right:
139 Bottom: 152
- Face #1 found at Left: 135 Top: 56 Right:
225 Bottom: 146
```

Приложение 2. Анализ изображение HOG и SVM методами

```
import dlib
from skimage import io
from scipy.spatial import distance
sp = dlib.shape_predictor('shape_
predictor_68_face_landmarks.dat')
facerec = dlib.face_recognition_model_
v1('dlib_face_recognition_resnet_model_
v1.dat')
detector = dlib.get_frontal_face_detector()
#Загрузка и анализ первого
изображения
img = io.imread('images2.jpg')
win1 = dlib.image_window()
win1.clear_overlay()
win1.set_image(img)
dets = detector(img, 1)
for k, d in enumerate(dets):
    print("Detection {}: Left: {} Top: {} Right:
{} Bottom: {}".format(
k, d.left(), d.top(), d.right(), d.bottom()))
shape = sp(img, d)
win1.clear_overlay()
win1.add_overlay(d)
win1.add_overlay(shape)
Detection 0: Left: 278 Top: 30 Right: 353
Bottom: 105
face_descriptor1 = facerec.compute_face_
descriptor(img, shape)
#Загрузка и анализ второго
изображения
img = io.imread('images5.jpg')
win2 = dlib.image_window()
win2.clear_overlay()
win2.set_image(img)
dets_webcam = detector(img, 1)
for k, d in enumerate(dets_webcam):
    print("Detection {}: Left: {} Top: {} Right:
{} Bottom: {}".format(
k, d.left(), d.top(), d.right(), d.bottom()))
shape = sp(img, d)
```

```
win2.clear_overlay()
win2.add_overlay(d)
win2.add_overlay(shape)
Detection 0: Left: 270 Top: 98 Right: 425
Bottom: 253
```

*# Сравнение дескрипторов, полученных из двух изображений*

```
face_descriptor2 = facerec.compute_face_descriptor(img, shape)
a = distance.euclidean(face_descriptor1, face_descriptor2)
print(a)
0.4177814853297572
```

Результат анализа изображений:

Первое изображение, с которым будут сравниваться остальные



Второе изображение



Показатель степени похожести  
0.4177814853297572

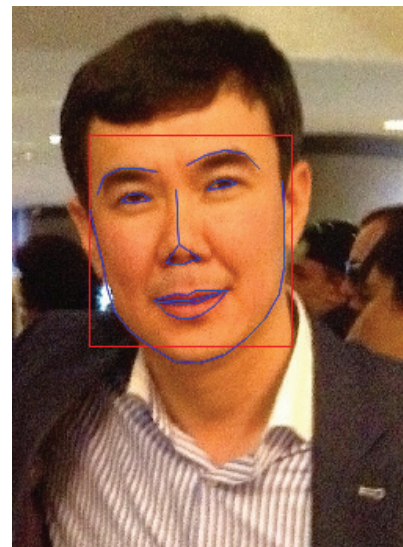
Результаты анализа других изображений:



Показатель степени похожести  
0.3528131365396442



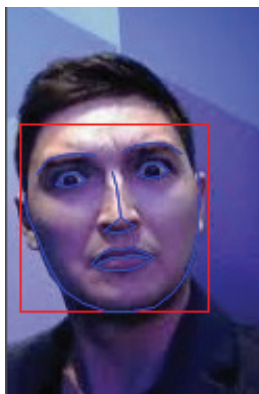
Показатель степени похожести  
0.37658814616551456



Показатель степени похожести  
0.25094970508809716



Показатель степени похожести  
0.37845888198332295



Показатель степени похожести 0.8365203666971949

Работа выполнена за счет средств грантового финансирования научных исследований на 2018-2020 годы по проекту AP05131027 «Разработка биометрических методов и средств защиты информации».

В работе использованы изображения лиц, размещенные в открытом доступе Интернет (сеть). Авторы использовали их только для целей анализа дескрипторов лиц с указанием степени похожести.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Dalal, Navneet, and Bill Triggs. "Histograms of oriented gradients for human detection." *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2005.
2. P. Viola and M.J. Jones, «Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features», proceedings IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2001), 2001.
3. P. Viola and M.J. Jones, «Robust real-time face detection», *International Journal of Computer Vision*, vol. 57, no. 2, 2004., pp.137–154.
4. T. Hastie, R. Tibshirani, and J. H. Friedman, *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction*, Second. New York, NY, USA: Springer, 2009. ISBN: 978-0387848570.
5. Vahid Kazemi, and Josephine Sullivan, "One millisecond face alignment with an ensemble of regression trees" *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2014.
6. Florian Schroff, Dmitry Kalenichenko, James Philbin, "FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering" *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2015.
7. Y. LeCun, B. Boser, J. Denker et al., "Handwritten Digit Recognition with a Back-Propagation Network" *Neural Information Processing Systems Conference*. — 1990. — No.2.—P.396–404.
8. Долгов В.А. Обзор методов распознавания изображений // *Современные тенденции технических наук: материалы VI Международной научной конференции*. (г. Казань, май 2018 г.). – Казань: Молодой ученый, 2018. – С. 7-9.
9. Vincent Dumoulin and Francesco Visin. "A guide to convolution arithmetic for deep learning." *arXiv preprint arXiv: 1603.07285* (2016).
10. LeCun, Y. *Convolutional networks for images, speech, and timeseries* / Y. LeCun, Y. Bengio // *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks*. 1995. P. 255-258.
11. Joseph Howse, Joe Minichino *Learning OpenCV 3 Computer Vision with Python - Second Edition*, Packt Publishing, September 2015, Packt Publishing, ISBN: 9781785289774
12. Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun "Deep Residual Learning for Image Recognition" *2016 IEEE Conference On Computer Vision And Pattern Recognition (CVPR) 2016*.
13. Matusugu, Masakazu; Katsuhiko Mori; Yusuke Mitari; Yuji Kaneda. "Subject independent facial expression recognition with robust face detection using a convolutional neural network" *2003 Neural Networks* 16 pages 555–559.

# ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО- ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

---

УДК 338.517  
МРНТИ 06.01.05

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МИРОВОЙ И КАЗАХСТАНСКОЙ ЦЕНЫ НА НЕФТЬ: ПОЛИНОМИАЛЬНАЯ ТРЕНДОВАЯ МОДЕЛЬ

Л.Т. БАЯДИЛОВА, А.У. АМИРОВА

*Алматы менеджмент университет*

**Аннотация:** В данной статье проведены исследования по прогнозированию мировых и казахстанских цен на нефть. Используются статистические данные с международных фондовых бирж FOREX, NASDAQ, NYSE и отчетные данные АО РД КМГ. На основе глубокого анализа авторы сделали попытку спрогнозировать фьючерсные цены на казахстанскую нефть, применив различные инструменты. Прогнозирование цен на нефть осуществлялось посредством анализа предшествующих периодов с определением линий тренда и тенденции динамики цен на несколько периодов вперед. Авторами была использована полиномиальная трендовая модель со степенью 5, именно при этой модели величина достоверности аппроксимации максимально приближена к единице. Данная модель подтверждает зависимость между периодом и значением цены, имеет полиномиальный характер и из всех видов трендовых линий убедительно описывает исходные данные.

Основной целью данного исследования является определение глобальных трендов потенциального развития мирового рынка нефти в условиях турбулентности на основе анализа, оценки и перспектив экономического роста казахстанской экономики в ближайшие пять лет. Исследование проведено с целью определения перспектив развития национальной экономики, уровень которой непосредственно зависит от геополитических факторов, установления мировой цены, волатильность казахстанской цены на нефть, макроэкономические и внешнеполитические факторы, происходящие и определяющие мировую добычу, спрос, потребление и, в результате, ценовая политика ОПЕК, вызывающая в последнее время турбулентное движение.

**Ключевые слова:** прогнозирование цены на нефть, трендовые модели, полиномиальная модель, казахстанские сорта нефти, волатильность цен на эталонные сорта нефти

## PREDICTION OF THE WORLD AND KAZAKHSTAN OIL PRICES: POLYNOMIAL TREND MODEL

**Annotation:** In this article, studies conducted on forecasting world and Kazakhstan oil prices. The statistical data from the international stock exchanges FOREX, NASDAQ and the reporting data of KMG used. Based on deep analysis authors attempted to predict futures prices for Kazakh oil using various tools. The prediction of oil prices carried out through the analysis of previous periods with the definition of trend lines and trends in prices for several periods in advance. The authors used a polynomial trend model it is precisely with this model that the approximation confidence value is as close to one as possible. This model confirms the relationship between the period and the value of the price, has a polynomial character, and from all types of trend lines it convincingly describes the original data. The main objective of this study is to identify global trends in the potential development of the global oil market in turbulent conditions based on analysis, assessment and prospects for the economic growth of the Kazakh economy in the next five years.

The main objective of this study is to identify global trends in the potential development of the global oil market

*in turbulent conditions based on analysis, assessment and prospects for the economic growth of the Kazakh economy in the next five years. The study was conducted to determine the prospects for the development of the national economy, the level of which directly depends on geopolitical factors, the establishment of the world price, the volatility of the Kazakhstan oil price, macroeconomic and foreign policy factors that occur and determine world production, demand, consumption and as a result, the OPEC pricing policy, which has recently caused turbulent movement.*

**Keywords:** *oil price forecasting, trend models, polynomial model, Kazakhstan oil grades, price volatility for reference oil grades*

## ӘЛЕМДІК ЖӘНЕ ҚАЗАҚСТАНДЫҚ МҰНАЙ БАҒАСЫН БОЛЖАМДАУ: ПОЛИНОМИАЛДЫҚ ТРЕНД МОДЕЛІ

**Аңдатпа:** Бұл мақалада әлемдік және отандық мұнай бағаларына болжамдық зерттеулер жүргізілді. FOREX, NASDAQ, NYSE халықаралық қор биржасының статистикалық мәліметтеріне және ҚМГ АҚ-ның есептік мәліметтеріне сүйендік. Терең талдау барысында, авторлар отандық мұнайдың фьючерстік бағасын әртүрлі тәсілдермен болжауға тырысты. Мұнай бағасының болжамдылығы, алдағы кезең талдауы бойынша, кейінгі кезең есебіне сызықтық тренд және динамикалық баға қатарының анықтамалығы арқылы жүзеге асырылды. Авторлармен 5-ші деңгейлі полидинамикалық тренд моделі қолданылды, дәл осы модель максималды бірлікке жақындайтын сенімділікті растайды. Бұл модель кезең және құнның арасындағы байланысты сәйкестендіреді, полидинамикалық сипатқа ие барлық сызықтық трендтің түрлеріне қарағанда, бастанқы мәліметтерді сенімді түрде айқындайды.

Зерттеу жұмыстың басты мақсаты алдағы бес жылда отандық экономиканың қарқынды дамуын талдау және баға беруге негізделген, сонымен қатар әлемдік мұнай нарығы жаһандық үдерістің турбуленттік жағдайын анықтау болып табылады.

**Түйінді сөздер:** мұнай бағасын болжау, тренд үлгісі, полиномиалдық модельдер, қазақстандық мұнай бағасы, эталондық мұнай бағасының құбылмалылығы

**Основная часть.** Сегодня на международном фондовом рынке ежедневно происходят торговые сделки с продажей и покупкой нефти. Нефтепотребляемые страны зависят и отслеживают динамику мировых цен на нефть, что в разной степени будет отражаться на экономике этих стран. Если анализировать цены, то можно отметить, что линейная цена на казахстанскую нефть за последние семь лет имела нисходящий тренд и по сути повторяет динамику мировой цены (рис. 1). Цены на казахстанские сорта нефти, как правило, ниже мировых, так как качество и плотность нефтей Западного Казахстана уступают эталонным сортам. На рисунке 1 показана сравнительная динамика мировой и казахстанской цены на нефть. Если анализировать несколько ранних периоды, то имело место быть, как положительная, так и отрицательная динамика цен на мировую и казахстанскую нефть. В

начале 2011 г. средняя цена увеличилась на 38% по сравнению с 2010 г. Рост и падение цен на мировом рынке напрямую зависят от геополитических вопросов [1,2].

В таблице 1 предлагается информация по ценам на нефть Brent на первое число года. Можно отметить циклический характер тренда, где самая низкая цена была зафиксирована в 2016 году, что повлекло за собой экономические потрясения в ожидании его дальнейшего падения. Многие страны, в том числе и Республика Казахстан, стали прогнозировать свой бюджет в расчете на самую низкую точку падения цены. При этом опасения испытывали как добывающие, так и потребляющие страны, так как крушение цены кардинально будет влиять на развитие национальных экономик стран.

После роста в 2011 году цены на нефть начали свое снижение в марте 2012 года, когда

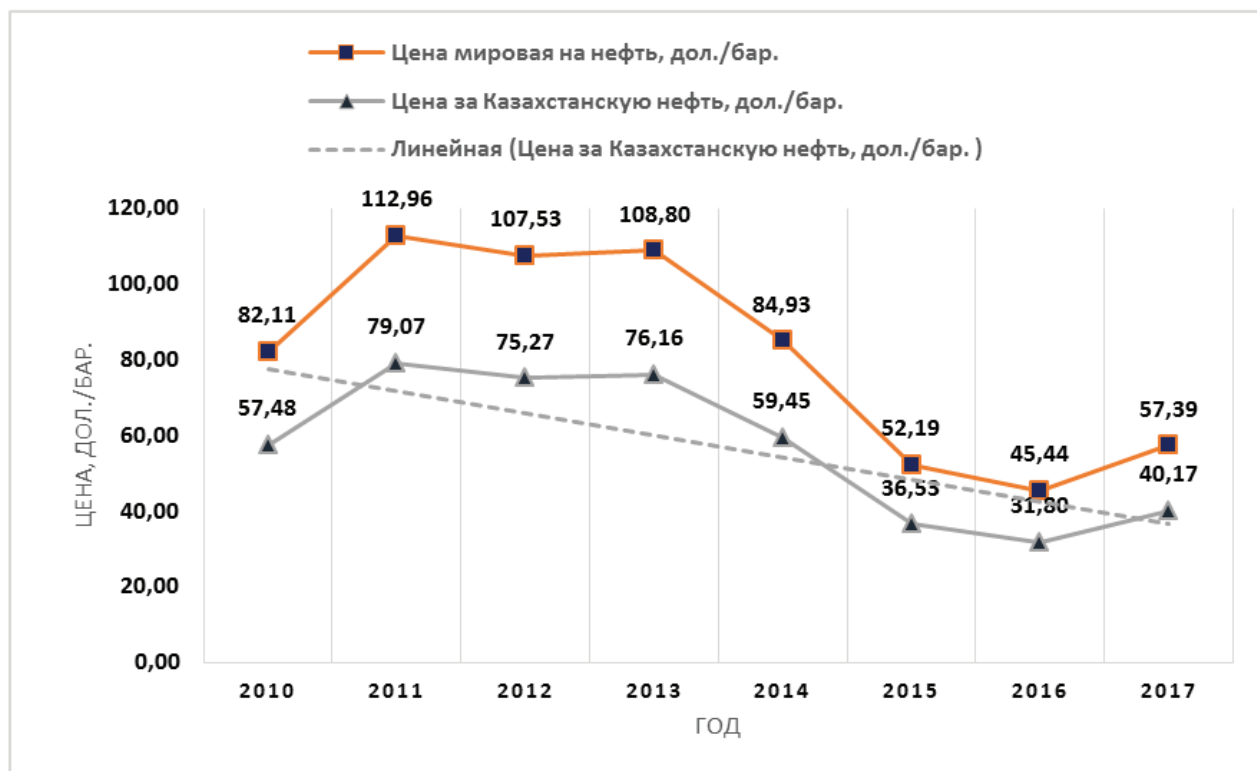


Рис. 1 – Динамика цен на нефть в период с 2010 по 2017 гг. (разработано авторами на основе источника [1])

снизились на 5% или на 5 долларов за баррель по сравнению с 2011 годом и остановились на этом уровне с небольшим увеличением на год. В 2014 году средняя цена на нефть потерпела резкое снижение на 28% относительно цен в 2013 году. За 9 лет наибольшая разница между максимальной и минимальной ценой была отмечена в 2014 году, которая составила 55,15 долларов за баррель, при этом предыдущий 2013 год являлся самым стабильным, так как его разница между минимальной и максимальной ценой составила 13 долларов за баррель. В 2015 году продолжилось падение цен на нефть еще на 39%. В этом году минимальная цена на нефть 37,6 дол/барр. наблюдалась в декабре месяце и упала еще почти на 3 доллара до февраля 2016 года, после чего пошел рост цен вплоть до сегодняшнего дня. Основная причина падения цены на нефть в период с 2014 по 2015 год это переизбыток

предложения над спросом на рынке. В эти годы в развитых странах наметилась тенденция к снижению потребления энергии: США достаточно запаслись, даже экспортировали часть собственных энергоресурсов. В Европе и Японии тоже был отмечен спад спроса на энергию. Кроме того, Япония возобновила атомную промышленность и снизила объемы импорта энергоресурсов. Также, стабилизировались энергетические потребности таких развивающихся стран, как Китай и Индия. При этом страны ОПЕК не снижают объемы добычи. Саудовская Аравия, будучи главной нефтедобывающей страной в Персидском заливе, за счет низких цен на нефть наносит удар по добыче сланцевой нефти и сланцевого газа, так как понимали, что цена за баррель будет оставаться ниже 75 долларов, сланцевая промышленность не будет прибыльной [3].

Дата Фьючерс на нефть Brent	01.01.2015	01.01.2016	01.01.2017	01.01.2018	01.01.2019
Цена, дол/барр.	52.99	34.74	55.70	69.05	62.06
Разработано авторами на основе источника [9]					

Используя коэффициент Фибоначчи можно продемонстрировать линию тренда на цену нефти в предстоящий период и, как правило, такой прогноз оказывается наиболее реалистичным. Как показано в расчетах таблицы 1, импульсов на мировую цену отмечено 5 – в 2011, 2013, 2017, 2018 и 2019 годах. Все остальные годы цена подвергалась коррекции и имела коррекцию на снижение. Такую же «волну» повторила цена казахстанской нефти. Эти импульсы объясняются геополитическими и макроэкономическими факторами, которые отмечались в те годы.

По результатам таблицы 2 можно наблюдать равномерные объемы производства, невзирая на резонансные цены. Казахстан имеет достаточно большой ресурсный потенциал, поэтому несмотря на ценовую политику ОПЕК, нефти добывается, экспортируется

и насыщается на внутреннем рынке столько, сколько требуется это в интересах государства.

Таким образом, спрогнозировать цену мировую или казахстанскую, можно с помощью различных инструментов:

- модели Блэка Шоуэлза;
- методом Древа решений;
- методом Монте Карло;
- фундаментальный, экономический или технический анализ с применением коэффициента Фибоначчи;

- волновые графики по результатам игр Быков и Медведей.

В данном исследовании мы хотели бы использовать экономико-математическую модель под названием полином. Учитывая его математичность и точность переменных, прогнозные цены определены следующими расчетами:

**Таблица 1 – Цены на нефть за период 2010-2018 гг. и прогноз цен на 2019-2020 гг.**

Экономический показатель	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Цена мировая на нефть, дол./бар.	82,11	112,96	107,53	108,80	84,93	52,19	45,44	57,39	73,69	87,46	45,14
Цена за казахстанскую нефть, дол./бар. 57,48 79,07 75,27 76,16 59,45						36,53	31,80	40,17	51,58	61,23	31,60
Цена казахстанская, дол./тонн.	433,38	596,18	567,54	574,22	448,23	275,46	239,81	302,90	388,94	463,69	211,07
Примечание: Разработано авторами на основе источников [3]											

**Таблица 2 – Динамика производства и экспорта нефти в РК с 2010-2017 годы**

Наименование показателя	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Объем производства казахстанской нефти, млн. тонн	65,94	62,90	61,83	64,41	63,54	62,78	61,44	70,03
Объем внутреннего потребления казахстанской нефти, млн. тонн	5,87	5,90	6,91	6,22	13,11	14,01	12,65	12,93
Объем экспорта казахстанской нефти, млн. тонн	60,07	57,00	54,92	58,19	50,43	48,77	48,79	57,10
Изменения экспорта казахстанской нефти, %	-	-5,11%	-3,65%	5,95%	-13,34%	-3,29%	0,04%	17,03%
Изменения производства казахстанской нефти, %	-	-4,61%	-1,70%	4,17%	-1,35%	-1,20%	-2,13%	13,98%
Примечание: Разработано авторами на основе источников [4]								

Уравнение полиномиальной трендовой модели на прогнозирование мировой цены:

$$y = -0,0000002381x^5 + 0,0000671297x^4 - 0,00603777958x^3 + 0,1681900155x^2 + 0,1929091372x + 75,8875064235$$

Величина аппроксимации:  $R^2 = 0,8713550460$

Уравнение полиномиальной трендовой модели на прогнозирование цены на казахстанскую нефть:  $y = -0,0000012566x^5 + 0,0003543107x^4 - 0,0318674865x^3 + 0,8877069019x^2 + 1,0181744261x + 400,5342589032$ . Величина аппроксимации:  $R^2 = 0,8713550459$

Расчеты, представленные в таблице 3 подтверждают абсолютную и относительную волатильность цены мировой (таблица 3) и казахстанской (таблица 4).

Проанализировав результаты расчетов полиномиальной модели, можно отметить, что прогнозирование цен на нефть осуществлялось посредством анализа предшествующих периодов и использования линий тренда, т.е. для прогнозирования выявлялась существующая тенденция динамики цен и продление ее на несколько периодов вперед. Был выбран этот способ, так как экономические явления инерционны, т.е. текущие тенденции сохраняются в будущем.

Для прогнозирования цен на нефть была использована полиномиальная трендовая мо-

дель со степенью 5, так как при этой модели величина достоверности аппроксимации была максимальна приближена к единице, составила 0,87, т.е. построенная трендовая линия на 87% адекватна исходным данным. Данная модель говорит о том, что зависимость между периодом и значением цены имеет полиномиальный характер и из всех видов трендовых линий хорошо описывает исходные данные.

После построения уравнения и линий тренда на 9 лет и 10 месяцев, т.е. 106 периодов, линия тренда была рассмотрена на следующие 20 периодов и приняла параболический характер. Т.е. согласно прогнозу, с ноября 2018 года цена на нефть будет увеличиваться до августа 2019 года, где достигнет отметки 91 дол/баррель. Общее увеличение составит около 20%. Однако, в августе 2019 г. начнется тенденция к снижению, которая продлится до конца рассматриваемого периода, и возможно будет превысить минимальную цену 2015 г., которая составит более 64% [7].

Цена на казахстанскую нефть не сильно отличается от прогнозов на цену мировой нефти, по расчету она достигнет максимальной точки в июне 2019 г., которая составит 487 дол/тонну, после чего начнется спад более чем на 63%. Неудивительно, что падение мировых цен на нефть будет вызвано политическими процессами и антироссийскими

**Таблица 3 – Анализ уровня мировой цены на нефть и прогнозные значения цены**

Средняя арифметическая цена	Средняя цена	Разница м/у макс и мин	Изменение цен, дол.	Изменения в ценах, %
80,32	82,11	21,52	-	-
112,41	112,96	23,89	30,85	38%
110,70	107,53	30,94	-5,43	-5%
108,69	108,80	13,95	1,26	1%
97,64	84,93	55,15	-23,87	-22%
53,41	52,19	29,18	-32,74	-39%
46,10	45,44	21,41	-6,76	-13%
55,55	57,39	18,96	11,96	26%
76,47	73,69	18,08	16,30	28%
89,45	87,46	8,96	13,77	19%
43,24	45,14	68,76	-42,32	-48%

Примечание: Разработано авторами на основе источников [5,6]

Таблица 4 – Анализ уровня цены на казахстанскую нефть и прогнозные значения цены

Средняя арифметическая цена	Средняя цена	Разница между макс и мин	Изменение цен, дол.	Изменения в ценах, %
423,93	433,38	113,58	-	-
593,29	596,18	126,09	162,80	38%
584,25	567,54	163,30	-28,63	-5%
573,68	574,22	73,63	6,68	1%
515,35	448,23	291,08	-125,99	-22%
281,88	275,46	154,01	-172,78	-39%
243,33	239,81	113,00	-35,65	-13%
293,18	302,90	100,07	63,10	26%
403,84	388,94	95,43	86,03	28%
473,94	463,69	46,75	74,76	19%
252,72	211,07	422,13	-252,63	-54%

Примечание: Разработано авторами на основе источников [5,6]

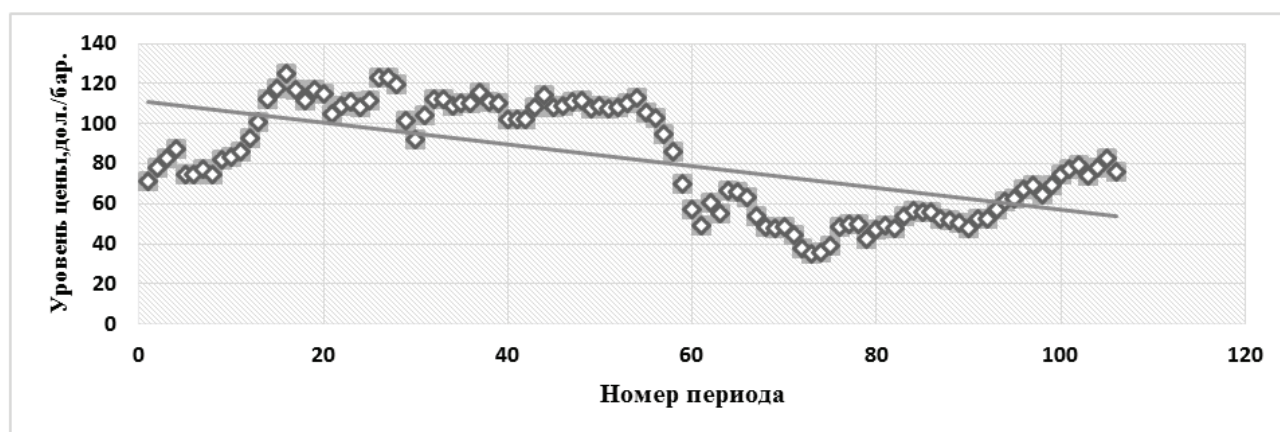


Рис. 2 – Цены на нефть за период с января 2010 по октябрь 2018 года (разработано авторами на основе источника [разработано авторами на основе источника [6])

санкциями США. Практика показывает, что понижение цены на нефть влечет за собой активное укрепление доллара и как следствие ослабление всех остальных валют. Это означает, что экономический кризис, предсказываемый главами государств в 2020-2021 годах, возможно станет реальностью.

Таким образом, прогнозирование цены на нефть не зависит полностью от технического анализа, который основан на рассмотрении прошлых периодов и выявлении тенденции, но также зависит от общей мировой ситуации, как в политической, так и экономической сфере многих стран. Поэтому, из-за событий, которые невозможно предвидеть, прогноз цен на нефть может сильно варьироваться.

Сегодня нефть и смягчение рисков окажет некоторую поддержку национальной экономике, поэтому для Казахстана, как и всех сырьевых держав это, по сути, игра в качели. Если поднимается цена, то курс доллара США пойдет вниз и наоборот. Для национальной экономики падение мировых цен на нефть означает обесценивание тенге через укрепление доллара.

В таблице 5 были приведены данные по мировой добыче и добыче нефти на территории РК. При этом с учетом контингента населения планеты и жителей РК объем добычи стратегического сырья на душу населения показывает значительную разницу. Казахстан – богатая природными ресурсами страна, и, если бы часть денежных поступлений от реа-

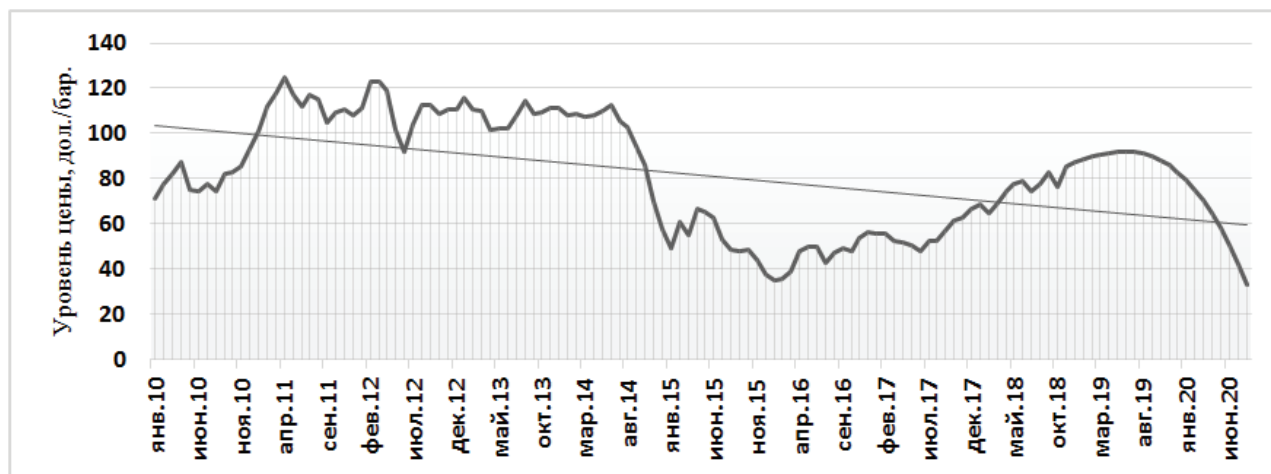


Рис. 3 – Прогнозируемая цена на нефть на 2019-2020 годы (разработано авторами на основе источника [7])

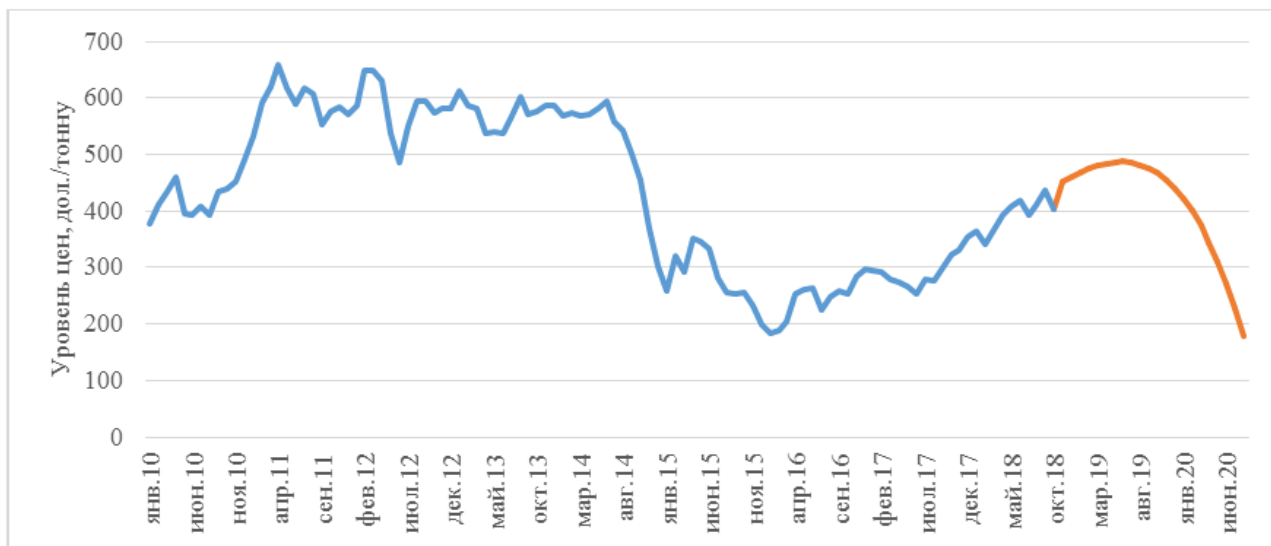


Рис. 4 – Прогнозируемая цена на казахстанскую нефть на 2019-2020 годы (разработано авторами на основе источника [8, 9])

Таблица 5 – Доля нефти на душу населения в мире и в РК

Наименование показателя	2010	2015	2018	2020
	Факт	Факт	Факт	Прогноз
Мировая добыча нефти, млн. тонн	3977000000	4359000000	4836000000	5260000000
Страновая добыча [РК], млн. тонн/год	65940000	62780000	67950000	69580000
Удельный вес добычи в РК от общего объема, %	1,66	1,44	1,405	1,32
Население планеты, чел.	6929725043	7349472099	7597175534	7758156792
Население страны [РК], чел.	16310624	17625226	18256484	18616174
Удельный вес населения РК от общего числа жителей планеты, %	0,235	0,239	0,24	0,24
Объемы нефти на душу населения на планете, т/чел	0,574	0,593	0,637	0,678
Объемы нефти на душу населения в РК, т/чел	4,043	3,562	3,722	3,738

Примечание: разработано авторами на основе источника [9,10]

лизации только нефти каждый житель страны получал в виде дивидендов, то страна поднялась бы на несколько ступеней выше в индикаторе Социального капитала Глобального индекса конкурентоспособности, основанного на доверии в демократическом обществе.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. inform.kz <https://www.inform.kz/ru/kazakhstan>
2. <https://kase.kz/files>
3. [www.rfcaratings.kz](http://www.rfcaratings.kz)
4. [www.statgov.kz](http://www.statgov.kz)
5. <https://regnum.ru/news>
6. <https://tengrinews.kz/kazakhstan>
7. <https://ria.ru/economy>
8. <https://inosmi.ru/world>
9. BP Statistical Review of World Energy 2017
10. <https://www.populationpyramid.net/ru>

УДК 378.1+378.6  
МРНТИ 14. 85

## KEY ISSUES OF ONLINE LEARNING

N. ZHEHEMBIYEVA

*Kazakh-British Technical University*

**Abstract:** Nowadays there is a great demand in using new technology in education, because it is the need of the day. The technological advancements help people to make success in their sphere of activities. To support teachers and students, it is important to have an understanding of the manner in which a significant majority of online learning is delivered for today. This article offers tips, strategies, and resources to teacher moving to online learning environment.

**Keywords:** flexibility of time and place, coping with increased student numbers, sharing and re-use of resources, collaborative work, student-centred learning

## КЛЮЧЕВЫЕ ВОПРОСЫ ОНЛАЙН-ОБУЧЕНИЯ

**Аннотация:** В настоящее время существует большой спрос на использование новых технологий в образовании, потому что это необходимость дня. Технологические достижения помогают людям добиться успеха в своей сфере деятельности. Чтобы поддержать преподавателей и студентов, важно иметь представление о том, каким образом значительная часть онлайн-обучения осуществляется на сегодняшний день. Эта статья предлагает советы, стратегии и ресурсы для учителя, переходящего в онлайн-среду обучения.

**Ключевые слова:** гибкость времени и места, справиться с увеличением числа студентов, совместное и повторное использование ресурсов, совместная работа, студенто-ориентированное обучение

## ОНЛАЙН ОҚЫТУДЫҢ НЕГІЗГІ МӘСЕЛЕЛЕРІ

**Аңдатпа:** Қазіргі уақытта білім беруде жаңа технологияларды қолдануға үлкен сұраныс пен қызығушылық, ол бүгінгі күннің қажеттілігінен туындап отыр. Технологиялық жетістіктер адамдарға өз салаларында табысқа жетуге көмектеседі. Оқытушылар мен студенттерге қолдау көрсету үшін онлайн оқытудың тәсілдерін түсініп, игерудің маңызы зор. Бұл мақалада онлайн оқу ортасына көшуге орай арнайы кеңестер, стратегиялар және ресурстар ұсынылады.

**Түйінді сөздер:** уақыт пен орынның икемділігі, студенттер санының өсуімен күресу, ресурстарды бөлісу және қайта пайдалану, бірлескен жұмыс, студенттерге бағытталған оқыту

### Key Issues of Online Learning

The Institute of Education, University of London, conducted the Online Education and Training (OET) course over a period of ten weeks from 30 January to 6 February 2004. The British Council in Almaty gave an opportunity for me to participate in the OET course.

During the Online Training Course 150 teachers from different countries covered the following topics:

- Overview: the internet in education
- Technology for use in education.
- Learning and teaching: overview of contemporary approaches
  - The Pedagogic Media Part 1: General (Linking teaching and learning approaches to technology)

- The Pedagogic Media Part 2: Communication followed by brief lecture on Course Design

- Course Design: Outcomes and objectives
- Evaluation of educational web platforms

Last three weeks the option topic was discussed.

During the first 7 weeks the participants work was to follow this pattern:

Take in the lecture, either by video, audio or text.

- Read the paper(s) listed on the Task Sheet.

- Answer the individual task
- Comment on 1 other task by another student

One person each week summarised the key points of the discussion, sending it to the group either as a short text, or as a list of points. End of Week Summary was the key point of the discussion.

The aim of the individual task was self-evaluation of our understanding, our personal opinions, feelings and our comments on materials and tasks during the programme. The first week was very difficult for me, as it was my first Internet course. I did my best to understand the whole FC programme. I spent much time using Internet. I found out a lot of interesting and relevant reading materials on e-learning and teaching. From the first week the OET course gave me another motivation of wider using Internet in teaching and learning English language in my teaching process. I found a lot of handouts, course packets, interactive activities, different types of tests, interesting web sites, useful teaching and learning materials. I would like to adapt them into my own teaching situation. For commentary on my own learning process and its relevance I used guided reflection OET form and original statements without changing.

All information from these weeks are very important for me as we can easily see improvement of understanding online learning from one week to another. During these weeks I noted that the rapid development of new communication and information technology make online education possible in many

developed countries. These 10 weeks are some of extensive growth as well as extensive reward for me. At the end of the course, we were asked to write a critical essay our chosen topic. I have chosen the topic “Key Issues of Online Learning for our Institution”.

### **Key Issues of Online Learning for our Institution**

My institution has never offered online learning course. Although Kazakh British Technical University in Almaty is in medium tech group, we don't widely use technology for education. We access Internet for material searching, e-mail and CD-ROMs. The institution has got more than 100 computers, own server, Internet connection. The experience I have had from this OET Course made me understand that we need to do a lot of changes in our teaching process.

Higher education is changing all over the world. The student body is becoming less uniform and knowledge is growing and changing faster than ever before. Industry's demands are also more volatile, as they struggle to become more competitive in an increasingly globalizes economy. Their employers need up to date knowledge and skills, and updating these requires training and education at the time and place they need it. While traditional courses will continue to be a major part of universities provision, the most likely growth area will be in 'lifelong learning' courses offered to industry or to individuals. The virtual learning environments of today and their successors are likely to form key strategic aspects of teaching and learning in universities of the future. The work contained in this report represents a first step towards key learning technology for our institution.

For my Coursework I decided to focus the topic “Key Issues of Online Learning for our Institution”. I think many students find it more convenient to access from home, work, during the break. For some of the students online learning is enjoyable, interesting because it is different: using technology, multimedia materials, video, audio and text lectures, discussion in groups, individual tasks, flexible time, help of facilitator and a good connection with other

students from the group in different places. Reasons for going online include flexibility, improving the reasoning ability of the students, low costs, resource-based learning, provision of choice of learning environment, combination of practical with theoretical skills. Learning online is not only associated with distance learning, but becoming an important part of the campus-based learning.

The response of many institutions to these changes is the development of online distance learning courses and programs. These courses and programs can take many forms including:

The development of a course site involving the use of asynchronous discussion as the basis for teaching and learning; and other technological advances such as synchronous chat and streaming audio and video. The online classroom is a potentially powerful teaching and learning arena in which new practices and new relationships can make significant contributions to learning.

The shift to online learning will give enormous challenges to teachers and our institutions. Many faculty and administrators believe that the cyberspace classroom is no different from the face-to-face classroom and that approaches used face-to-face will surely work online. It is our best practices that must follow us into the cyberspace classroom and those practices are the basis for what we term "electronic pedagogy," or the art of teaching online. In our situation campus-based teaching is more appropriate to begin.

Using the experiences on this course we can create our own course. In order to be successful in our future online teaching we need to take into consideration a lot of key areas. They are:

1. to create a team amongst staff
2. technical support of FC (I like this platform) and monitoring system should be set up
3. provide training for both: students and teachers
4. don't expect all students accept the e-learning with equal enthusiasm
5. take into consideration Gwyneth and Lynda's paper about students' point of view on e learning which is very important

6. use Mason's three levels on e learning course models.

7. practical use of my OET colleagues' experiences

8. the potential students of using online learning: from low income and disadvantaged educational backgrounds, students with disabilities, students with part time works

9. Clear characteristics of potential online students

10. clear guidance and appropriate assessment and many others.

If we look at the guidance given to OET students at the beginning of the course:

What you need to do:

A. Enter FirstClass and OET and read the messages in Notices.

B. Find your name in one of the groups in your region, which will be either UK, or one of the special areas, e.g. Portugal, UAE, etc.

C. Watch the video.

D. Do some of the reading and then your tasks.

E. Send your task to your group in FirstClass. Sending one Task is each week is an attendance requirement.

F. A day or so later, read other people's tasks and send a response to one of them. Sending one response each week is an attendance requirement.

G. At the end of the week send in your Statement. Sending one statement each week is an attendance requirement.

It is short, clear and simple.

Most online educators have realized that generating good discussions online takes careful planning. Students also need training not only in the use of the software, but also about how to learn in the online environment. The belief seems to be that "if we build it, they will come" and they will know how to use it. The truth is that most students do not understand the difference in the role of the instructor in the online environment and their need to be actively involved in the learning process. Students, then, also need orientation and training before they begin an online course.

An important beginning to an online course is the presentation of clear guidelines for

participation in the class as well as information for students about course expectations and procedures. Participation guidelines in an online course are critical to its successful outcome.

Collaborative learning processes assist students to achieve deeper levels of knowledge generation through the creation of shared goals, shared exploration, and a shared process of meaning-making. The instructor in an online process needs to vacate a role of authority and power and be an equal player in the process. This is new territory for us all – we need to play in it together. When collaboration is not encouraged, participation in the online course is generally low and may take the form of queries to the instructor, rather than dialogue and feedback.

Students should be encouraged to comment on each other's work. Self-evaluation should be embedded in performance evaluation. Quality and quantity of participation should be a measure of overall student performance. Examination may not be the best measure of student performance in the online environment.

Making the transition to the online learning environment means developing new approaches to education and new skills in its delivery. It means engaging in self-reflection as instructors to determine our own comfort level in turning over control of the learning process to our students.

Despite the hype that inevitably surrounds anything on-line, 'virtual' or web-based at present, there are some clear and immediate benefits of these systems to students and teachers alike that concord with the recommendations of the Dearing Report (1997) regarding C&IT use.

- Flexibility of time and place.
- Coping with increased student numbers.
- Sharing and re-use of resources.
- Collaborative work.
- Student-centred learning.
- Reducing the administration burden.
- Staff Development (Milligan, 1998)

In continuous learning, a key role for e-moderators is as the content expert, to develop multi media programmes, to build online libraries and pathways through resources. E-librarians and e-moderators have closely linked roles. E-moderators need to captivate big audiences

and be comfortable with virtuality.

To be innovative and online, you will need some passion and commitment. We need to experience how to deal with Participation, Emotions and Time online- as highly purposeful interactive activity.

At the moment, working online involves shifting time about and changing patterns of how we work with others. It involves setting up a computer and getting the software to work to your satisfaction which may involve going cap in hand to others for help. We may need to rethink your teaching and what's important about the subject matter you want to teach? It's great fun when it works, as we did it during our course.

This focuses on how the online course is to be carried on. Here the importance of a virtual learning environment (VLE) for discussions, rewriting the course materials as web pages to existing WWW materials, the grouping of students so as they work as a collaboratively, the issuance of tasks and assistance by tutors. Network connection problems, the making of online learning as an exception, access problems, student's reluctance/ resistance to adapt the new pedagogy etc. The quality of materials to be offered. This can be through student evaluation, evaluation by the academic staffs, the appointment of a module team which gives guidelines etc. Despite the fact that we have never offered a campus based online learning course looking at the studies I may conclude that there are good reasons for introducing online learning in my institution. We will need to invest more on online learning in terms of facilities (technology), training (both tutors and students in how to do an online learning), allocate enough time for both students and tutors for online activities and motivate both the tutors and students. However, the experience I have had from online learning during this course tells me that we need to do a lot of changes so as to enjoy the benefits of online learning. My experience is that this pattern has changed- students expect courses to be 'webbed' and even those with little experience learn very quickly.

The outcomes from the course are as follows:

- better understanding of online learning teaching
- examination and exploration the full range of methodology and various techniques that are used effective e-learning and teaching
- development of better understanding principles for online teaching
- collection and analysis of related materials designed for e-learning
- improvement significantly the level of online teaching knowledge

These ten weeks are not enough to cover the whole area of e-teaching, but just overview of principles of e-teaching, for me it is the first step. I need to continue working on the following

questions to provide the framework for the new course and the central focus of the study:

1. What are recent developments and what types of researches are currently being conducted in this area?
2. What kind of online platforms do teachers use at different universities and counties?
3. How do teachers measure achievement and progress of online students at UK universities?

Implications of the OET Course to our University:

Collected materials, discussions, FC programme itself will significantly improve the understanding of online teaching:

1. it will provide other teachers with valuable information
2. introduce new and effective teaching strategies
3. open up an opportunity of exchanging ideas with UK Educational professionals using modern teaching techniques
4. re-evaluate and re-design the Curriculum at the KBTU in Almaty
5. to introduce new educational methods and new information technology to the EFL/ESL Classroom
6. The report will be discussed extensively at the university as well as with teachers

Taking into consideration the experiences of the OET students in planning online campus-based teaching programme:

- Give written rules regarding classroom

policies, such as absences, late work, testing procedures, grading, assignments, projects, and exams.

- Make an effort to facilitate student learning without failure
- Elicit students' questions and opinions
- Encourage email communication
- Allow students to demonstrate learning
- Use non-graded feedback where students may demonstrate their progress (statements)
- Offer more access to the internet and computers
- Specify student requirements to receive an "A," "B" etc on their assignments.
- Invite students to critique each other's tasks
- Invite students to ask questions and wait for responses from other students
- Allow student choice in the course (options)

One aspect of online teaching which often generates considerable concern for teachers is evaluation of student performance. They worry that they will not be able to assess student understanding or participation properly. Ironically, student evaluation can be done far more effectively online than in a traditional classroom setting because of the ease of creating online tests and other forms of assessment.

I realize that some changes should occur as a reflect of the OET Course. First, virtual learning environment must be motivating and stimulating. The teacher must have a good rapport with students and the students should have good contacts with each other. For out of class activities, small groups should be encouraged. In addition, materials should be displayed extensively on the notes (the teachers' and pupils' work). This online environment is necessary if successful language learning is going to occur. Secondly, there must be a balance of activities focussing different language skills. Also, the students should learn language as a means of communication. Thirdly, assessment should be realistic and effective. The expectations should also be defined at the beginning of a course.

In addition to my previously mentioned activities, I participated in the discussions and

reading of the OET Course, I also enriched my knowledge by visiting different web sites. During this course, I listen to lectures and read many recommended works. I am sure that this will prove to be a great opportunity for professional growth as well as personal reflection.

The Online Education and Training course is extremely important to develop understanding the principles of online teaching. This is my first experience of being an online learner and the best one.

## REFERENCES

1. Brookfield, S. D. (1995), *Becoming a critically reflective teacher*, San Francisco, CA: Jossey-Bass.
2. Christiensen, E. and Dirkinck-Holmfeld, L. (1995), "Making Distance Learning Cooperative," [<http://www.csl95.indiana.edu/csl95/chritia.html>].
3. Harasim, L., Hiltz, S. R., Teles, L., and Turoff, M. (1996), *Learning networks*, Cambridge, MA: MIT Press.
4. Jonassen, D., Davidson, N. M., Collins, M., Campbell, J., and Haag, B. (1995), "Constructivism and Computer-Mediated Communication in Distance Education," *The American Journal of Distance Education*.
5. Palloff, R., and Pratt, K. (1999), *Building learning communities in cyberspace: effective strategies for the online classroom*, San Francisco, CA: Jossey-Bass.
6. Dutton, W. & Loader, B. (eds) (2002) *Digital Academe: the new media and institutions of higher education and learning* Routledge Pollock, N. and Cornford, J. (2000) 'The theory and practice of the virtual university', *Ariadne*, issue 24, online: [www.ariadne.ac.uk/issue24/](http://www.ariadne.ac.uk/issue24/)
7. Pollock, N. and Cornford, J. (2001) *ERP Systems and the University as an 'Unique' Organization*, Proceedings of the Critical Management Studies conference, UMIST, 11-13 July, Manchester, online: <http://www.ncl.ac.uk/curds/vuniv/submitted-erp.pdf>

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- 1. Абдрахманова А.Г.** магистр, ст. преп., Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана
- 2. Абдикарим Г.Г.** магистрант, Международный казахско-турецкий университет им. Х.А.Ясави
- 3. Абсеит А.С.** МНС, Международный казахско-турецкий университет им. Х.А.Ясави
- 4. Айтимов А.** докторант PhD, университет им. Сулеймана Демиреля, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК
- 5. Алиаскар М.С.** магистрант, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби
- 6. Амиргалиев Е.Н.** к.ф.-м.н., профессор, ГНС, университет им. Сулеймана Демиреля, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК
- 7. Амиргалиев Б.** ассоц. профессор, Международный университет информационных технологий
- 8. Амирханов Б.С.** докторант, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби
- 9. Амирова А.У.** к.э.н., доцент, Высшая Школа менеджмента, Алматы менеджмент университет
- 10. Акбасова А.Д.** д.т.н., профессор, Международный казахско-турецкий университет им. Х.А.Ясави
- 11. Аяуов Г.С.** магистрант, Казахско-Русский международный университет
- 12. Баядилова Л.Т.** магистрант, Высшая Школа менеджмента, Алматы менеджмент университет
- 13. Бельгинова С.** докторант PhD, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева
- 14. Вальдемар Войцик** д.т.н., профессор, Люблинский технический университет
- 15. Джекшембеккызы А.** магистрант, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби
- 16. Джомартова Ш.А.** д.т.н., профессор, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби
- 17. Джурахалов А.А.** д.ф.-м.н., профессор, Антверпенский университет, Бельгия
- 18. Дусбаева М.Р.** магистрант, Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева
- 19. Ергалиева А.М.** магистрант, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана
- 20. Ермеков Д.К.** докторант PhD, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби

21. **Жантілес Г.Ж.** магистр, Казахский Национальный педагогический университет им. Абая
22. **Жексембиева Н.Р.** ассистент-профессор, АО «КБТУ»
23. **Закирова А.Б.** к.п.н., доцент, Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева
24. **Зиятбекова Г.З.** докторант, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби
25. **Ивахненко А.П.** PhD, профессор, АО «КБТУ», IPES, Великобритания
26. **Имангазин М.К.** к.т.н., профессор, Казахско-Русский международный университет
27. **Исахов А.А.** доктор PhD, профессор, АО «КБТУ»
28. **Исмаилова А.Г.** к.х.н., и.о. доцента, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби
29. **Иржанова А.А.** инженер-программист, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК
30. **Калиева Н.А.** докторант, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова
31. **Калыева А.Р.** PhD докторант, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби
32. **Кинабай Б.** магистрант, университет им. Сулеймана Демиреля
33. **Козбакова А.Х.** СНС, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК
34. **Кудреева Л.К.** к.х.н., и.о. доцента, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби
35. **Кунелбаев М.** СНС, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК
36. **Курманходжаев Д.** докторант, АО «КБТУ»
37. **Маренов Б.Г.** докторант, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова
38. **Мерембаев Т.** инженер-программист, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК
39. **Мукатаева Ж.С.** к.х.н., и.о. доцента, Казахский Национальный педагогический университет им. Абая
40. **Надилов К.С.** д.х.н., профессор, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова
41. **Нысанбаева С.Е.** д.т.н., ассоц. профессор, ГНС, Институт информационных и вычислительных технологий
42. **Омарбекова А.С.** к.т.н., доцент, Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева

43. **Поветкин В.В.** д.т.н., профессор, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби
44. **Рамазанова Э.Э.** д.т.н., профессор, Научно-исследовательский институт геотехнологических проблем нефти, газа и химии, Азербайджан
45. **Рақымжанқызы Ф.** преподаватель, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби
46. **Руткуниене Жевелье** д.ф.-м.н., ассоц. профессор, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби
47. **Рыскелдиева М.Д.** к.х.н., ст. преп., Казахский Национальный университет им. аль-Фараби
48. **Сатаева С.С.** доктор PhD, доцент, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана
49. **Саинова Г.А.** д.т.н., профессор, ГНС, Международный казахско-турецкий университет им. Х.А.Ясави
50. **Солтан Г.** к.т.н., Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина
51. **Сундетов Т.Р.** инженер-программист, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК
52. **Төлеби Г.** докторант, АО «КБТУ»
53. **Увалиева И.** PhD, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева
54. **Умаров Ф.Ф.** д.ф.-м.н., профессор, АО «КБТУ»
55. **Усатова О.А.** докторант PhD, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, Институт информационных и вычислительных технологий
56. **Шорманов Т.С.** магистр, Казахский Национальный университет им. аль-Фараби

ҚАЗАҚСТАН-БРИТАН ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
**ХАБАРШЫСЫ**

**HERALD**  
OF THE KAZAKH-BRITISH TECHNICAL UNIVERSITY

**ВЕСТНИК**  
КАЗАХСТАНСКО-БРИТАНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Ответственный за выпуск	Избасаров Аскар Маулетдинович
Редакторы	Далабаева Айсара Касымбековна Садганова Эльмира Абуовна
Компьютерный дизайн	Жамиев Муслим Файзахметович
Компьютерная верстка	Ескали Гульсим Багдатовна

Редакция журнала «Вестник КБТУ» не несет ответственность за содержание публикуемых статей. Содержания статей целиком принадлежат авторам, и размещаются в журнале исключительно под их ответственность.

Подписано в печать 27.03.2019 г.  
Тираж 300 экз. Формат 60x84 1/16. Бумага тип.  
Уч.-изд.л. 9,1. Заказ №131.

Издание Казахстанско-Британского технического университета  
Издательский центр КБТУ, Алматы, ул. Толе би, 59