

**ҚАЗАҚСТАН-БРИТАН ТЕХНИКАЛЫҚ  
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ХАБАРШЫСЫ**

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

**ВЕСТНИК  
КАЗАХСТАНСКО-БРИТАНСКОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Volume 18, Issue 3  
July-September 2021

**ҚАЗАҚСТАН-БРИТАН ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ХАБАРШЫСЫ**

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

**ВЕСТНИК  
КАЗАХСТАНСКО-БРИТАНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Алматы

№ 3 (58)

2021

Главный редактор – **Кулпешов Б.Ш.**

**ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:**

**Акжалова А.Ж., Бисембаев А.С., Пак А.А., Шамои П.С., Исахов А.А.,  
Джумадильдаев А.С., Асилбеков Б.К., Байжанов Б.С., Судоплатов С.В.,  
Баженов Н.А., Бейсенханов Н.Б., Нусупов К.Х., Умаров Ф.Ф., Досболдаев  
М.К., Коробкин В.В., Ивахненко А.П., Ахметжанов А. А., Тургазинов  
И.К., Исмаилов А.А., Кожабеков С.С., Курбатов А.П., Колесников А.В.,  
Буркитбаев М.М., Зазыбин А.Г., Kang Wanli, Сарсенбекұлы Б.**

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 сериальных изданий ISSN  
(ЮНЕСКО, г. Париж, Франция)

Подписной индекс – 74206

Издается с 2004 года. Выходит 4 раза в год.

**УЧРЕДИТЕЛЬ**

Казахстанско-Британский технический университет

ISSN 1998-6688

© Казахстанско-Британский  
технический университет, 2021.

# МАЗМҰНЫ

## МҰНАЙ ГАЗ ИНЖЕНЕРИЯСЫ ЖӘНЕ ГЕОЛОГИЯ

|                                                         |   |
|---------------------------------------------------------|---|
| <b>Заурбеков С.А., Жанкиманова Г.Н., Заурбеков К.С.</b> |   |
| Ұңғымаларды тазартуға арналған техникалық құрылғы.....  | 6 |

## ХИМИЯ-ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯ

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Асылханқызы А., Сейтмагзимова Г.М., Петропавловский И.А.</b>        |    |
| Шалқар кен орнының калий кенін байыту процесін оңтайландыру.....       | 13 |
| <b>Оңалбек Г.С., Аскапова Б.А., Мусабеков К.Б., Васин К.А.</b>         |    |
| Магнитті сазды композиттердің физика-химиялық қасиеттерін зерттеу..... | 23 |

## ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Бексултан Е.М.</b>                                                                                                         |    |
| Машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып қойма қорларын болжау.....                                                           | 28 |
| <b>Бортан Ә.Е., Байсаков Б.М.</b>                                                                                             |    |
| Машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып мейрамхана бизнесіндегі сұранысты болжау.....                                        | 36 |
| <b>Мусаева Д., Куандыкова А., Таласбек А., Орынбекова К., Карибоз Д.</b>                                                      |    |
| Инстаграм желісіндегі кескіндерді қолдану арқылы MBTI типін болжау.....                                                       | 42 |
| <b>Маканов Р. А., Тургазинов И. К.</b>                                                                                        |    |
| Полимер ерітіндісін айдау арқылы карбонатты жыныстардан жоғары тұтқұрлы мұнайдың ығыстыруына әсерін сандық зерттеу.....       | 46 |
| <b>Мазакова А.Т., Амирханова Б.С., Мусабеков Г.К., Абдиразак Б.К., Дарибаева Г.Д.</b>                                         |    |
| Психологиялық тест батареясын кеңейтуге психофизиологиялық диагностикалаудың биотехникалық жүйесі.....                        | 51 |
| <b>Нұрлыбаева Э.Н., Ташенова Ж.М., Аманжолова Ш.А., Сатымбеков М.Н.</b>                                                       |    |
| Стерженьнің жылу механикалық күйін анықтайтын бағдарламалық өнімнің интерфейсін өңдеу.....                                    | 56 |
| <b>Нұрлыбаева Э.Н., Ташенова Ж.М., Аманжолова Ш.А., Сатымбеков М.Н.</b>                                                       |    |
| Құрылымдық элементтердің термомеханикалық күйін анықтау.....                                                                  | 69 |
| <b>Нам Д., Савина Т.</b>                                                                                                      |    |
| Компьютерлерді көру үлгілерін салыстыру.....                                                                                  | 75 |
| <b>Нагметова А., Алдош А.</b>                                                                                                 |    |
| Медициналық кескіндерді сегменттеу міндеттеріне арналған заманауи нейрондық желі архитектуралардың салыстырмалы зерттеуі..... | 83 |
| <b>Пак А.А., Жұмагелдіқызы А., Ермакова Н.С.</b>                                                                              |    |
| Шолу: сөйлеуді автоматты сегменттеу әдістері.....                                                                             | 89 |
| <b>Рахманалиева К.</b>                                                                                                        |    |
| Клиенттердің сатып алу үлгісін анықтау үшін нарықтық қоржынды талдауды қолдану.....                                           | 95 |

# СОДЕРЖАНИЕ

## НЕФТЕГАЗОВАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И ГЕОЛОГИЯ

**Заурбеков С.А., Жанкиманова Г.Н., Заурбеков К.С.**

Техническое устройство для очистки забоев скважин.....6

## ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ И ЭКОЛОГИЯ

**Асылханкызы А., Сейтмагзимова Г.М., Петропавловский И.А.**

Оптимизация процесса обогащения калийной руды месторождения Челкар.....13

**Оналбек Г.С., Аскапова Б.А., Мусабеков К.Б., Васин К.А.**

Исследование физико-химических свойств композитов магнитных глин.....22

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Бексултан Е.М.**

Прогнозирование складских запасов методами машинного обучения.....28

**Бортан А.Е., Байсаков Б.М.**

Прогнозирование спроса в ресторанном бизнесе с использованием методов машинного обучения.....36

**Мусаева Д., Куандыкова А., Таласбек А., Орынбекова К., Карибоз Д.**

Прогноз типа mbti с использованием изображений из Instagram.....42

**Маканов Р. А., Тургазинов И. К.**

Численные исследование влияния закачки полимера на вытеснения высоковязкой нефти из карбонатных пород.....47

**Мазакова А.Т., Амирханова Б.С., Мусабеков Г.К., Абдиразак Б.К., Дарибаева Г.Д.**

Расширение батареи психологических тестов биотехническая система психофизиологического диагностирования.....52

**Нурлыбаева Э.Н., Ташенова Ж.М., Аманжолова Ш.А., Сатымбеков М.Н.**

Интерфейсная обработка программных продуктов, определяющая тепломеханическое состояние стержня.....56

**Нурлыбаева Э.Н., Ташенова Ж.М., Аманжолова Ш.А., Сатымбеков М.Н.**

Определение термомеханического состояния конструкционных элементов.....69

**Нам Д., Савина Т.**

Сравнение моделей компьютерного зрения.....75

**Нагметова А., Алдош А.**

Сравнительное исследование современных нейросетевых архитектур для задач сегментирования медицинских изображений.....83

**Пак А.А., Жумагелдыкызы А., Еркекова Н.С.**

Обзор: методы автоматической речевой сегментации.....89

**Рахманалиева К.**

Применение анализа рыночной корзины для определения модели покупок клиентов.....95

# CONTENTS

---

## OIL AND GAS ENGINEERING, GEOLOGY

**Zaurbekov S. A., Zhankimanova G. N., Zaurbekov K. S.**

Technical means for cleaning the faces of oil wells.....6

## CHEMICAL, TECHNOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

**Assylkhankyzy A., Seitmagzimova G.M., Petropavlovsky I.A.**

Optimization of the enrichment process of chelkar deposit potassium ore.....14

**Onalbek G.S., Askapova B.A., Musabekov K.B., Vasin K.A.**

Investigation on the physico - chemical properties of magnetic clay composites.....22

## PHYSICAL, MATHEMATICAL AND TECHNICAL SCIENCES

**Bexultan Y.M.**

Prediction of stocks using machine learning methods.....28

**Bortan A.Y., Baisakov B.M.**

Predicting future visitors in the restaurant business using machine learning.....36

**Mussayeva D., Kuandykova A., Talasbek A., Orynbekova K., Kariboz. D.**

MBTI type prediction using images from Instagram.....42

**Makanov R., Turgazinov I.**

Numerical study of the polymer injection on displacement of high- viscous oil from carbonate formation.....46

**Mazakova A.T., Amirkhanov B.S., Mussabek G.K., Abdirazak B.K., Daribaeva G.D.**

Expansion of psychological test battery biotechnical psychophysiological diagnostic system.....51

**Nurlybayeva E.N., Tashenova Zh.M., Amanzholova Sh.A., Satymbekov M.N.**

Interface processing of software products, determining the heat and mechanical state of the rod....56

**Nurlybayeva E.N., Tashenova Zh.M., Amanzholova Sh.A., Satymbekov M.N.**

Determination of the thermomechanical state of construction elements.....69

**Nam D., Savina T.**

Computer vision model comparison.....75

**Nagmetova A., Aldosh A.**

Comparative study of modern neural network architectures for medical image segmentation problems.....83

**Pak A.A., ZHumageldikyzy A., Ermekova N.S.**

A review: methods of automatic speech segmentation.....89

**Rakhmanaliyeva K.**

Identifying customer buying patterns using market basket analysis.....95

## ТЕХНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ ЗАБОЕВ СКВАЖИН

**ЗАУРБЕКОВ С.А., ЖАНКИМАНОВА Г.Н., ЗАУРБЕКОВ К.С.**

*Казахский Национальный исследовательский технический университет  
имени К. И. Сатпаева, 050000, Алматы, Казахстан*

**Аннотация.** С целью обеспечения надежного вскрытия продуктивного пласта без осложнений и на высоких механических скоростях бурения, получения объективного промыслово-геофизического материала в интервалах продуктивности большое внимание уделяется чистоте забоя скважины, т.е. отсутствию посторонних предметов.

Разработка устройства для извлечения с забоя скважин крупных и мелких посторонних предметов с высокой эффективностью, надежностью и низкой стоимостью работ является весьма актуальной задачей. Устройства, основанные на гидродинамическом принципе работы, в полной мере отвечают предъявляемым требованиям. В работе предложена конструкция устройства гидродинамического типа, позволяющая очистить забой скважины от мелких и крупных посторонних предметов и обладающая высокой надежностью в работе.

**Ключевые слова:** скважина, забой, посторонние металлические предметы, очистка забоя, гидравлические процессы.

## ҰҢҒЫМАЛАРДЫ ТАЗАРТУҒА АРНАЛҒАН ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛҒЫ

**ЗАУРБЕКОВ С.А., ЖАНКИМАНОВА Г.Н., ЗАУРБЕКОВ К.С.**

*Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті,  
050000, Алматы, Қазақстан*

**Аңдатпа.** Өнімді қаттың асқынусыз және бұрғылаудың жоғары механикалық жылдамдықтарында сенімді ашылуын қамтамасыз ету, өнімділік аралықтарында объективті кәсіпшілік-геофизикалық материал алу мақсатында ұңғыманың кенжарының тазалығына, яғни бөгде металл заттардың болмауына көп көңіл бөлінеді. Ұңғымалардан тиімділігі, сенімділігі және жұмыс құны төмен ірі және ұсақ бөгде заттарды алуға арналған құрылғыны жасау өте өзекті мәселе болып табылады. Гидродинамикалық жұмыс принципіне негізделген құрылғылар қойылған талаптарға толық жауап береді. Жұмыста гидродинамикалық типтегі құрылғының дизайны ұсынылады, бұл ұңғыманың түбін ұсақ және үлкен бөгде заттардан тазартуға мүмкіндік береді және жұмыста жоғары сенімділікке ие.

**Түйінді сөздер:** ұңғыма, забой, бөгде металл заттар, забойды тазалау, гидравликалық процестер.

## TECHNICAL MEANS FOR CLEANING THE FACES OF OIL WELLS

**ZAURBEKOV S. A., ZHANKIMANOVA G. N., ZAURBEKOV K. S.**

*Satbayev University, 050000, Almaty, Kazakhstan*

**Abstract.** In order to ensure reliable opening of the productive reservoir without complications and at high mechanical drilling speeds, to obtain objective field-geophysical material in the productivity intervals, much attention is paid to the cleanliness of the bottom of the well, i.e., the absence of foreign metal objects. The development of a device for extracting large and small foreign objects from the bottom of wells with high

efficiency, reliability and low cost of work is a very urgent task. Devices based on the hydrodynamic principle of operation fully meet the requirements. The paper proposes a design of a hydrodynamic device that allows to clean the bottom of the well from small particles.

**Keywords:** borehole, bottom face, foreign metal objects, bottom face cleaning, hydraulic processes.

В процессе проводки глубоких нефтяных и газовых скважин на забое скапливаются различные металлические и неметаллические предметы, например, случайно упавшие с поверхности детали, элементы качения опор и обломки твердосплавного вооружения отработанных долот, а иногда и шарошки долот. Наличие постороннего металла на забое снижает показатели работы долот и приводит к преждевременному выходу их из строя, следовательно, значительно увеличивает непроизводительные затраты времени на спуско-подъемные операции (СПО) в процессе строительства скважин, особенно глубоких и сверхглубоких [1, 2, 3].

Для очистки забоя от металлических

предметов применяются устройства, которые подразделяют на две основные группы [4,5]:

- первая-устройства, устанавливаемые в компоновке бурильной колонны;
- вторая-устройства, периодически спускаемые в скважину.

К первой группе относятся устройства, устанавливаемые непосредственно над долотом, в основу работы которых положен гидравлический способ очистки забоя, а именно металлоуловитель ПО «Куйбышевбурмаш» [6], металлоуловитель-калибратор, шламометаллоуловитель открытого типа (ШМУ-О), шламометаллоуловитель закрытого типа (ШМУ-З) и др.

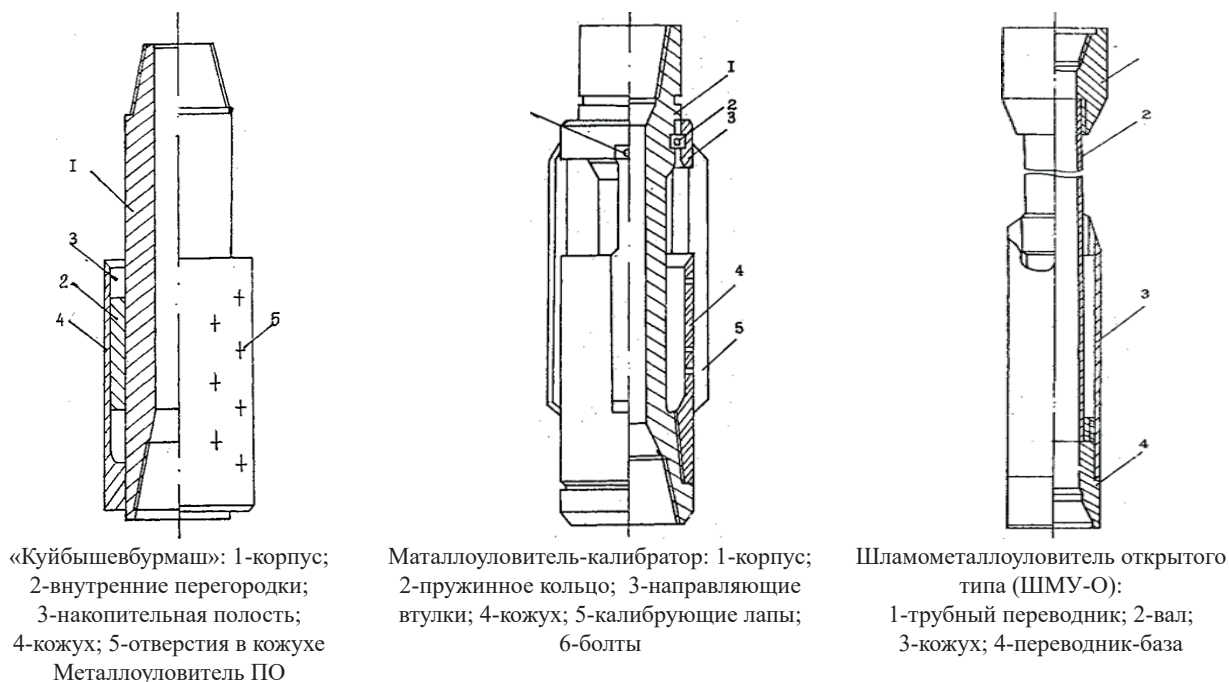


Рисунок 1 – Металлоуловители, устанавливаемые в компоновке бурильной колонны

Недостатком устройств первой группы является быстрое заполнение ловушки шламом и по этой причине низкая эффективность улавливания металлических предметов, причем шлам в ловушке обычно оказывается настолько сильно спрессованным, что часто не

поддается извлечению. В этом случае изделие непригодно к дальнейшему использованию или требует капитального ремонта. Кроме того, устройствами данной группы возможно извлечение только очень мелких металлических предметов с забоя, которые могут поме-

ститься в щель уловителя, имеющую пределы 16...28 мм.

Ко второй группе относятся устройства, периодически спускаемые в скважину, в основу работы которых положен механический, магнитный или гидромеханический способ захвата и очистки забоя, такие как фрезы-ловители без механического захвата (ФМ) и с механическим захватом (ФМЗ), металлоуловитель Е.М. Курнева и Н.И. Лукина, гидравлический ловитель Г.Н.Кириянова, металлоуловитель Р.С. Яремейчука и З.И. Узумова,

струйный металлоуловитель, трубный паук, гидромеханический паук [7, 8] и др.

Недостатком устройств второй группы является необходимость осуществления специальных рейсов бурильного инструмента (СПО), на что затрачивается непроизводительное время, а также трудности улавливания сравнительно мелких металлических предметов большого удельного веса и предметов, обладающих антимагнитными свойствами (например, зубки долот из вольфрам-кобальтового сплава ВК-6 и т.п.) [4].

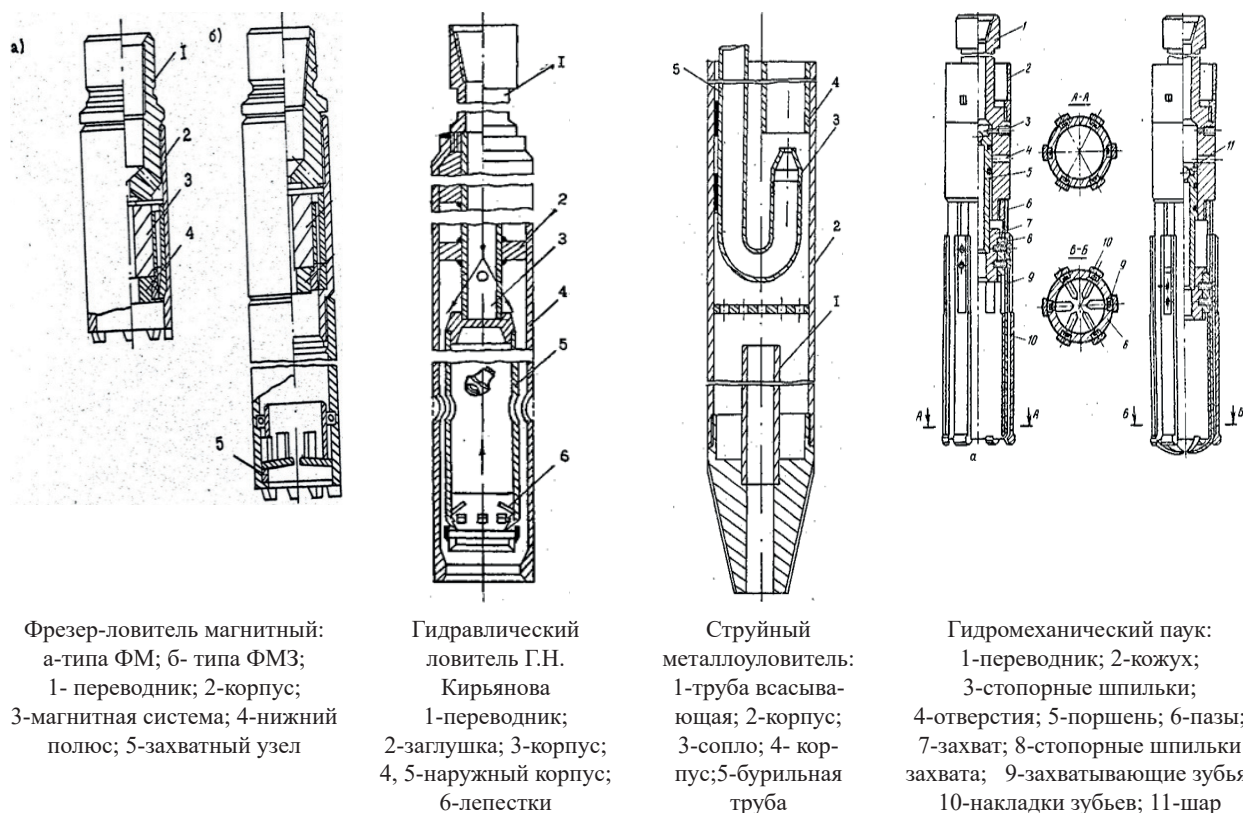


Рисунок 2 – Металлоуловители, периодически спускаемые в скважину

С целью повышения эффективности очистки забоя от металлических предметов ведется дальнейшее усовершенствование устройств как первой, так и второй групп, но при этом принципиальная схема их компоновки в корне не меняется.

На рисунке 3 стр. 9 представлен общий вид предложенной авторами и защищенной патентом конструкции шламометаллоуловителя для извлечения больших и мелких предметов с забоя скважин [9].

Предлагаемая конструкция шламометал-

лоуловителя скважинного (ШМУС) основана на гидродинамическом принципе работы и предназначена для извлечения с забоя скважины посторонних мелких и крупных металлических предметов, например, челюстей и сухарей трубных ключей, обломанных шарошек. Поставленная цель достигается за счет конструктивного решения по размещению в ограниченном поперечном сечении скважины шламометаллоуловителя с большим поперечным сечением подъемного канала. Очистка происходит за счет того, что в накопителе

асимметрично размещен усеченный подводный канал промывочной жидкости, за счет уменьшения подводного канала по сравнению с бурильными трубами под корпусом для подъемного канала, а накопитель имеет одну полость, размещенную в секторе асимметрии, и сообщаемую с подводным каналом при помощи эжекторных отверстий или щелей, приближенных ко дну накопителя.

Наименьшее сечение подводного канала ускоряет движение промывочной жидкости, уменьшая сегмент площади забоя, занятый подводным каналом, и освобождая сечение ствола скважины для подъемного канала и накопителя. Ускорение течения промывочной жидкости снижает давление напротив отверстий или щелей у дна накопителя, что создает эжекция через накопительную полость, и увеличивает расход через сечение подъемного канала, по которому металлические предметы быстро поставляются в накопитель. При попадании мелкого шлама в накопитель предусмотрена возможность промывки накопительной полости путем плотного прилегания к забою, когда циркуляция промывочной жидкости идет через щели и накопитель.

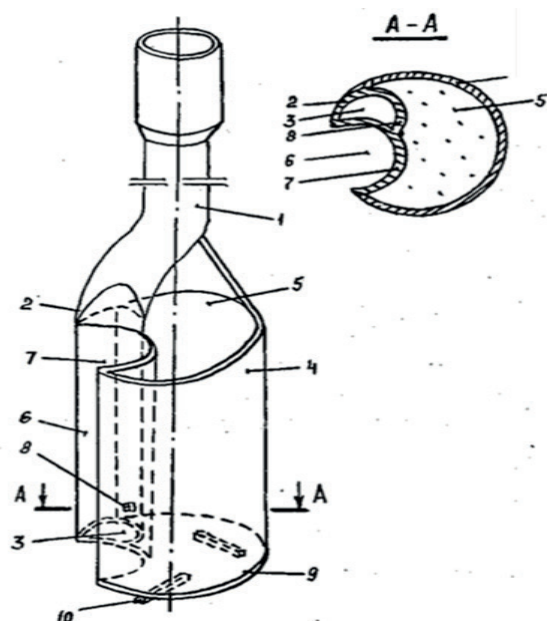


Рисунок 3 – Шламометаллоуловитель

1-бурильная труба; 2-усеченный подводный канал;  
3-сопло; 4-кожух; 5-накопитель; 6-открытая полость;  
7-асимметричная перегородка; 8-отверстия (щели); 9-дно;  
10-скребки

Устройство состоит из бурильной трубы 1, в нижней части которого образуется усеченный проводящий канал 2 со сквозным проходом - соплом 3 для промывочной жидкости. По периферии приварен кожух 4 накопителя 5, который отделен от полости 6 асимметричной перегородкой 7. Сквозной проход соединен с накопителем, отверстием или щелями 8. Дно 9 накопителя прочное и плоское, но в отдельных случаях допустима возможность крепления небольших скребков 10 с целью отрыва от забоя налипших, затертых металлических предметов.

Устройство работает следующим образом. После спуска и установки на забой скважины осуществляется промывка его через бурильную трубу 1 и усеченный проводящий канал 2 по сквозному проходу 3.

Плотное прилегание к забою дна накопителя 9 позволяет частично перекрыть сквозной проход-сопло 3 и промывку частично осуществить через отверстия-щели 8 в накопителе 9, освободив его от шламов горной породы.

В дальнейшем с постепенным подъемом и низкооборотным правым вращением устройства достигается отрыв скребками 10 и гидромонитором из сквозного прохода - сопла 3 металлических предметов, которые через подъемную полость 6, образованную асимметричной перегородкой 7 и стенкой скважины, попадают и засасываются в накопитель 5 благодаря эжекторному эффекту в усеченном проводящем канале 2 через отверстия 8. Усеченный проводящий канал 2 со сквозным проходом - соплом 3 в нижней торцевой части устройства направляет струю – гидромонитор под углом к забою или под углом - при вращении.

В работах [10, 11] рассматриваются движения тел в вертикальном потоке и приводится график зависимости скорости погружения частиц твердого сплава от их размера.

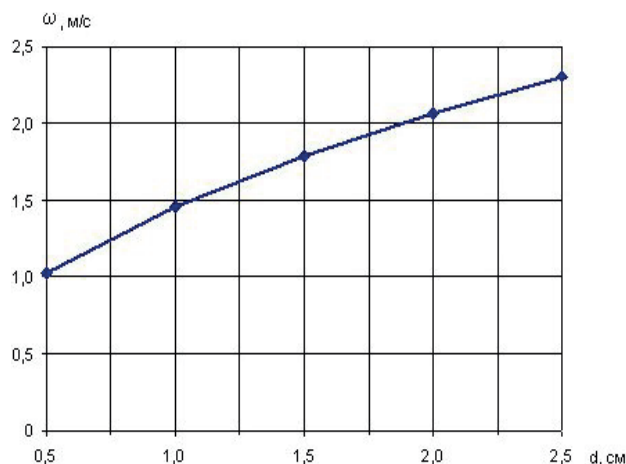


Рисунок 4 – Зависимость скорости погружения частиц твердого сплава от их размера

Определяющими параметрами работы шламометаллоуловителей, основанных на гидравлическом принципе, являются величина давления струи жидкости, скорость движения восходящего потока, обеспечивающиеся подачей буровых насосов.

Величина давления струи ( $P_c$ ) на тело, находящееся на забое скважины, определяется по формуле [12]:

$$P_c = \rho \cdot Q \cdot \vartheta_c (1 - \cos \alpha) \quad (1)$$

где  $\rho$  - плотность промывочной жидкости;  
 $Q$  - производительность буровых насосов;  
 $\vartheta_c$  - скорость истечения струи из сопла 3;  
 $\alpha = 30^\circ$  - приведенный угол направления струи к забою.

Из формулы (1) видно, что чем больше угол  $\alpha$ , тем выше давление на препятствие. Площадь проходного сечения сопла 3 ( $S$ ) определяют из формулы:

$$\lim \vartheta_c = Q / S_c \quad (2)$$

т.е.  $S = Q / \vartheta_c$

тогда диаметр ( $d$ ) и количество ( $n$ ) отверстий находим по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi \cdot n}} \quad (3)$$

при соблюдении условия:

$$\lim_{Q \rightarrow \max} \vartheta_{\tilde{n}} > \vartheta_l = w \sqrt{(d_l - d_o) \Delta \rho / \rho} \quad (4)$$

где  $\vartheta_{\tilde{n}}$  - скорость падения металлического предмета в жидкости;

$d_{nn}, d_{\tilde{n}}$  - приведенные диаметры сечения подъемной полости 4 и извлекаемого металлического предмета;

$\Delta \rho = \rho_o - \rho$  - перепад плотностей металлического предмета и жидкости;

$w = 5,1 \cdot i^{1/2} / \tilde{n}$  - расчетный коэффициент для шарообразных тел.

Оседание в полость – накопитель металлических (или других) предметов происходит из-за увеличения проходного сечения выше накопительной полости, где скорость восходящего потока резко падает и предмет попадает в накопитель под собственным весом.

На основе проведенных теоретических исследований можно сделать следующие выводы:

1. Гидравлический способ обеспечивает надежное извлечение посторонних предметов с забоя скважин.

2. Разработана новая конструкция шламометаллоуловителя, позволяющая извлекать с забоя глубоких скважин мелкие и крупные металлические и неметаллические предметы.

3. Предложенная конструкция ШМУС проста в изготовлении и надежна в работе и может изготавливаться на базе производственного обслуживания (БПО) собственными силами Управления буровых работ (УБР).

4. Предложена методика гидравлического расчета работы шламометаллоуловителя новой конструкции, позволяющая рассчитывать режим работы ШМУС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. И.К. Бикбулатов, С.А. Заурбеков, М.М. Майлибаев. Совершенствование технических средств для очистки забоев нефтяных скважин. Аналит. обзор. – Алма-Ата, 1991.

2. Пустовойтенко И.П. Предупреждение и ликвидация аварий в бурении. – М.: Недра, 1988.
3. Э.А. Акопов. Очистка забоев глубоких скважин. – М.: Недра, 1970.
4. Опыт применения металлошламоуловителей при роторном и турбинном бурении. П.Н. Коряпаев, Н.А. Мальковский, В.И. Ткаченко и др. // НТС «Бурение». – 1982. – № 12.
5. К.В. Иогансен. Спутник бурильщика. – М.: Недра. – 1981. – 200 с.
6. А.с. 855188 СССР. Металлоуловитель /ЦНИЛ ПО "Куйбышевнефть"/ 7 Бюл. № 30. – 1981.
7. Гидромеханический паук для подъема крупных кусков металла с забоя скважин. – М.: ВНИИОЭНГ, 1979 (Научн. – техн. сб. / ВНИИОЭНГ; Вып.7).
8. О.М. Бочковский. Патент Украины № 64595. Калибратор-металлоуловитель. – Оpubл. 17. 07. 06. – Бюл. № 7.
9. С.А. Заурбеков, К.С. Заурбеков. Шламометаллоуловитель. – Патент РК №31375. – 08.07. 2016г.
10. А.М. Бочковский, А.О.Казьмин Металлоуловители-калибраторы новой конструкции. Институт сверхтвердых материалов им. Бакуля НАН Украины. – Киев. – Вып. 11. Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. 2008.
11. B. Lotto, K.W. Chow. Transport of capsules in vertical pipelines. // Journal of Pipelines. – N3. – pp.109-122, 1982.
12. К.Г. Асатур. Механика рабочих струй гидромониторов для подземных работ: Автореферат Дис. д-ра техн. наук. – 37с.

## REFERENCES

1. K. Bikbulatov, S.A.Zaurbekov, M.M.Maylibayev Sovershenstvovaniye tekhnicheskikh sredstv dlya ochistki zaboyev neftyanykh skvazhin. Analit.obzor. Alma-Ata.1991.
2. I.P. Pustovoytenko. Preduprezhdeniye i likvidatsiya avariyy v bureanii. – М.: Nedra. 1988.
3. E.A. Akopov. Ochistka zaboyev glubokikh skvazhin – М»: Nedra. 1970.
4. Opyt primeneniya metalloshlamouloviteley pri rotnom i turbinnom bureanii. P.N. Korypayev, N. A. Malkovskiy, V. I. Tkachenko i dr. // NTS «Bureniye». – 1982. – №
5. K.V. Iogansen. Sputnik burovika. – М.: Nedra. – 1981. – 200 s.
6. A.s. 855188 SSSR. Metalloulovitel /TsNIL PO "Kuybyshevneft"/ 7 Byul. № 30. – 1981.
7. Gidromekhanicheskiy pauk dlya podyema krupnykh kuskov metalla s zaboya skvazhin. – М.: VNIIOENG. 1979 (Nauchn.-tekhn. sb. / VNIIOENG; Vyp.7).
8. O.M. Bochkovskiy. Patent Ukraïni № 64595. Kalibrator-metaloulovlyuvach – Opubl. 17. 07. 06. Byul. № 7.
9. S.A. Zaurbekov, K.S. Zaurbekov. Shlamometalloulovitel. Patent RK №31375 08.07. 2016g.
10. A.M. Bochkovskiy, A.O.Kazmin Metallouloviteli-kalibratory novoy konstruktсии. Institut sverkhтвердых материалов им. Bakulya NAN Ukrainy. g. Kiyev. Vypusk 11. Porodorazrushayushchiy i metaloobrabatyvayushchiy instrument – tekhnika i tekhnologiya ego izgotovleniya i primeneniya. 2008.
11. B. Lotto, K.W. Chow. Transport of capsules in vertical pipelines. // Journal of Pipelines.– N3. – P.109-122. 1982.
12. K.G. Asatur Mekhanika rabochikh struy gidromonitorov dlya podzemnykh rabot: Avtoreferat Dis.d-ra tekhn. nauk – 37s.

---

**Information about authors:**

1. Zaurbekov Seitzhan Aryspekovich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Professor of KazNRTU named after K.I.Satpayev.

Email: s.zaurbek@mail.ru

ORCID ID: [https://orcid.org/ 0000-0001-8025-0824](https://orcid.org/0000-0001-8025-0824)

2. Zhankimanova Galiya Nurgalieвна – 1st year PhD student, KazNRTU named after K.I.Satpayev.

Email: galiya\_28@mail.ru

3. Zaurbekov Kadyrzhan Seitzhanovich – 3rd year PhD student, KazNRTU named after K.I.Satpayev.

Email: kadmen.95@mail.ru

ORCID ID: [https://orcid.org/ 0000-0001-7425-7448](https://orcid.org/0000-0001-7425-7448)

# ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 622.363.2

МРНТИ 61.31.33, 61.33.33

DOI 10.55452/1998-6688-2021-18-3-13-21

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБОГАЩЕНИЯ КАЛИЙНОЙ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧЕЛКАР

АСЫЛХАНҚЫЗЫ А.<sup>1</sup>, СЕЙТМАГЗИМОВА Г.М.<sup>1</sup>, ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ И.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, 160000, Шымкент, Казахстан

<sup>2</sup>Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, РФ

**Аннотация.** В статье рассмотрены результаты исследования процесса переработки отмытой калийной руды месторождения Челкар с целью получения безбалластного калийного удобрения. Изучена эффективность двух- и трехкратной отмывки руды от солей натрия для определения оптимального режима обогащения руды по калию. Установлено, что целесообразно проводить двукратную отмывку руды промывной водой, при которой обеспечивается максимальное содержание в руде калия и минимальное содержание солей натрия. Эффективность отмывки подтверждается результатами рентгенографического анализа руды после второй отмывки. Прокалка руды приводит к дегидратации кристаллогидратов минералов и возрастанию содержания в ее составе основных компонентов. Растворение прокаленной руды при температурах 50 и 90°C приводит лишь к частичному переходу в раствор солей калия и магния при полном растворении остаточного количества солей натрия. Для достижения полного растворения сульфатов калия и магния, являющихся целевыми компонентами для получения минерального удобрения, требуется изучить химические методы превращения.

**Ключевые слова:** калийная руда, минеральное удобрение, сульфат калия, соли натрия, месторождение Челкар, двукратная отмывка, степень перехода в раствор, прокалка руды

## ШАЛҚАР КЕН ОРНЫНЫҢ КАЛИЙ КЕНІН БАЙЫТУ ПРОЦЕСІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

АСЫЛХАНҚЫЗЫ А.<sup>1</sup>, СЕЙТМАГЗИМОВА Г.М.<sup>1</sup>, ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ И.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, 160000, Шымкент, Қазақстан

<sup>2</sup>Д.И. Менделеев атындағы Ресей химия-технологиялық университеті, 101000, Мәскеу, Ресей

**Аңдатпа.** Мақалада балластсыз калий тыңайтқышын алу үшін Шалқар кен орнының жуылған калий кенін өңдеу процесін зерттеу нәтижелері қарастырылған. Кенді калиймен байытудың оңтайлы режимін анықтау үшін натрий тұздарынан екі және үш рет жуудың тиімділігі зерттелді. Кендегі калийдің ең көп мөлшері және натрий тұздарының ең аз мөлшері қамтамасыз етілетін кенді жуу суымен екі рет жуған жөн екендігі анықталды. Жуудың тиімділігі екінші жуудан кейін кенді рентгенографиялық талдау нәтижелерімен расталады. Кенді күйдіру минералдардың кристалл гидраттарының дегидратациясына және оның құрамындағы негізгі компоненттердің көбеюіне әкеледі. Күйдірілген кенді 50°C және 90°C температурада еріту натрий тұздарының қалдық мөлшері толығымен еріген кезде калий мен магний тұздарының ерітіндісіне ішінара ауысуға әкеледі. Минералды тыңайтқыш алу үшін мақсатты компоненттер болып табылатын калий мен магний сульфаттарының толық еруіне қол жеткізу үшін химиялық түрлендіру әдістерін зерттеуді қажет етеді.

**Түйінді сөздер:** калий кені, минералды тыңайтқыш, калий сульфаты, натрий тұздары, Шалқар кен орны, екі рет жуу, ерітіндіге өту дәрежесі, кенді күйдіру.

## OPTIMIZATION OF THE ENRICHMENT PROCESS OF CHELKAR DEPOSIT POTASSIUM ORE

ASSYLKHANKYZY A.<sup>1</sup>, SEITMAGZIMOVA G.M.<sup>1</sup>, PETROPAVLOVSKY I.A.<sup>2</sup><sup>1</sup>South Kazakhstan University named after M. Auezov, 160000, Shymkent, Kazakhstan<sup>2</sup>D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 101000, Moscow, Russia

**Abstract.** The article discusses the results of studying the processing of washed potash ore from the Chelkar deposit to obtain ballastless potash fertilizer. The efficiency of ore double and triple washing from sodium salts has been studied to determine the optimal mode of ore enrichment on potassium. It has been established that it is expedient to carry out ore double washing with washing water, which ensures the maximum potassium content in the ore and the minimum content of sodium salts. The washing effectiveness is confirmed by the results of the X-ray analysis of the ore after double washing. Ore calcination leads to dehydration of crystalline hydrates of minerals and to increasing content of main components in its composition. Dissolution of the calcined ore at temperatures of 50 and 90°C results in only a partial transition of potassium and magnesium salts into the solution with the complete dissolution of residual amounts of sodium salts. To reach complete dissolution of potassium and magnesium sulfates, which are the target components for obtaining mineral fertilizers, it is necessary to study methods of chemical conversion.

**Key words:** potash ore, mineral fertilizer, potassium sulfate, sodium salts, Chelkar deposit, double washing, degree of transition into solution, ore calcination

## Введение

В настоящее время промышленность минеральных удобрений в Казахстане находится на этапе ускоренного развития и расширения ассортимента выпускаемой продукции. Для этого в Казахстане имеются все необходимые предпосылки: богатые природные ресурсы, опыт производства традиционных видов химической продукции и наличие отечественных научных школ в области химической технологии. Для развития рынка потребления и производства удобрений в Казахстане необходимо постоянное повышение и улучшение культуры земледелия казахстанских фермеров, внедрение новых технологий сложных удобрений, способствующих повышению качества самих продуктов, обогащению земли и повышению урожайности [1].

На крупнейших предприятиях по производству минеральных солей и удобрений – лидера фосфорной отрасли ТОО «Казфосфат» и ТОО «КазАзот» – производятся фосфорные, азотные и азотно-фосфорные удобрения. До сегодняшнего дня в Казахстане отсутствует производство калийных или сложных NPK удобрений, хотя в недрах страны сосредоточены огромные запасы калийных руд, основными из которых являются месторождения

Жилинское, Сатимолла и Челкар. Помимо увеличения урожайности, калийные удобрения повышают качественные характеристики выращиваемой продукции: это проявляется в повышении сопротивляемости растений к заболеваниям, повышении стойкости плодов при хранении и транспортировке, а также в улучшении их вкусовых и эстетических качеств. Многие калийные удобрения представляют собой природные калийные соли, используемые в сельском хозяйстве в размолотом виде. Значительное количество хлора во многих калийных удобрениях отрицательно влияет на рост и развитие растений, а содержание натрия (в калийной соли и сильвините) ухудшает физико-химические свойства многих почв, особенно черноземных, каштановых и солонцовых [2]. Сульфат калия имеет наибольшее значение как бесхлорное удобрение, применяемое на почвах любого типа.

Одно из самых мощных – месторождение Челкар расположено на западе Казахстана и охватывает площадь около 779 квадратных километров. Здесь проведены геолого-разведочные работы и оценка запасов калийной руды. Но до сих пор компания АО «Батыс Калий» еще не перешла на этап добычи.

Основным компонентом руды является карналлит, и в целом руда имеет сложный неоднородный состав [3].

Эффективная переработка природных калийных руд возможна лишь при тщательном изучении их вещественного состава и разработке на этой основе рациональных методов использования сырья. Поэтому поиск путей переработки руды месторождения Челкар в калийные удобрения является актуальной проблемой развития промышленности минеральных удобрений в Казахстане, что и явилось предметом настоящего исследования.

Ранее нами была исследована возможность обогащения руды месторождения Челкар по калийному компоненту. Результаты эксперимента по отмывке руды путем неполного растворения показали, что данный метод является эффективным методом вывода из состава сырья хорошо растворимых солей натрия, которые являются примесным компонентом в калийных удобрениях. Полученные данные о степени отмывки руды от солей натрия позволили предложить режим отмывки в течение 20 минут при массовом соотношении вода:соль, равном 1:2, что обеспечивает минимальные потери ценного калия с промывной водой [4]. В статье приведены результаты исследования процесса переработки отмытой калийной руды с целью получения безбалластного калийного удобрения.

### Материалы и методы

Объектом исследования являлась карналлитовая руда Челкарского месторождения. Руда содержит, % масс.:  $\text{Na}_2\text{O}$  – 8,47;  $\text{K}_2\text{O}$  – 14,04;  $\text{CaO}$  – 7,72;  $\text{MgO}$  – 5,55;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 26,58;  $\text{Cl}^-$  – 18,77 [4]. Отмывку руды от солей натрия осуществляли методом неполного растворения [5]. Определение оптимальных условий отмывки руды изучали путем двух- и

трехкратной промывки маточным раствором. Прокалку отмытой руды проводили в муфельной печи при температуре 550°C.

Рентгенографический анализ проб жидкой и твердой фаз выполняли с помощью стационарной установки ДРОН-3 с  $\text{Cu-K}_\alpha$  излучением. Содержание кальция, магния и хлорид-ионов определяли химическим методом по стандартным методикам, а содержание калия и натрия в твердой и жидкой фазах после отмывки руды определяли с помощью пламенно-фотометрического анализатора ПФА-378. Для микроскопического спектрального анализа сырья использовали **растровый электронный микроскоп JSM-6490I V (Jeol, Япония)**. Дифференциально-термический анализ руды проводили с помощью дериватографа Q-1500D.

### Результаты и обсуждение

В промышленных условиях производство водорастворимых солей калия, натрия и магния галургическим способом организуется по схеме с минимальным вводом воды в процесс путем использования для растворения оборотного маточного раствора вместо воды. Поэтому мы изучили эффективность отмывки калийной руды от солей натрия в режиме двух- и трехкратной отмывки. Для этого на второй стадии отмывки использовали промывную воду после отмывки водой, а на третьей стадии – промывную воду со второй отмывки. Для этого пришлось отмывать большее количество руды, чтобы получить достаточное количество фильтрата для следующей отмывки. Процесс изучали в установленных оптимальных условиях обогащения руды по калийному компоненту при соотношении вода:соль=1:2 при температуре 20°C в течение 20 минут [4]. Результаты представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Состав отмытой руды и фильтратов после отмывки**

| Содержание компонента, % | Исходная руда | Фаза    | Первая отмывка | Вторая отмывка | Третья отмывка |
|--------------------------|---------------|---------|----------------|----------------|----------------|
| $\text{K}_2\text{O}$     | 14,04         | твердая | 14,03          | 14,30          | 14,00          |
|                          |               | жидкая  | 3,02           | 2,08           | 1,79           |
| $\text{Na}_2\text{O}$    | 8,47          | твердая | 0,53           | 1,25           | 1,61           |
|                          |               | жидкая  | 7,84           | 7,39           | 10,79          |
| <b>CaO</b>               | 7,72          | твердая | 17,41          | 17,42          | 17,57          |
|                          |               | жидкая  | 0,13           | 0,11           | 0,11           |

| Продолжения таблицы 1         |       |         |       |       |       |
|-------------------------------|-------|---------|-------|-------|-------|
| MgO                           | 5,55  | твердая | 7,4   | 7,4   | 7,1   |
|                               |       | жидкая  | 0,66  | 0,74  | 0,79  |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 26,58 | твердая | 58,23 | 59,13 | 58,44 |
|                               |       | жидкая  | 3,24  | 3,19  | 3,25  |
| Cl                            | 18,77 | твердая | 2,08  | 1,68  | 2,22  |
|                               |       | жидкая  | 9,17  | 11,33 | 12,54 |

Как видно из таблицы, при отмывке руды первым фильтратом происходит увеличение содержания оксида калия в твердой фазе с 14 до 14,3% за счет дополнительного растворения из нее натриевых солей фильтратом, который уже содержит 3,02% K<sub>2</sub>O и 7,84% Na<sub>2</sub>O. При этом происходит высаливание калийных солей (содержание K<sub>2</sub>O в жидкой фазе снижается до 2,08%), а также солей натрия. Снижение содержания в осадке ионов хлора с 2,08 до 1,68% и возрастание их в жидкой фазе с 9,17 до 11,33% позволяют судить о том, что при отмывке растворяется преимущественно хлорид натрия, а сульфат натрия высаливается в твердую фазу. Проведение третьей отмывки вызывает снижение содержания в осадке калия и увеличение содержания натрия до 1,61%, что приводит к снижению эффективности отмывки. Поэтому для обеспечения высокой эффективности обогащения руды по калию целесообразно проводить двукратную отмывку руды первым фильтратом (промывной водой).

Содержание оксида кальция в твердой и жидкой фазах практически одинаково во всех режимах отмывки, что объясняется очень низкой растворимостью солей кальция в воде и водно-солевых растворах, и присутствующий в исходной руде гипс весь остается в ней, а в растворе остается CaO в пределах растворимости сульфата кальция, т.е. не более 0,13%.

Это подтверждает и аналогичное неизменное содержание сульфат-ионов в твердой и жидкой фазах.

Содержание ионов магния также сохраняет практически постоянное значение независимо от режима отмывки как в осадке, так и в фильтрате, причем большая часть магния остается в руде. Небольшое изменение содержания этого иона в третьей промывке также говорит о необходимости выбрать оптимальным режимом двукратную отмывку руды первым фильтратом.

Об эффективности отмывки говорят также результаты рентгенографического анализа руды после второй отмывки. На рентгенограмме (рисунок 1) отсутствует интенсивный пик ( $d = 2,81; 1,99; 1,26$ ), идентифицирующий галит, который присутствует на рентгенограмме природной соли. Вместе с тем в составе отмытой руды отчетливо идентифицируются карналлит, глазерит и гипс, так же как и в исходной руде [3].

Спектрограмма руды после второй отмывки, полученная на РЭМ (рисунок 2, стр 17), также свидетельствует об отсутствии в составе отмытой руды натрия и хлора. Содержание кальция 17,6-19,4%, практически соответствующее результатам химического анализа, и серы 18,5-18,7% позволяет определить ориентировочное содержание сульфата кальция в отмытой руде  $\approx 60\%$ .

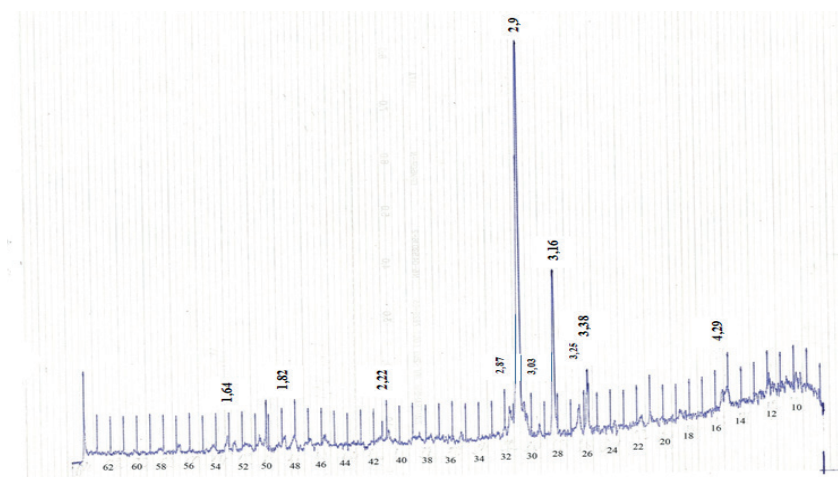
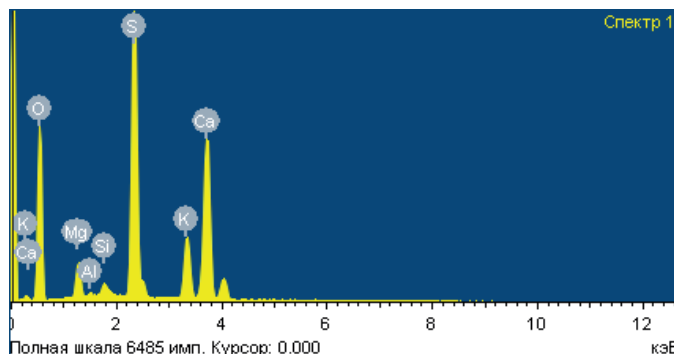


Рисунок 1 – Рентгенограмма отмытой калийной руды

| Элемент | Весовой % | Атомный % |
|---------|-----------|-----------|
| O       | 54.26     | 72.06     |
| Mg      | 2.77      | 2.42      |
| Al      | 0.19      | 0.15      |
| Si      | 0.53      | 0.40      |
| S       | 18.75     | 12.43     |
| K       | 5.90      | 3.21      |
| Ca      | 17.60     | 9.33      |
| Итого   | 100.00    |           |



| Элемент | Весовой % | Атомный % |
|---------|-----------|-----------|
| O       | 55.35     | 73.03     |
| Mg      | 2.26      | 1.97      |
| Al      | 0.23      | 0.18      |
| Si      | 0.62      | 0.46      |
| S       | 18.52     | 12.19     |
| K       | 3.59      | 1.94      |
| Ca      | 19.42     | 10.23     |
| Итого   | 100.00    |           |

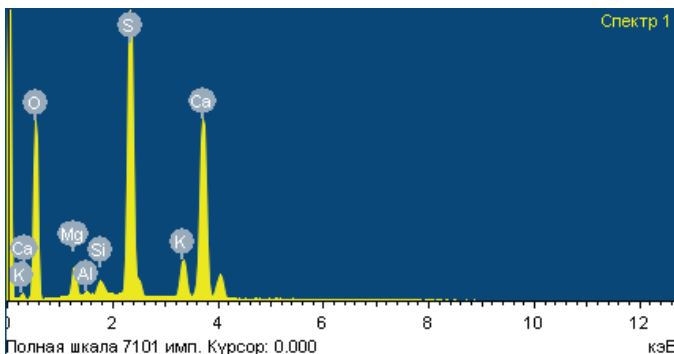


Рисунок 2 – Спектрограммы отмытой руды

Результаты дифференциально-термического анализа руды приведены на рисунке 3. Слабый эндотермический эффект в области 100-200°C связан с удалением адсорбированной воды из межкристаллического пространства и с дегидратацией гипса. Значительный эндотермический эффект зафиксирован в интервале температур 350-420°C с существенным увеличением потери массы образца, что

вызвано удалением кристаллизационной воды при разрушении структуры кристаллов карналлита и кизерита, а эндоэффект в интервале 470-530°C соответствует дегидратации полигалита. Таким образом, разрушение структуры кристаллов руды в результате прокалики может способствовать высвобождению индивидуальных солей, хорошо растворимых в воде.

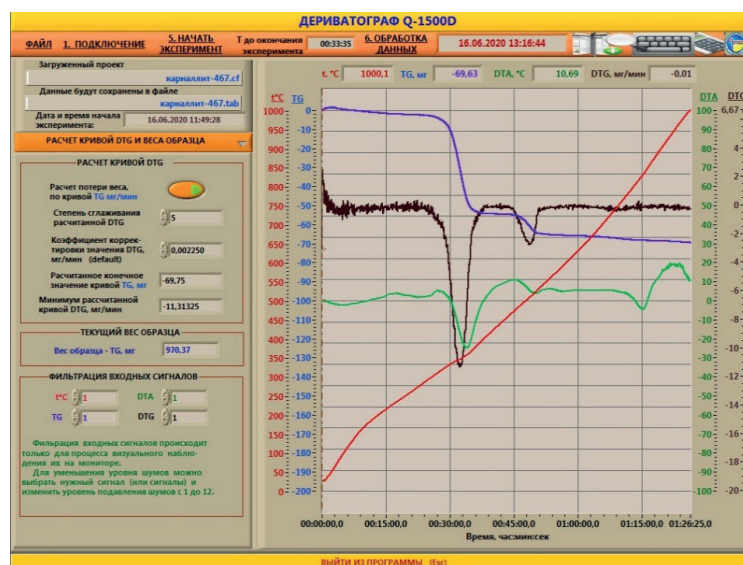


Рисунок 3 – Дериватограмма отмытой руды

Для дальнейшей переработки отмытой руды в удобрения полученный образец подвергали растворению в воде при температуре 50°C в течение 15 минут. Как показали результаты, однако, растворилось только 25% соли, а в раствор перешло остаточное количество неотмытого натрия и часть калия. Промывная вода содержит 0,37% Na<sub>2</sub>O и 0,98% K<sub>2</sub>O, что говорит о низкой эффективности перевода солей калия и магния в раствор. Это связано, вероятно, с присутствием в составе руды кристаллогидратов двойных солей, которые являются труднорастворимыми в воде. Поэтому отмытую руду подвергали прокалке при 550°C для разрушения кристаллической решетки этих соединений и тем самым повышения растворимости солей в составе отмытой руды.

Результаты рентгенофазового анализа прокаленной руды свидетельствуют о формировании безводных солей в результате прокалики. На рентгенограмме (рисунок 4) не обнаруживается наличие карналлита и гипса в составе образца, при этом отчетливо идентифицируются индивидуальные соли – сильвин (d= 3,16; 2,22; 1,82), сульфат магния (кизерит) (d= 3,38; 2,55; 4,82), ангидрит (d= 3,49; 2,85; 1,64), а также полугидрат сульфата кальция (d= 2,99; 2,8). Неизменным остается в составе глазерит (d= 2,9; 2,06; 4,07).

Прокаленную руду растворяли в воде при температуре 50°C в течение 15 минут при соотношении вода:соль=2:1. Жидкую и твердую фазу анализировали на содержание K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, CaO, MgO, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>. Результаты представлены в таблице 2.

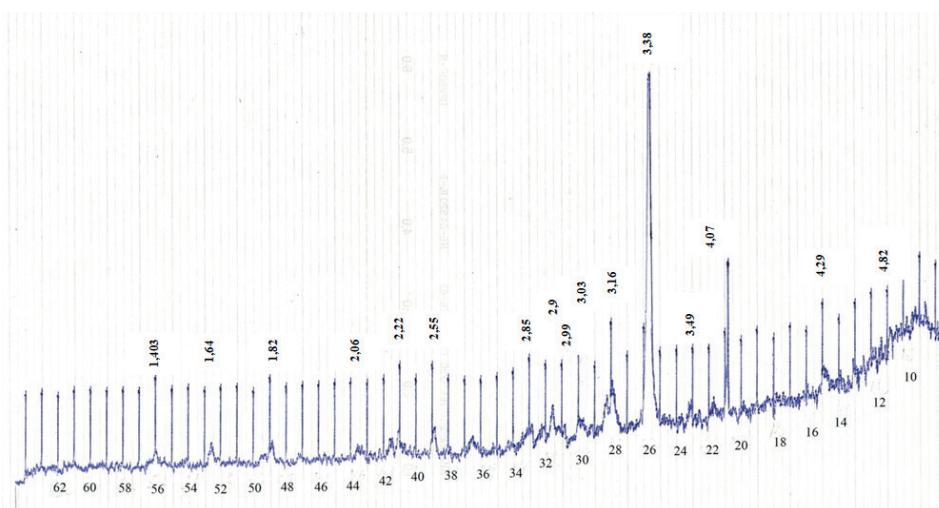


Рисунок 4 – Рентгенограмма прокаленной отмытой руды

**Таблица 2. Состав жидкой и твердой фаз после растворения прокаленной руды при температуре 50°C**

| Содержание компонента, %      | Исходная руда | Отмытая руда | Прокаленная руда | Фазы после растворения прокаленной руды |        | Степень перехода в жидкую фазу, % |
|-------------------------------|---------------|--------------|------------------|-----------------------------------------|--------|-----------------------------------|
|                               |               |              |                  | Твердая                                 | Жидкая |                                   |
| K <sub>2</sub> O              | 14,04         | 14,30        | 15,96            | 9,69                                    | 2,19   | 42,09                             |
| Na <sub>2</sub> O             | 8,47          | 1,25         | 2,52             | 0,05                                    | 0,64   | 97,97                             |
| CaO                           | 7,72          | 17,42        | 19,30            | 27,4                                    | 0,01   | 0,12                              |
| MgO                           | 5,55          | 7,40         | 8,95             | 5,65                                    | 1,91   | 48,02                             |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 26,58         | 59,13        | 62,12            | 52,3                                    | 11,7   | 41,81                             |
| Cl <sup>-</sup>               | 18,77         | 1,68         | 1,51             | 0,28                                    | 0,55   | 86,11                             |

Сравнительный анализ состава отмытой и прокаленной руды после ее растворения показывает, что содержание оксидов калия, натрия, магния и кальция возрастает ввиду концентрирования руды после ее прокалики с удалением кристаллизационной воды. Вместе с тем после растворения в воде при 50°C лишь около половины солей калия и магния переходит в раствор. Так, степень перехода  $K_2O$  в раствор составляет 42,09%,  $MgO$  – 48,02%. Состав жидкой фазы свидетельствует о том, что растворяются в основном сульфаты калия и магния, причем растворяется практически все остаточное количество хлорида натрия. На это указывают степени перехода в жидкую фазу ионов натрия 97,97% и хлорид-

ионов 86,11%. Нерастворимый сульфат кальция неизменно остается в твердой фазе, о чем свидетельствует элементный состав и спектрограмма, полученные на РЭМ (рисунок 5).

Рентгенограмма твердой фазы (рисунок 6), полученной после растворения прокаленной руды, показывает преимущественное содержание безводных солей кальция, калия и магния. Так, на рентгенограмме идентифицируются сильвин ( $d= 3,16; 2,22; 1,82$ ), сульфат магния (кизерит) ( $d= 2,05; 3,38; 4,82$ ), ангидрит ( $d= 3,49; 2,85; 1,64$ ), глазерит ( $d=4,07; 2,9; 2,06$ ) и карналлит ( $d= 3,86; 3,25; 3,03$ ).

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что перевод солей калия и магния в раствор при температуре 50°C является

| Элемент | Весовой % | Атомный % |
|---------|-----------|-----------|
| O       | 55.38     | 73.24     |
| Mg      | 1.65      | 1.43      |
| Al      | 0.25      | 0.20      |
| Si      | 0.71      | 0.54      |
| S       | 18.00     | 11.88     |
| K       | 3.06      | 1.65      |
| Ca      | 20.94     | 11.06     |
| Итого   | 100.00    |           |

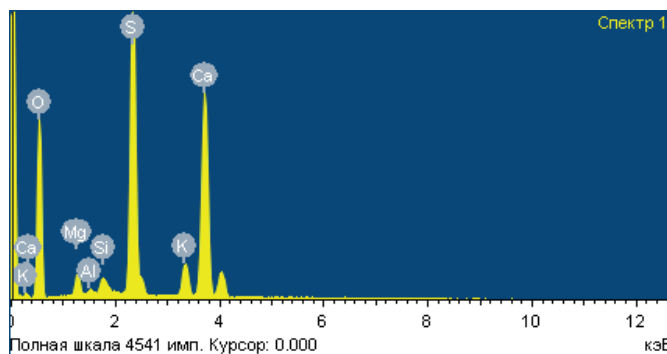


Рисунок 5 – Спектрограмма прокаленной руды после растворения

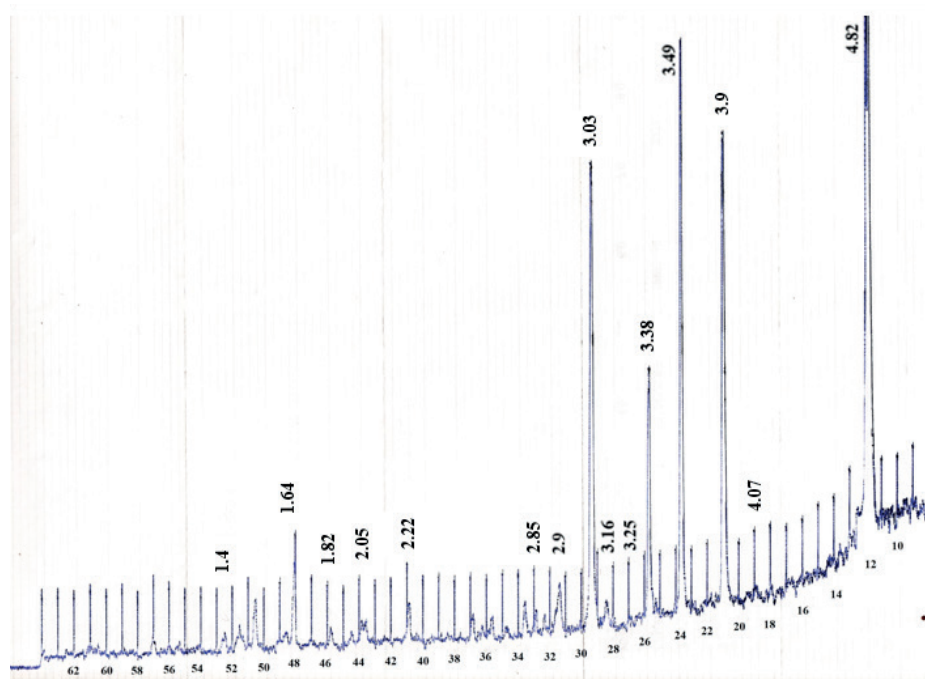


Рисунок 6 – Рентгенограмма прокаленной руды после растворения

неэффективным, поскольку более 50% ионов калия и магния остается в твердой фазе, и полученный разбавленный раствор нецелесообразно перерабатывать в минеральное удобрение. С учетом высокого температурного коэффициента растворимости сульфатов калия и магния, характеризующего увеличение растворимости с повышением температуры, следует изучить растворение данной руды при более высокой температуре. Поэтому был исследован процесс растворения прокаленной руды водой при температуре 90°C и изучена кинетика этого процесса по составу жидкой и твердой фаз. Растворение проводили так же, как в предыдущем опыте, при соотношении вода:соль=2:1 в интервале времени 30-60 минут при постоянной температуре, поддерживаемой циркуляционным термостатом LOIP-200, в реакторе с мешалкой. По окончании процесса разделенные жидкую и твердую фазы также анализировали на содержание  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $SO_4^{2-}$ . Результаты исследования представлены в таблице 3.

**Таблица 3. Состав фаз после растворения прокаленной руды при температуре 90°C**

| Содержание компонента, % | Фаза после растворения руды | Время растворения, мин. |      |      |
|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|------|------|
|                          |                             | 30                      | 45   | 60   |
| $K_2O$                   | твердая                     | 8,63                    | 8,49 | 6,21 |
|                          | жидкая                      | 2,64                    | 1,93 | 1,98 |
| $Na_2O$                  | твердая                     | 0                       | 0    | 0    |
|                          | жидкая                      | 0,60                    | 0,61 | 0,50 |
| $CaO$                    | твердая                     | 20,4                    | 21,0 | 21,8 |
|                          | жидкая                      | 0                       | 0    | 0    |
| $MgO$                    | твердая                     | 2,41                    | 5,10 | 5,40 |
|                          | жидкая                      | 2,30                    | 1,35 | 0,70 |
| $SO_4^{2-}$              | твердая                     | 55,1                    | 58,8 | 60,1 |
|                          | жидкая                      | 9,20                    | 8,71 | 5,90 |

Как следует из таблицы 3, после растворения при температуре 90°C в течение 30 минут в жидкую фазу переходит больше ионов калия и магния, чем при температуре 50°C, но всего на 20%. С увеличением времени процесса от 30 до 60 минут содержание оксида калия в твердой фазе снижается

от 8,63 до 6,21%, что вызвано высаливанием ионами магния, содержание которых возрастает от 2,41 до 5,4%. При этом замедляется переход в жидкую фазу этих ионов. Вместе с тем при температуре 90°C ионы натрия полностью переходят в раствор независимо от времени растворения. Также весь кальций остается в руде независимо от времени процесса. Таким образом, повышение температуры растворения руды водой не привело к существенному увеличению степени перехода в раствор солей калия и магния, в частности сульфатов, которые являются целевыми компонентами для получения минерального удобрения. Поэтому для достижения полного растворения данных солей требуется применять другие способы, связанные с химическими превращениями.

### Заключение

Для определения оптимального режима обогащения калийной руды месторождения Челкар по калию изучена эффективность двух- и трехкратной отмывки руды от солей натрия. Установлено, что целесообразно проводить двукратную отмывку руды промывной водой, при которой обеспечивается максимальное содержание в руде калия и минимальное содержание солей натрия. Эффективность отмывки подтверждается результатами рентгенографического анализа руды после второй отмывки. Дифференциально-термическим анализом показано, что при нагревании руды до температуры 550°C происходит дегидратация кристаллогидратов минералов, входящих в состав руды. Прокалка руды приводит к возрастанию в ее составе основных компонентов. Растворение прокаленной руды при температурах 50 и 90°C приводит лишь к частичному переходу в раствор солей калия и магния при полном растворении остаточных количеств солей натрия. Для достижения полного растворения сульфатов калия и магния, являющихся целевыми компонентами для получения минерального удобрения, требуется изучить химические методы превращения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Atameken.kz. Производство минеральных удобрений в Республике Казахстан. Национальная палата предпринимателей Республики Казахстан «Атамекен». Доступно с <<https://atameken.kz/uploads/content/files>>.
2. Newchemistry.ru. Обзор технологий производства калийных удобрений. Аналитический портал химической промышленности «Новые химические технологии». Доступно с <[https://newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=4959](https://newchemistry.ru/letter.php?n_id=4959)>.
3. Сейтмагзимова Г.М., Усенова А.Н., Асылханқызы А., Сейтмагзимов А.А. Переработка карналлитовых руд месторождения Челкар // Научные труды ЮКГУ им. М. Ауэзова. – Шымкент, 2018. – №4(48). – С. 178-182.
4. Асылханқызы А., Сейтмагзимова Г.М., Петров М., Джанмулдаева Ж.К. Исследование способов переработки калийных руд месторождения Челкар // Вестник Казахстанско-Британского технического университета. – №2(53). – Алматы, 2020. – С. 44-52.
5. Петропавловский И.А., Дмитриевский Б.А., Левин Б.В., Почиталкина И.А. Технология минеральных удобрений. – СПб.: Проспект науки, 2018. – 312 с.

## REFERENCES

1. Atameken.kz. Proizvodstvo mineralnykh udobreniy v Respublike Kazakhstan. Natsionalnaya palata predprinimateley Respubliki Kazakhstan «Atameken». Available from <<https://atameken.kz/uploads/content/files>>.
2. Newchemistry.ru. Obzor tekhnologiy proizvodstva kaliynykh udobreniy. Analiticheskiy portal khimicheskoy promyshlennosti «Novyye khimicheskiye tekhnologii». Available from <[https://newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=4959](https://newchemistry.ru/letter.php?n_id=4959)>.
3. G.M. Seytmagzimov, A.N. Usenova, A. Assylkhankyzy, A.A. Seytmagzimov. Pererabotka karnallitovykh rud mestorozhdeniya Chelkar // Nauchnyye trudy YuKGU im. M. Auezova. – Shymkent. 2018. – №4(48). – S. 178-182.
4. A. Assylkhankyzy, G.M. Seytmagzimova, M. Petrov, Zh.K. Dzhanmuldayeva. Issledovaniye sposobov pererabotki kaliynykh rud mestorozhdeniya Chelkar // Vestnik Kazakhstansko-Britanskogo tekhnicheskogo universiteta. – №2(53). – Almaty. 2020. – S. 44-52.
5. I.A. Petropavlovskiy, B.A. Dmitrevskiy, B.V. Levin, I.A. Pochitalkina. Tekhnologiya mineralnykh udobreniy. – SPb.: Prospekt nauki. 2018. – 312 s.

### Information about authors:

1. Assylkhankyzy A. – PhD student, South Kazakhstan University named after M. Auezov, Tauke khan Avenue 5, Shymkent
2. Seitmagzimova G.M. – PhD, Professor, South Kazakhstan State University named after M. Auezov, Tauke khan Avenue 5, Shymkent
3. Petropavlovsky I.A. – Doctor of Technical Sciences, Professor, D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Miusskaya Square, 9, Moscow

## INVESTIGATION ON THE PHYSICO - CHEMICAL PROPERTIES OF MAGNETIC CLAY COMPOSITES

ONALBEK G.S.<sup>1</sup>, ASKAROV B.A.<sup>1</sup>, MUSABEKOV K.B.<sup>1</sup>, VASIN K.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, 050000, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Satbayev University, 050000, Almaty, Kazakhstan.

**Abstract.** This article studies the main physical and chemical properties of magnetic clays. Structural changes in magnetic clay composite suspensions were evaluated by measuring the permittivity through direct measurement of the sensor capacitance and through computer measurement of the frequency of the electric signal inversely proportional to the sensor capacitance. Natural bentonite clay of the Tagan field (East Kazakhstan region) was used in this study. Magnetite synthesized by the method of co-precipitation of iron salts with magnetite-clay composites. Different compositions of clay-magnetite compounds were investigated to study the magnetic properties of the samples. According to the study, with the increasing of magnetite in the composition the magnetic properties increase. However, increasing the magnetite in the composition leads to lose the stability of the suspension. The stability of the suspension also investigated by measuring of the size of the particles. Depending on the findings of the study 20% magnetite-clay composition was the optimal value for the magnetic solution.

**Key words:** magnetic properties, bentonite, magnetic permeability, magnetic particles.

## МАГНИТТІ САЗДЫ КОМПОЗИТТЕРДІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

ОНАЛБЕК Г.С.<sup>1</sup>, АСКАПОВА Б.А.<sup>1</sup>, МУСАБЕКОВ К.Б.<sup>1</sup>, ВАСИН К.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, 050000, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті,  
050000, Алматы, Қазақстан

**Аңдатпа:** Бұл мақалада магниттік саздардың негізгі физика-химиялық қасиеттері зерттелінді. Магниттік сазды композициялық суспензиялардың құрылымдық өзгерістері сенсордың сыйымдылығын тікелей өлшеу және магниттік өткізгіштігін өлшеу арқылы зерттелінді. Осы зерттеуде Таган кен орнының (Шығыс Қазақстан облысы) табиғи бентонитті сазы пайдаланылды. Магнетит темір тұздарын магнетит-сазды композиттермен бірге тұндыру әдісімен синтезделді. Үлгілердің магниттік қасиеттерін зерттеу үшін саз-магнетит қосылыстарының әртүрлі композиттері қарастырылды. Зерттеулерге сәйкес, композициядағы магнетит құрамының жоғарылауымен магниттік қасиеттер артады. Алайда композициядағы магнетиттің жоғарылауы суспензияның тұрақтылығын жоғалтуға әкеледі. Суспензияның тұрақтылығы бөлшектердің мөлшерін өлшеу арқылы да зерттелді. Зерттеу нәтижелеріне байланысты 20% магнетит-саз құрамы магниттік ерітінді үшін оңтайлы мән болды.

**Түйінді сөздер:** магниттік қасиеттер, бентонит, магниттік өткізгіштігі, магниттік бөлшектер.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ  
МАГНИТНЫХ ГЛИНОНАЛБЕК Г.С.<sup>1</sup>, АСКАПОВА Б.А.<sup>1</sup>, МУСАБЕКОВ К.Б.<sup>1</sup>, ВАСИН К.А.<sup>2</sup><sup>1</sup>Казахский Национальный университет имени аль-Фараби 050000, Алматы, Казахстан<sup>2</sup>Казахский Национальный исследовательский технический университет  
имени К. И. Сатпаева, 050000, Алматы, Казахстан

**Аннотация.** В статье исследуются основные физико-химические свойства магнитных глин. Структурные изменения в суспензиях магнитно-глинистых композиционных материалов оценивали путем измерения электрической проницаемости путем прямого измерения емкости датчика и путем компьютерного измерения частоты электрического сигнала, обратно пропорциональной емкости датчика. В исследовании использовалась природная бентонитовая глина Таганского месторождения (Восточно-Казахстанская область). Магнетит синтезирован методом соосаждения солей железа с магнитными-глинистыми композитами. Были исследованы различные составы глинисто-магнетитовых соединений для изучения магнитных свойств образцов. Согласно исследованию, с увеличением содержания магнетита в составе магнитные свойства увеличиваются. Однако увеличение количества магнетита в составе приводит к потере устойчивости суспензии. Стабильность суспензии также исследовали путем измерения размера частиц. В зависимости от результатов исследования 20% магнетит-глинистый состав был оптимальным значением для магнитного раствора.

**Ключевые слова:** магнитные свойства, бентонит, магнитная проницаемость, магнитные частицы.

### Introduction

Nowadays, the study of water-based magnetic fluids is one of the interesting topics on the scientific field. Water-based magnetic fluids (MF) and magnetite, used as a dispersed phase in a magnetic fluid, are practically harmless to the human body, and water is a unique medium with a number of anomalous properties. Therefore, water-based magnetic fluid is an interesting object for use in medical purposes [1].

Magnetic fluids have a unique combination of fluidity and the ability to interact with a magnetic field. Their properties are determined by a set of characteristics of its constituent components (solid magnetic phase, dispersion medium and stabilizer), varying which, within a wide range, the physicochemical parameters of MF can be changed depending on the conditions of their application. A list of many of these characteristics was given in a number of works [2-3], however, the main colloidal-chemical property that determines the conditions for using MF as intended is the aggregative stability of this colloidal system in combination with a high dispersion of the magnetic phase.

Currently, a lot of research is being carried out in this direction [3-5]. So, for example, with the help of magnetic fluid, drugs are delivered to the targeted area, biologically compatible water-

based magnetite liquids with ascorbic acid as a stabilizer were created, which were injected into blood vessels, magnetically controlled liposomes were obtained, in which fine particles of magnetite were simultaneously encapsulated with a drug [6]. The use of magnetic fluid and ophthalmology is patented, in particular for the treatment of retinal detachment [7]. Magnetic sorbents, which have the general name "ferrocarbon", obtained on the basis of carbon with included iron particles, are described [8]. Magnetic particles are used to create artificial muscles, magnetic fluids, magnetically controlled adsorbents [9-10]. Of great interest is the use of magnetic particles in medicine for the delivery of drugs to organs [11-12]. Recently, bentonite clays, in particular, montmorillonite particles bearing magnetite nanoparticles ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), have been used quite often as magnetic particles.

### Materials and methods of research

X-ray diffraction analysis of a sample of this clay was carried out on an automated DRON-3 diffractometer with  $\text{Cu}_{\text{K}\alpha}$  - radiation,  $\beta$ -filter. Conditions for recording diffraction patterns:  $U = 35 \text{ kV}$ ;  $I = 20 \text{ mA}$ ; shooting  $\theta$ - $2\theta$ ; detector  $2 \text{ deg} / \text{min}$ . The quantitative ratios of the crystalline phases were determined. Interpretation of diffractograms was carried out using data from the ICDD card index: the

database of powder diffractometric data PDF2 (PowderDiffractionFile) and diffractograms of minerals free of impurities. The research results are presented in Table 1.

**Table 1. Results of semi-quantitative X-ray phase analysis of crystalline phases**

| Phase name | Formula                                                                                               | Concentration, % |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| bentonite  | $(\text{Na,Ca})_{0.3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ | 97.7             |
| silica     | $\text{SiO}_2$                                                                                        | 2.3              |

Montmorillonite was dispersed in water at pH = 7 and fractionated by sedimentation. A fraction stable for 1 day with an average particle diameter of  $1.9 \pm 0.2 \mu\text{m}$  was used.

Samples of magnetite-clay (MC) composites were obtained according to the modified method of Elmore [13] by chemical condensation, which is based on the reaction  $2\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + 8\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 \downarrow + 6\text{NH}_4\text{Cl} + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 23\text{H}_2\text{O}$

The reaction was carried out at a ratio of salts Fe +3/Fe +2 2: 1, with a 1.5-fold excess of ammonium hydroxide and with stirring of the solution in order to limit the growth of particles when obtaining a highly dispersed precipitate. To obtain clays, according to the Elmore method, the amounts of the initial salts of iron (II, III) were taken on the basis of the stoichiometry of the reaction of obtaining magnetite according to the Elmore method (in an equivalent ratio). Since the theoretical mass of the magnetite formed as a result of the reaction is known, and considering that the same amount of it should have been formed "inside the structure" of the clay, to obtain magnetic clays, theoretically containing 5, 10, 20 and 50% magnetite, we took the corresponding weighed portions of clay.

Sedimentation analysis was performed. The particle size was determined using a ZetaSizer device (Malvern) [14].

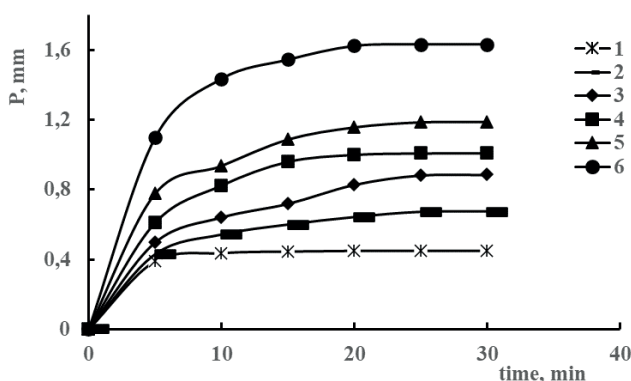
The stability of the magnetic hydro suspension was studied by the kinetics of changes in its optical density (D) [15]. The optical density (A) was measured on a PD-303 spectrophotometer (Japan) at a wavelength of 540 nm with constant slow stirring of the system with a magnetic stirrer.

The magnetic permeability was measured using a computer measuring complex using a controller - "USB - frequency meter PM 732" [16], the software of which shows the signal frequency on the monitor screen inversely proportional to the dielectric constant of the measured substance. For this, the measuring capacitor was included in the circuit of the electric pulse generator. At each value of R, by measuring the frequency of generation with a filled measured substance, its relative magnetic permeability is calculated. It should be emphasized that important parameters of magnetic substances are relative magnetic permeability  $\mu$ , magnetization  $I$ , magnetic moment of domains and etc.

### Results and discussion

Determination of the particle size of the dispersed phase and the construction of particle size distribution curves are the essence of the analysis of variance.

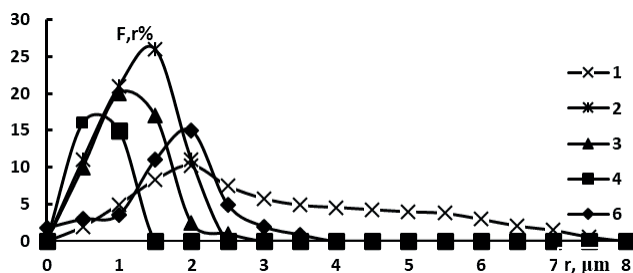
According to the results of sedimentation analysis, the preferred particle size of montmorillonite was 1-2 microns. The results of the studies are shown in Figure 1.



1 - bentonite clay, 2 - composite MC 5%, 3 - composite MC 10%, 4 - composite MC 20%, 5 - composite MC 50%, 6 - magnetite

Figure 1. Sedimentation curve of deposition of 0.05% suspensions of composites of MC and pure magnetite

As can be seen from the figure 1, pure clay has the lowest rate of sediment accumulation (curve 1), with an increase in the magnetite content, the rate of particle settling and their accumulation increases (curves 2 - 6). It was found that the original clay is characterized by a wide particle size distribution ( $r = 0.1 \div 7.8 \mu\text{m}$ ). Differential particle size distribution curves results are shown in Figure 2.



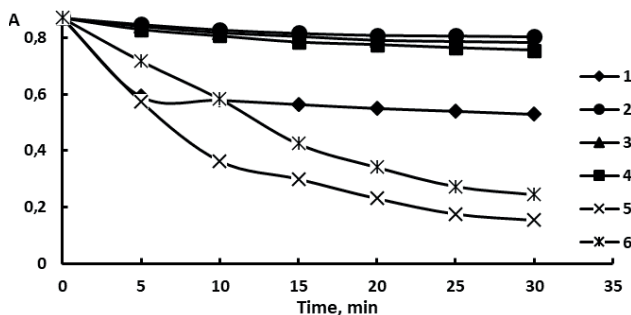
1 - bentonite clay, 2 - composite MC 5%, 3 - composite MC 10%, 4 - composite MC 20%, 5 - composite MC 50%, 6 - magnetite

Figure 2. Differential curves of particle size distribution in aqueous suspensions

It was found that the original clay is characterized by a wide particle size distribution ( $r = 0.1 \div 7.8 \mu\text{m}$ ). The introduction of magnetite particles into clay leads, on the one hand, to a shift of the maxima of the differential distribution curves of particles in the region of small values of  $r$ , to a narrowing of these curves.

In other words, in the presence of magnetite, the particles of bentonite clays become more monodisperse and finer than the original clay. This may be due to an increase in the density of clay particles and a decrease in their swelling when introducing magnetite.

To study the effect of water-soluble polymers (WSP) on the stability of a hydrosuspension of magnetic clays obtained by the formation of magnetite (Mgt)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles in the interpacket space of Na - montmorillonite. More accurate information on the flocculating effect of the considered polyelectrolytes was obtained by studying this process spectrophotometrically. The research results are shown in Figure 3.

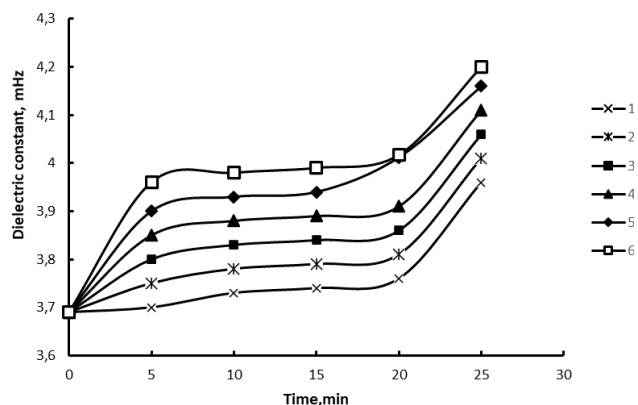


1 - bentonite clay, 2 - composite MC 5%, 3 - composite MC 10%, 4 - composite MC 20%, 5 - composite MC 50%, 6 - magnetite

Figure 3. Kinetics of the change in optical density ( $A_{540}$ ) of a hydro suspension of the MC composite with the addition of sodium alginate and chitosan of various concentrations

It was found that at a concentration of 0.25%, both WSP significantly stabilize 0.05% hydrosuspension of magnetic clay composites. Chitosan at the same concentration has no significant effect on the stability of the suspension under consideration. The condition for effective stabilization of particles is the compatibility of the ferro phase, stabilizer and dispersion medium, while the best stabilizers are substances such as Na alginate in 0.25% concentrations, which dissolve well in the dispersion medium. Stabilization is explained by a decrease in the surface energy of dispersed particles and an increase in the absolute value of their electro kinetic potential, as well as due to structural-mechanical and steric factors.

The experimental data on the magnetic permeability of MC composites are shown in Figure 4.



1 - bentonite clay, 2 - composite MC 5%, 3 - composite MC 10%, 4 - composite MC 20%, 5 - composite MC 50%, 6 - magnetite

Figure 4. Dependence of magnetic permeability on time of 5% suspensions of MG composites

Figure 4 shows that with an increase in the concentration of magnetite in the composition of clay composites in a ratio of 5, 10, 20, 50%, the values of the magnetic permeability are increased. This is due to the different ratio between the components of the conductivity due to the mobility of the magnetic particles. Magnetic susceptibility is the proportionality coefficient between magnetization and the external magnetic field that created it, and is numerically equal to the ratio of magnetization to magnetic field strength. Most iron minerals are ferromagnetic (magnetite, titanium-magnetite,

pyrrhotite, etc.). Thus, the magnetic properties of composites of magnetic clays show the influence on the formation of the mesostructured not only in strong fields, but also in the geomagnetic field.

### Conclusion

The experimental results obtained using a complex of modern physicochemical methods and their interpretation allow us to draw the following conclusions:

It was found that the values of the maximum magnetization of composites synthesized by the Elmore method significantly exceed the values of magnetization for samples containing iron

oxide in the form of  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . It was shown that the use of composites containing  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  makes it possible to obtain materials with pronounced magnetic properties at a low iron content, which is explained by the presence nano-sized particles.

The introduction of magnetite particles into the structure of bentonite clay leads to a decrease in the stability of hydraulic suspensions of composites and a decrease in the size of composites, which is caused by an increase in the density of clay particles and a decrease in their swelling upon the introduction of magnetite. Magnetic properties of fluid increased by adding more magnetite.

### REFERENCES

1. Vo Dai Tu, Truong Xuan Nam. Electrosurface characteristics of particles of clay minerals in aqueous suspensions // The 17th International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Modern Techniques and Technologies". – Tomsk: TPU Press. – 2011. – pp. 250-252.
2. E. Tombacz, Szekeres. Colloidal Behaviour of Aqueous Montmorillonite Suspensions: The Specific Role of pH in the Presence of Indifferent Electrolytes // Appl. Clay Sci. – 2004. – 27. – pp. 75-94.
3. R. O. O'Handley, // Modern Magnetic Materials. Principles and Application; Wiley & Sons, New York. – 2000. – pp. 33.
4. K. Nagashima. Influence of Magnetic Impurities on Proton Spin Relaxation of Water in Clay // Appl. Magn. Reson. – 2006. – 30. – P. 55.
5. A. Almedar, and N. Gungor. The Rheological Properties and Characterization of Bentonite Dispersions in the Presence of Non-ionic Polymer PEG // J. of Mater. Sci. – 2005. – 40. - №7. – P. 171-177.
6. L. Komissatova // J. Magn. Mater. – 2001. – 225. – pp. 197-201.
7. L. Vékás, M. Raşa., D. Bica // J. Coll. Int. Sci. – 2000. – 231. – pp. 247 – 254.
8. T. Neuberger, B. Schöpf, H. Hofmann, M. Hofmann, B. Von Rechenberg, // J. Magn. Mater. – 2005. – 293. – P. 483.
9. O. Philippova, A. Barabanova, V. Molchanov, A. Khokhlov // Eur. Polym. J. – 2011. – 47. – P. 542.
10. S. Odenbach, E. Blums, T. Volker, G. Bossis // Magn. Hydrodyn. – 2000. – 36. – № 2. – pp. 10 – 12.
11. Yu. I. Dikanskiy, M. A. Bedzhanyan, V. V. Kiselev // Colloid Journal. – 2002. – 64. – № 1. – pp. 29-33.
12. R. Meszaros, S. Barany, Solomentseva I. Effect of Hydrodynamic Conditions on the Kinetics of Bentonite Suspension Flocculation by Cationic Polyelectrolytes and the Strength of Formed Flocs // Colloid Journal. – 2010. – 72. – № 1. – pp. 409-416.
13. K.B. Mussabekov, I. Dekany, N.E. Korobova, D.K. Bolatova. Preparation of semiconductor and transmission metal nanoparticles on colloidal solid supports IV International Symposium Physics and Carbon Materials / Nanoengineering. – Almaty, 2006. – P. 42-46.
14. R. Taubaeva, R. Meszaros, K. Musabekov and S. Barany. // Electrokinetic Potential and Flocculation of Bentonite Suspension in Solutions of Surfactants, Polyelectrolytes, and Mixtures Thereof. Colloid Journal. – 2015. - 77. - №1. - P. 91-98.

15. R.Meszaros, S.Barany, I.Solomentseva // Effect of Hydrodynamic Conditions on the Kinetics of Bentonite Suspension Flocculation by Cationic Polyelectrolytes and the Strength of Formed Flocs, Colloid Journal. – 2010. – 72. - №1. – P.409-416.
16. [http: //www.masterkit.ru/main/set.php?code\\_id=903041](http://www.masterkit.ru/main/set.php?code_id=903041)

---

**Information about authors:**

1. Onalbek G.S. – Master student, Faculty of Chemistry and Chemical Technology, Al-Farabi Kazakh National University, Al-Farabi Avenue 71, Almaty  
Email: [guldana.ongalbek@gmail.com](mailto:guldana.ongalbek@gmail.com)
2. Askapova B.A. – PhD student, Faculty of Chemistry and Chemical Technology, Al-Farabi Kazakh National University, Al-Farabi Avenue 71, Almaty  
Email: [bahonya\\_askapova@mail.ru](mailto:bahonya_askapova@mail.ru)
3. Musabekov K.B. – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Al-Farabi Avenue 71, Almaty  
Email: [kuanyshebek.musabekov@kaznu.kz](mailto:kuanyshebek.musabekov@kaznu.kz)
4. Vasin K.A. – PhD student, A. Burkitbaev Institute of Industrial Automation and Digitalization, Satbayev University, Satpayev street 22, Almaty

# ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 004.852  
МРНТИ 28.23.25

DOI 10.55452/1998-6688-2021-18-3-28-35

## PREDICTION OF STOCKS USING MACHINE LEARNING METHODS

**BEXULTAN Y. M.**

*Kazakh-British Technical University, 050000, Almaty, Kazakhstan*

**Abstract.** Retail trade or retail is a sale of certain goods to the end consumer or intermediary for further sale, which is implemented through trade in specially equipped premises, through personal sales, etc. Also, retail trade is a commodity exchange process aimed at meeting the demand of customers.

In addition, the retail sector currently occupies a leading position in terms of the intensity of development of the CIS countries economy. Excellent indicators have been achieved and many companies have reached a new level of trading. By about 2005, more than a dozen major retail chains had passed the billion-dollar milestone in terms of annual net revenue, and this is in dollars. The turnover of individual stores and retail facilities competed with some industrial enterprises with solid turnover and production bases.

Thus, we can claim that the sphere of trade affects the growth and development of related industries. The product promotion chain involves the participation of customers and their demand, as well as other participants in the process. Moreover, the development of trade requires sellers to pay more and more attention to working with the product range and inventory balances. Working with inventory and product balances is a main issue for many retailers. And the many companies needed to make sure that there is a sufficient quantity of goods in the warehouse. Another point is that, exclude overstocking, because this is also one of the problems of retailers with a high degree of accuracy is required to make decisions.

To sum up, making decisions in inventory management directly affects sales volumes, logistics costs, revenue, profit, and profitability. Inventory prediction is a necessary task to maintain an optimal level of inventory. I would like to note that the goal of the project / dissertation is to solve this problem using modern prediction methods based on machine learning technologies. The result is that in this way it is quite possible to analyze the dynamics of sales(consumer demand) thousands or even more products.

**Key words:** retail trade, machine learning technology, prediction methods, problem, inventory, retailers, warehouse, balance, overstocking, economy, trading, demand of customers.

## МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП ҚОЙМА ҚОРЛАРЫН БОЛЖАУ

**БЕКСУЛТАН Е. М.**

*Қазақстан-Британ техникалық университеті, 050000, Алматы, Қазақстан*

**Аңдатпа.** Бөлішектік сауда – бұл белгілі бір тауарларды соңғы тұтынушыға немесе делдалға дейін және одан әрі сату, жеке сату және т.б. сату түрлері арқылы жүзеге асырылады. Ал бөлішек сауда дегеніміз – бұл сұранысты қанағаттандыруға бағытталған тауар айырбастау процесі. Сонымен қатар бөлішек сауда секторы қазіргі уақытта ТМД елдері экономикасының даму қарқындылығы бойынша жетекші орынға ие. Өте жоғары көрсеткіштерге қол жеткізілді және көптеген компаниялар сауда-саттықтың жаңа деңгейіне шықты. Шамамен 2005 жылға қарай оннан астам ірі сауда желілері жылдық таза кірісі бойынша миллиард долларлық межеден өтті. Жеке дүкендер мен бөлішек сауда объектілерінің тауар айналымы және өндірістік базалары бар кейбір өнеркәсіптік кәсіпорындармен бәсекелесті.

Олай болса, сауда саласы, сабақтас салалардың өсуі мен дамуына әсер етеді деп айтуға

болады. Сауданың дамуы сатушылардан тауар ассортиментімен және тауарлық-материалдық құндылықтармен жұмыс жасауға көбірек көңіл бөлуді талап етеді. Тауарлық-материалдық құндылықтармен істеу көптеген сатушылар үшін басты мәселе болып табылады. Осыған орай компаниялар қоймада тауарлардың жеткілікті мөлшерде екендігіне көз жеткізуі керек. Сондай-ақ тауардың шектен тыс көп болуы да дұрыс емес және мұны болдырмай, алдын алу қажет.

Қорытындылай келе, тауарлық-материалдық құндылықтарды басқаруда шешім қабылдау, сату көлеміне, логистикалық шығындарға, кіріске, пайдаға және рентабельділікке тікелей әсер етеді. Қойма қорларын болжау – бұл түгендеудің оңтайлы деңгейін ұстап тұру үшін қажетті міндет. Жобаның / диссертацияның мақсаты – проблеманы машиналық оқыту технологияларына негізделген заманауи болжау әдістерін қолдану арқылы шешу екенін атап өткіміз келеді. Осылайша мыңдаған немесе одан да көп өнімді сату динамикасын (тұтынушылық сұранысты) әбден талдауға болады.

**Түйінді сөздер:** бөлік сауда, машиналық оқыту технологиясы, болжау әдістері, проблема, тауарлық-материалдық құндылықтар, бөлік сауда орындары, қойма, баланс, артық қор, экономика, сауда, сатып алушылардың сұранысы.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СКЛАДСКИХ ЗАПАСОВ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

**БЕКСУЛТАН Е. М.**

*Казахстанско-Британский технический университет, 050000, Алматы, Казахстан*

**Аннотация.** Розничная торговля - это продажа определенных товаров конечному потребителю или посреднику для дальнейшей продажи, которая осуществляется через торговлю в специально оборудованных помещениях, через личные продажи и т. д. Также розничная торговля – это процесс товарного обмена, направленный на удовлетворение спроса клиентов.

Кроме того, в настоящее время сектор розничной торговли занимает лидирующие позиции по интенсивности развития экономики стран СНГ. Достигнуты отличные показатели, и многие компании вышли на новый уровень торговли. Примерно к 2005 году более десятка крупных розничных сетей преодолели рубеж в миллиард долларов с точки зрения годовой чистой выручки, и это выражается в долларах. По товарообороту отдельные магазины и торговые объекты конкурировали с некоторыми промышленными предприятиями, имеющими солидный товарооборот и производственную базу.

Таким образом, можно утверждать, что сфера торговли влияет на рост и развитие смежных отраслей. Цепочка продвижения продукта предполагает участие покупателей и их спрос, а также других участников процесса. Более того, развитие торговли требует от продавцов все больше внимания уделять работе с товарным ассортиментом и остатками на складе. Работа с товарными запасами и остатками продуктов является основной проблемой для многих розничных продавцов. И многим компаниям нужно было убедиться, что на складе есть достаточное количество товара. Другой момент - исключить затоваривание, потому что это тоже одна из задач ретейлеров, от которых требуется высокая степень точности принятия решений.

Подводя итог, можно сказать, что принятие решений в управлении запасами напрямую влияет на объемы продаж, логистические затраты, выручку, прибыль и рентабельность. Прогнозирование запасов - необходимая задача для поддержания оптимального уровня запасов. Хотим отметить, что целью проекта / диссертации является решение данной проблемы с использованием современных методов прогнозирования, основанных на технологиях машинного обучения. В результате таким способом вполне возможно анализировать динамику продаж (потребительского спроса) тысяч и даже более товаров.

**Ключевые слова:** розничная торговля, технология машинного обучения, методы прогнозирования, проблема, инвентарь, розничные торговцы, склад, баланс, затоваривание, экономика, торговля, спрос покупателей.

## Introduction

Over the past few years, the topic of artificial intelligence (AI) has caused a lot of hype in the media. Machine learning, deep learning, and AI have been mentioned in countless articles, many of which have nothing to do with technology descriptions. We were promised the appearance of virtual interlocutors of cars with autopilot and virtual assistants. Sometimes the future was painted in dark colors, and sometimes it was depicted as utopian: freeing people from

routine labor and performing the main work by robots endowed with artificial intelligence. It is important for a future or current expert in the field of machine learning to be able to distinguish a useful signal from noise, to see in inflated press releases changes that can really affect the world. Our future is at stake, and you will play an active role in it: when you finish reading this book, you will join the ranks of those who develop AI systems.

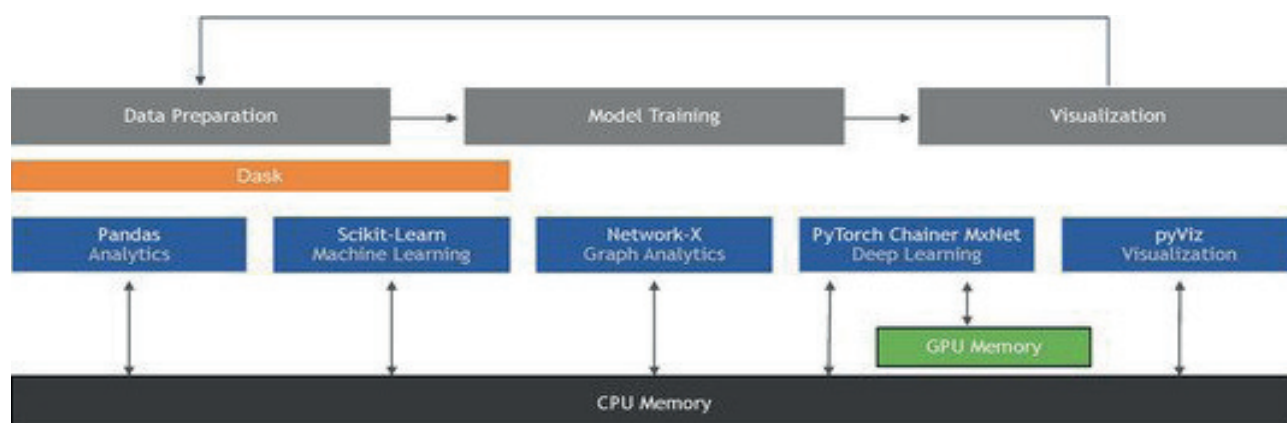


Figure 1: Machine model

So let's look at the following questions: What has deep learning already achieved? how does my project relate to deep learning? what kind of project? how important is it? in what direction will further development go?

This work lays the foundation for further discussion of AI, machine learning, and deep learning.

### Problem statement and motivation

The research is that is it possible to predict inventory levels using machine learning?

I researched a lot about this and found the answer. The main reason for creating and working with this project is to find out the answer to this question and motivation, because the development of trade, especially on the Internet, requires sellers to pay more and more attention to working with the range of goods and stock balances. Inventory forecasting is a necessary task to maintain their optimal level. To solve this problem, modern forecasting methods based on machine learning technologies are used. In this

way, it is quite possible to analyze the dynamics of sales of thousands of products. However, different product categories require different approaches. Predicting the demand for food and everyday goods is easy, simple algorithms are suitable for this, but when it comes to specialized goods with rare demand, special algorithms and approaches are needed. The task becomes more complicated if the business is interested in forecasting inventory for each "pre-known" buyer.

### Research question and objectives

Let's say the buyer has reserved an item, and the seller wants to know: when will the buyer buy back this item, and whether he will buy it back at all?

The approach to solving this problem is based on clustering all products into common groups. Each company, of course, has its own classification of goods: by product line, by manufacturer, by type, etc. In the vast majority of cases, the number of these "types" of goods

is huge. And, of course, some products are sold rarely and very rarely, which leads to difficulties in forecasting, but these products also need to be taken into account. In these conditions, it is necessary to artificially "increase the demand for goods". For this purpose, the clustering of goods by the most important factors is carried out.

Where are the growth points and opportunities for using AI when working with inventory?

For example, a chain of stores consisting of several locations inevitably faces two interrelated problems: the first is the lack of reliable information about the capacity of the store and the second, as a result, it is not clear how much to order goods to the store.

What is the root of the problem?

All stores are different in size, a set of commercial equipment, and if the network is also large, having different store concepts, it is absolutely impossible to understand the exact capacity.

In clothing stores, you are also faced with a seasonal change in the collection, and the number of combinations can be so significant that you can not do without the process of simplifying the calculations. Simplification leads to errors in the calculation, assumptions and, as a rule, an excessive order, frozen money, excessive labor resources and loss of profit for the business.

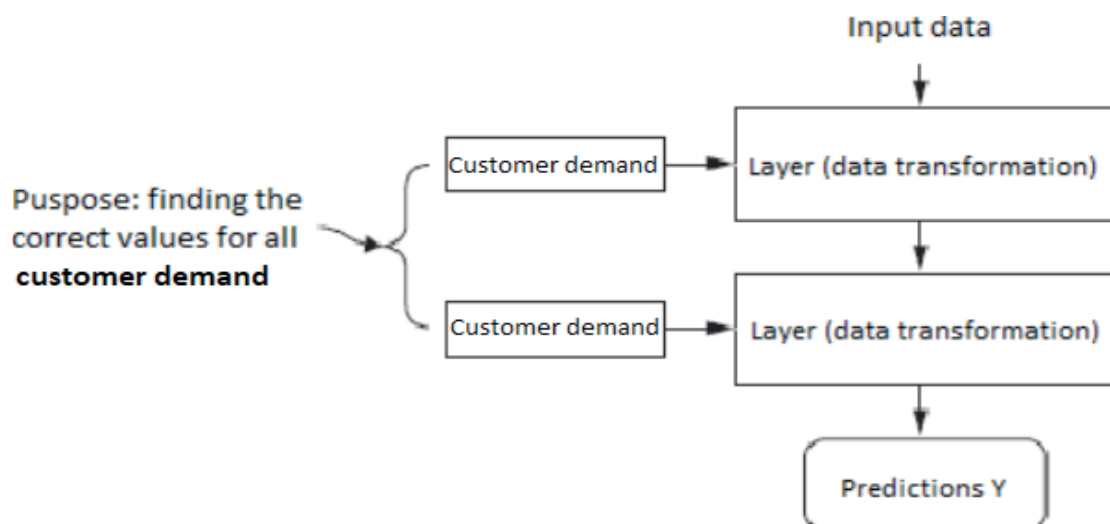
### The prototype environment

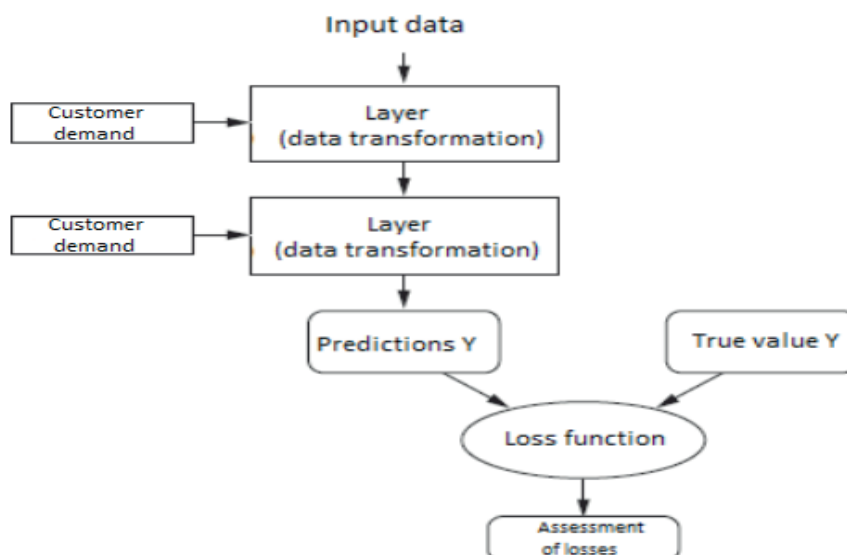
The essence of machine learning is to transform input into a result, which is revealed by examining many examples of input data and

results. You also know that deep neural networks turn the source data into a result by performing a long sequence of simple transformations (layers), and learn these transformations from examples. Now let's see exactly how the training takes place.

What exactly a level does with its input data is determined by its *customer demand*, which are actually a set of numbers. In technical terms, we can say that the transformation implemented by a layer is parameterized by its customer demand. (Customer demand is also sometimes referred to as layer options.) in this context, training refers to the search for a set of customer demand of all layers in the network, in which the network will correctly map the model input data to the corresponding results. But here's the thing: a deep neural network can contain tens of millions of parameters. Finding the correct value for each of them can be a daunting task, especially if changing the value of one parameter affects the behavior of all the others.

To control something, you first need to be able to observe it. To control the result of a neural network, you need to be able to measure how far this result is from the expected one. This problem is solved by the network loss function, which is also called the target function. The loss function takes the prediction given by the network and the true value (which the network should have returned) and calculates an estimate of the price and customer demand between them, reflecting how well the network did with this particular example.





### Conclusion

In conclusion, we got a code that analyzes the past history of products. And predicts the future demand of a certain product. This is very convenient for many companies to make the decisions in inventory management that directly affects sales volumes, logistics costs, revenue, profit, and profitability. Inventory prediction is a necessary task to maintain an optimal level of inventory. The code is able to solve this problem using modern prediction methods based on machine learning technologies that can identify and predict results is that in this way it is quite possible to analyze the dynamics of sales(consumer demand) thousands or even more products.

### Source systems

The source systems are mainly systems that feed the in-memory platform(Ms Excel) with data; such data could come from shop/supermarket systems or researches.

### Data model

|                |
|----------------|
| ● id           |
| Product        |
| Sold(ths.)     |
| Price(dollars) |

### Necessary libraries for Python to create a program

All the Libraries:

```

import math
import csv
import string
import sys
import numpy as np
import pandas as pd
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
from keras.models import Sequential
from keras.layers import Dense, LSTM
import matplotlib.pyplot as plt
plt.style.use('fivethirtyeight')
  
```

**NumPy** short for "Numerical Python", is the main package for performing scientific calculations in python.

**Pandas** library provides data structures and functions designed to make working with structured data simple, fast and expressive.

The **Pandas** library combines the high performance of **Numpy's** array tools with the flexible data manipulation capabilities

of spreadsheets and relational databases (for example, **based on SQL**). It provides advanced indexing tools that allow you to easily change the shape of data sets, form longitudinal and cross-sections, perform aggregation, and select subsets.

**Matplotlib** library is the most popular Python tool for creating graphs and other ways to visualize two-dimensional data.

## Dataset

```
main = pd.read_csv('manage.csv', encoding= 'unicode_escape')
main
```

|      | id   | Product                                           | Sold(thousands) | Price(dollars) |
|------|------|---------------------------------------------------|-----------------|----------------|
| 0    | 1    | Svet-k LRV 2618 S/A (TT-KZ) 2 sht                 | 280.399994      | 286.040009     |
| 1    | 2    | Svet-k LRV 2618 S/A ELECTR (TT-KZ) 2sht           | 272.510010      | 277.390015     |
| 2    | 3    | Svet-k LRV 2X18W S/A KONDENSATOR (TEKSAN)2sht     | 277.519989      | 282.109985     |
| 3    | 4    | Svet-k LRV 2X18W S/A ELECTRON (TEKSAN)2sht        | 528.409973      | 547.200012     |
| 4    | 5    | Svet-k LRV 2X36W S/A (TT-KZ)                      | 559.099976      | 569.559998     |
| ...  | ...  | ...                                               | ...             | ...            |
| 996  | 997  | Sv.OPALLED GEOMETRY48W WH S/U 600x600 3000K(TT... | 303.529999      | 305.500000     |
| 997  | 998  | Sv.OPALLED GEOMETRY48W WH S/U 600x600 4500K(TT... | 288.200012      | 308.440002     |
| 998  | 999  | Sv.OPALLED GEOMETRY48W WH S/U 600x600 5700K(TT... | 309.000000      | 321.899994     |
| 999  | 1000 | Sv.OPALLED GEOMETRY48WBLACK S/U600x600 3000K T... | 314.670013      | 321.640015     |
| 1000 | 1001 | Sv.OPALLED GEOMETRY48W BLACKS/U600x600 4500K T... | 318.100006      | 320.100006     |

1001 rows x 4 columns

|   | A  | B            | C               | D              |
|---|----|--------------|-----------------|----------------|
| 1 | id | Product      | Sold(thousands) | Price(dollars) |
| 2 | 1  | Svet-k LRV 2 | 280.399994      | 286.040009     |
| 3 | 2  | Svet-k LRV 2 | 272.510010      | 277.390015     |
| 4 | 3  | Svet-k LRV 2 | 277.519989      | 282.109985     |
| 5 | 4  | Svet-k LRV 2 | 528.409973      | 547.200012     |
| 6 | 5  | Svet-k LRV 2 | 559.099976      | 569.559998     |

Figure 1. Dataset summary

## Prediction



| Sold(th\$.) | Predictions | 558.080017 | 133.646652 |
|-------------|-------------|------------|------------|
| 329.290009  | 94.053497   | 567.429993 | 135.104218 |
| 327.029999  | 94.004158   | 618.000000 | 136.556519 |
| 321.739990  | 93.892036   | 632.520020 | 138.468933 |
| 326.269989  | 93.682114   | 673.520020 | 140.730286 |
| 322.369995  | 93.475861   |            |            |

Figure 2. The result of training the model. Stock prediction.

## Graphs

Graph 1:

```
plt.title('Sold History')
plt.xlabel('Date', fontsize=18)
plt.ylabel('Sold(th$.)', fontsize=18)
plot_stock['Sold(th$.)'].plot(figsize=(16,6))
```



Graph 2:

```
#Plot/Create the data for the graph
train = data[:training_data_len]
valid = data[training_data_len:]
valid['Predictions'] = predictions
#Visualize the data
plt.figure(figsize=(16,8))
plt.title('Sold History')
plt.xlabel('Price', fontsize=18)
plt.ylabel('Sold(th$.)', fontsize=18)
plt.plot(train['Sold(th$.)'])
plt.plot(valid[['Sold(th$.)']])
plt.legend(['Past', 'Predictions'], loc='lower right')
plt.show()
```

Graph 2:



## REFERENCES

1. Jake VanderPlas. Python for Complex tasks: data science and machine learning. - St. Petersburg. January 2018
2. Wes McKinley. Python and Data Analysis. November 2015
3. Cholet Francois. Deep learning in Python. January 2018
4. Aurélien Géron. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow, 2nd Edition September 2019.
5. Emmanuel Ameisen. Building Machine Learning Powered Applications. January 2020
6. <http://pypi.python.org>
7. <http://www.enthought.com>
8. <http://pythonxy.googlecode.com>
9. <http://scikit-learn.org>

---

### Information about author:

1. Bexultan Yelaman – Master of Engineering Science, Kazakh-British Technical University, st. Tole bi 59, Almaty  
Email: [Yelaman.Bexultan@gmail.com](mailto:Yelaman.Bexultan@gmail.com)

**PREDICTING FUTURE VISITORS IN THE RESTAURANT BUSINESS  
USING MACHINE LEARNING****BORTAN A.Y., BAISAKOV B.M.***Kazakh-British Technical university, 050000, Almaty, Kazakhstan*

**Abstract.** Restaurant owners must reliably assess restaurant customers in order to function effectively and productively to enhance the restaurant's service. It is important to have a successful forecast in order to prevent losses and boost service and market optimization. There are a variety of machine learning (ML) approaches that can be used to make these predictions, but each visitor is unique and will act in a unique way. As a result, we want to estimate how many guests a restaurant may expect in the future using big data and supervised training in this study. We used three different machine learning methods in a real dataset from supervised training to predict how many visitors a restaurant dataset "Recruit restaurant visitor forecasting" will receive: Neural Network, XGBoost and Random Forest regressor. The predicted values were compared to the real data after the simulation. Basically, algorithms used had mean errors of less than 9.5278, but the Random Forest regressor exceeded, with mean errors of 9.2902.

**Key words:** prediction, machine learning, big data, supervised training, dataset, XGBoost, Random Forest regressor, Neural Network.

**МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП МЕЙРАМХАНА  
БИЗНЕСІНДЕГІ СҰРАНЫСТЫ БОЛЖАУ****БОРТАН Ә.Е., БАЙСАКОВ Б.М.***Қазақстан-Британ техникалық университеті, 050000, Алматы, Қазақстан*

**Аңдатпа.** Экономикалық және өнімді жұмыс жасау, мейрамхана қызметін жақсарту үшін мейрамхана иелері мейрамхана клиенттерін дәл бағалауы керек. Жақсы болжам ысырапшылыққа жол бермеу және қызмет көрсету мен бизнесті оңтайландыру үшін қажет. Бұл болжамдарда қолдануға болатын көптеген машиналық оқыту әдістері бар; дегенмен әр келуші сан түрлі. Сондықтан осы жұмыста үлкен деректерді және бақыланатын оқытуды қолдана отырып, мейрамхана болашақта қанша келуші күтетінін болжағымыз келеді. Бақыланатын оқытудың нақты деректер жиынтығында үш түрлі машиналық оқыту әдістері қолданылды. «Мейрамханаға келушілерді болжау» деректер жинағында қанша келуші бар екенін болжағымыз келеді: XGBoost, кездейсоқ орман регрессоры және нейрондық желі. Симуляциядан кейін болжамды мәндер нақты деректермен салыстырылды. Жалпы алғанда, қолданылған барлық алгоритмдер 9.5278-ден төмен орташа қателіктерге қол жеткізді, бірақ кездейсоқ орман регрессоры 9.2902 орташа қателіктерінен асып түсті.

**Түйінді сөздер:** болжам, машиналық оқыту, үлкен деректер, бақыланатын оқыту, деректер жиынтығы, XGBoost, кездейсоқ орман регрессоры, нейрондық желі.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СПРОСА В РЕСТОРАННОМ БИЗНЕСЕ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ****БОРТАН А.Е., БАЙСАКОВ Б.М.***Казахстанско-Британский технический университет, 05000, Алматы, Казахстан*

**Аннотация.** Для экономической и продуктивной работы, а также для улучшения обслуживания ресторана владельцам ресторана необходимо точно оценивать посетителей ресторана. Хороший прогноз необходим, чтобы избежать потерь и улучшить обслуживание и оптимизацию бизнеса. Есть много методов машинного обучения (МО), которые можно использовать в этих прогнозах;

однако каждый посетитель индивидуален. Поэтому в этой работе, используя большие данные и контролируемое обучение, мы хотим предсказать, сколько посетителей ресторан может ожидать в будущем. Три различных метода машинного обучения были применены к реальному набору данных из контролируемого обучения, мы хотим предсказать, сколько посетителей в наборе данных «Прогнозирование посетителей ресторана»: XGBoost, регрессор случайного леса и нейронная сеть. После моделирования прогнозируемые значения сравнивались с реальными данными. В целом все применяемые алгоритмы достигли средних ошибок ниже 9,5278, но регрессор случайного леса превзошел их со средними ошибками 9,2902.

**Ключевые слова:** прогноз, машинное обучение, большие данные, контролируемое обучение, набор данных, XGBoost, регрессор случайного леса, нейронная сеть.

## Introduction

Contrary to different methods of forecasting visitors for different designs, such as national tourism, as well as the demand for hotel rooms for accommodation (for example, [1], [2] [3] [4] [5]) in the literature, restaurant managers have little idea about the number of possible visitors in the future making use of big data. Current work, as an example [4], was only justified by customer return visits. Note that in some tourist destinations the number of new customers may exceed the number of old ones. Therefore, a new method to estimate the total number of potential restaurant guests on a given day is being established. It is first of all budget optimization, namely, not wasting restaurant resources. That is, the effective distribution of products into dishes, the correct calculation for cash for delivery, for exchanges. The quality of service and labor productivity is the competent distribution of employee work schedules. Demand forecasting, detailed purchase of fresh products and other products.

The remainder of this paper is set out as follows: “Related work” - includes the work that has been done in relation to and visitor prediction. “Machine Learning” section - involves data on the principles and methods used in this study. “Environmental Setup” - consists of how the monitoring of the environment has been organized and describes the stage of data preparation. “Results” - section compares prediction methods and real results, presenting all related outputs from our experiments. Overall, “Conclusions and Future works” - caps the paper's key points while also adding proposals for future research.

## Related work

In the service sector, estimating the number

of potential visitors is important. In various fields, researchers have suggested various methods for forecasting the number of potential visitors based on big data. For example, the characteristics of a place can be used to make predictions, such as forecasting customers' return visits to a restaurant based on the restaurant's attributes [4]. Furthermore, regional influence is a key factor in forecasting potential visitors to Points Of Interest (POIs) [5]. For forecasting future numbers, several machine learning regression algorithms may find associations between variables and consequences. For instance, the Support Vector Machine (SVM) [6] is a commonly used regression tool (also called SVR). It can also be used to classify objects. It creates a hyperplane to display the training data patterns. To complete learning tasks on non-linear distributions of training data, users can adjust the kernel functions of SVM. The quality of features, on the other hand, has a significant impact on SVM results. SVM can have poor accuracy if the training data contains irrelevant features. Random Forests (RF) [7] is a decision-tree-based regression and classification system. Due to the non-linear existence of decision trees, RF can operate with both linear and non-linear data without any previous knowledge of linearity. The mean prediction is used to produce the final prediction, which is based on a variety of decision trees. Each tree is robust against irrelevant features since it contains a subset of all features. Deep Neural Networks [8] are another effective approach. It can model highly non-linear relationships in training data because it can use several layers of networks from input to output. However, it requires a considerable amount of computation, resulting in a significant

increase in the hardware cost and computation time required for users to complete a machine learning task. XGBoost [9], a new decision-tree-based system, was recently proposed. It is based on the Gradient Boosting concept. The aim of XGBoost is to provide high performance without requiring lengthy computations. It outperformed all other algorithms in a wide variety of real-world datasets.

### Machine learning

Machine learning is a form of artificial intelligence that is categorized as a subfield of computer science. It can be used in a variety of areas and one of its benefits is its ability to solve problems that cannot be expressed by explicit algorithms. Some machine learning approaches are regression-based, and can be used to make potential predictions with the aim of predicting a numeric target. The best machine learning model can depend on a balance between expected error and system complexity. A complex model can produce a higher error than a simple model, depending on the database characteristics, as shown in Fig. 1.

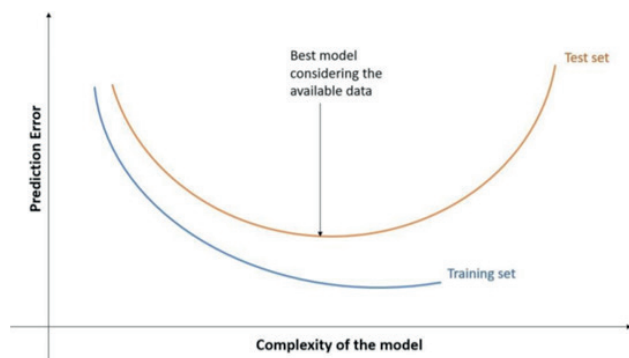


Figure 1. Model complexity versus prediction error.

Many of the approaches that will be discussed are regression-based. The methods used to create our proposed prediction model are described in the subsections below.

**XGBoost** is an optimized distributed gradient boosting library designed to be highly efficient, flexible and portable. It implements machine learning algorithms under the Gradient Boosting framework. XGBoost provides a parallel tree boosting (also known as GBDT, GBM) that solves many data science problems in

a fast and accurate way. The same code runs on a major distributed environment (Hadoop, SGE, MPI) and can solve problems beyond billions of examples [10].

**Decision Forest.** Decision trees are non-parametric models that perform a sequence of simple tests for each instance, traversing a binary tree data structure until a leaf node (decision) is reached. The advantage of decision trees is that this method is efficient in both computation and memory usage during training and prediction. The Decision Forest model consists of an ensemble of decision trees. Each tree in a regression decision forest outputs a Gaussian distribution as a prediction. An aggregation is performed over the ensemble of trees to find a Gaussian distribution closest to the combined distribution for all trees in the model [11].

**Neural Network Regression.** Although neural networks are widely known for applications in deep learning and modeling complex problems, such as image recognition, they are easily adapted to regression problems. Any class of statistical models can be termed a neural network if they use adaptive weights and can approximate non-linear functions of their inputs. Thus, neural network regression is suited to problems where a more traditional regression model cannot fit a solution [12]. The layers of a neural network are made of nodes, the place where computation happens. A node combines input from the data with a set of coefficients, or weights, that either amplify or dampen that input, thereby assigning significance to inputs with regard to the task the algorithm is trying to learn. These input-weight products are summed and then the sum is passed through a node's so-called activation function, to determine whether and to what extent that signal should progress further through the network to affect the ultimate outcome [13].

### Environment setup

Using a dataset in kaggle, which includes information about restaurants, historical visits and historical reservations, in order to train a dataset. The dataset was then imported, and the data was processed using the architecture we suggested in Fig. 2.

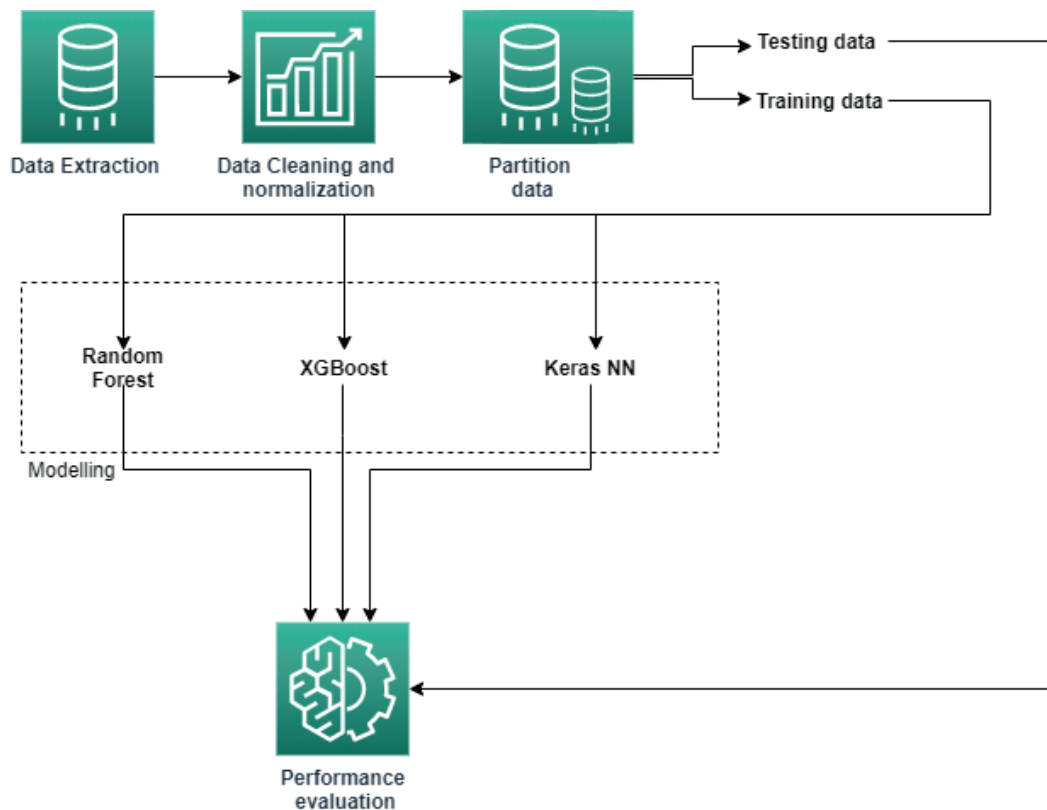


Figure 2. Process diagram.

**Data Extraction.** The first step in the process is data extraction. It is a compilation of all available data from sensors as well as weather data from external sources. Additionally, additional day classification features have been developed to boost algorithm decisions in later stages.

The general project contains 8 datasets and the data is taken from two servers: hpg and airReGI [14]. These sites are intended for users

so that they can browse and reserve tables at suitable restaurants. Three datasets are associated with hpg and three with airREGI. And one dataset includes information about the date and another dataset is the location of the restaurants. Since the hpg datasets were slightly incorrect, of these listed datasets, we worked with airREGI and data info (Fig. 3). From the restaurant booking website AirREGI, we chose open large-scale real-world datasets.

air\_reserve:

air\_store\_id

visit\_datetime

reserve\_datetime

reserve\_visitors

air\_visit\_data:

air\_store\_id

visit\_date

visitors

date\_info:

calendar\_date

day\_of\_week

holiday\_flg

Fig. 3. Dataset.

**Data Cleaning and Normalization.** The aim of this procedure is to ensure that the dataset is as homogeneous as possible. Data cleaning involves finding sections of data that are incomplete, incorrect, unreliable, or irrelevant, and then replacing, modifying, or deleting the dirty or coarse data. The aim of the normalization process is to convert the values of numeric columns in a dataset to a standard scale while preserving differences between variable values. By analyzing the data, we processed what dataset we need. The number of bookings is only a small fraction of the total number of visits (usually 10 times). And it is noticeable that the frequency begins with the beginning of the week. Attendance of the number of visitors is growing throughout the week.

### Test and Training Dataset

After the data has been prepared and is ready to be processed, the dataset is randomly divided into two paths:

- 70% of data is sent to training models.
- 30% of the data is divided and used for test processing, with trained models being compared later.

### Modelling

The previous stage's training dataset is used to train four different regression methods: XGBoost, Random Forest regressor and Neural Network.

### Performance Evaluation

The predicted outcomes of the various

models are compared to the real data. We'll use the mean absolute error and mean squared error formulas.

### Results

**Table 1.** Prediction error

|            | XGBoost | Random Forest Regressor | keras NN |
|------------|---------|-------------------------|----------|
| MAE        | 9.3452  | 9.2902                  | 10.1669  |
| Mean Error | 172.59  | 179.77                  | 226.14   |

### Conclusion and future work

This research shows the use of different machine learning approaches in restaurant business, achieving mean errors of 9.5278 and 9.2902, respectively, in the best case scenario (boosted decision tree). Since each dataset pattern is various, different machine learning approaches should be used to find the right one for each task. We got a standard neural network model for predicting prospective restaurant visitors.

Need to improve:

- The number of visitors can be influenced by bad weather at the location of the restaurant.
- In terms of percentage of error, there is still a big effort to improve
- If a new restaurant is built next to an existing one, the number of potential visitors to the existing one will decrease.

## REFERENCES

1. Xin Yang, Bing Pan, A. James, Evans, and Lv. Benfu, "Forecasting Chinese tourist volume with search engine data", *Tourism Management*, Vol 46, pp. 386-397, 2015.
2. Yang Yang, Bing Pan, and Haiyan Song, "Predicting hotel demand using destination marketing organizations web traffic data", *Journal of Travel Research*, Vol 53, no. 4, pp. 433-447, 2014.
3. Cho. Vincent, "A comparison of three different approaches to tourist arrival forecasting", *Tourism management*, Vol 24, no. 3, pp. 323-330, 2003.
4. Usep Suhud, and Arifin Wibowo, "Predicting Customers Intention to Revisit A Vintage-Concept Restaurant", *Journal of Consumer Sciences*, Vol 1, no. 2 (2016).
5. Shanshan Feng, Gao Cong, Bo An, and Yeow Meng Chee, "POI2Vec: Geographical Latent Representation for Predicting Future Visitors", In *AAAI*, pp. 102-108, 2017.
6. Corinna Cortes, and Vladimir Vapnik, "Support-vector networks", *Machine learning*, Vol 20, no. 3, pp. 273-297, 1995.
7. Leo Breiman, "Random forests", *Machine learning*, Vol 45, no. 1, pp. 5-32, 2001.
8. Yann LeCun, Yoshua Bengio, and Geoffrey Hinton, "Deep learning", *nature*, Vol 521, no. 7553, pp. 436, 2015.

9. Tianqi Chen, and Carlos Guestrin, "Xgboost: A scalable tree boosting system", In Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining, pp. 785-794. ACM, 2016.
10. XGBoost Documentation
11. <https://xgboost.readthedocs.io/en/latest/>
12. MICROSOFT, Machine Learning studio. <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/machinelearning/studio-module-reference/decision-forest-regression>. last accessed 2019/10/12.
13. MICROSOFT, Machine Learning studio. <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/machinelearning/studio-module-reference/neural-network-regression>. last accessed 2019/10/12
14. SKYMIND website. last accessed 2019/10/12.
15. AirREGI. <https://air-regi.com/>

---

**Information about authors:**

1. Bortan Aygerim Yesengeldikyzy – Master's student of the Faculty of Information Technology, Kazakh-British Technical University  
Email: aigerim.bortan@gmail.com
2. Baisakov Beisenbek Miyatbekovich – Ph.D., professor, Kazakh-British Technical University  
Email: beysenbek@gmail.com

УДК:004.932

МРНТИ: 28.23.15

DOI 10.55452/1998-6688-2021-18-3-42-45

## MBTI TYPE PREDICTION USING IMAGES FROM INSTAGRAM

MUSSAYEVA D.<sup>1</sup>, KUANDYKOVA A.<sup>2</sup>, TALASBEK A.<sup>1</sup>, ORYNBEKOVA K.<sup>1</sup>, KARIBOZ D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Suleyman Demirel University, 040900, Kaskelen, Kazakhstan

<sup>2</sup>JSC “Kompra”, 010000, Nur-Sultan, Kazakhstan

**Abstract.** This article describes image based personality type prediction. With the help of the Instagram API, photos of respondents who previously passed the MBTI test were collected. As a result, 60 percent of accuracy was achieved. This work represents one of the solutions to determine what personality type a person belongs to without passing any tests, but simply uploading an image.

**Keywords:** Personality prediction, Image classification, CNN, Instagram API, MBTI.

## ИНСТАГРАМ ЖЕЛІСІНДЕГІ КЕСКІНДЕРДІ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ МВТІ ТИПІН БОЛЖАУ

МУСАЕВА Д.<sup>1</sup>, КУАНДЫКОВА А.<sup>2</sup>, ТАЛАСБЕК А.<sup>1</sup>, ОРЫНБЕКОВА К.<sup>1</sup>, КАРИБОЗ Д.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Сулейман Демирел атындағы университет, 040900, Қаскелең, Қазақстан

<sup>2</sup>ЖШС “Компра”, 010000, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

**Аңдатпа.** Берілген мақала ешбір тестілеусіз, адамның фотосуреті арқылы қандай МВТІ типіне жататындығын анықтайтын шешімдердің бірін ұсынады. Instagram API көмегімен бұрын МВТІ тестінен өткен респонденттердің жеке фотосуреттері жиналып, сол арқылы зерттеу жүргізілді. Жұмыс нәтижесінде дәлдіктің 60 пайызына қол жеткізілді.

**Түйінді сөздер:** жеке тұлғаны болжау, кескіндерді классификациалау, CNN, Instagram API, MBTI

## ПРОГНОЗ ТИПА МВТІ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗОБРАЖЕНИЙ ИЗ INSTAGRAM

МУСАЕВА Д.<sup>1</sup>, КУАНДЫКОВА А.<sup>2</sup>, ТАЛАСБЕК А.<sup>1</sup>, ОРЫНБЕКОВА К.<sup>1</sup>, КАРИБОЗ Д.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет имени Сулеймана Демиреля, 040900, Каскелен, Казахстан

<sup>2</sup>ООО “Компра”, 010000, Нур-Султан, Казахстан

**Аннотация.** В данной статье описывается прогнозирование типа личности на основе изображений. С помощью Instagram API получили фотографии респондентов, ранее сдавших тест МВТІ. В результате была достигнута 60-процентная точность. Эта работа представляет собой одно из решений, позволяющих определить, к какому типу личности принадлежит человек, не проходя никаких тестов, а просто загружая изображение.

**Ключевые слова:** предсказание личности, классификация изображений, CNN, Instagram API, MBTI

### Introduction

The Myers–Briggs Type Indicator (MBTI) - a questionnaire, which can determine psychological preferences of a person towards the world, other people and in decision making[1].

Scientists Krug and Johns did the MBTI ex-

periment interrogating, approximately, 17000 people. They brought out six psycho points: Conscientiousness, Control, Tough Poise, Intelligence, Neuroticism and Extraversion. The results were independently confirmed by Boyle on the Cattell, Comrie and Eysenck scale [2].

E-I measurement defines extraversion and introversion. S-N measurement - Tough Poise (Sensitivity). T-F and J-P dimensions are Conscientiousness, Control, Intelligence, Openness, according to the Norman Big Five. MBTI focuses on cognitive characteristics, in contrast to other personality tools [3].

The MBTI is an opportunity to make the right decision while choosing a future profession, - say the Tieggers. Due to MBTI people can find the most appropriate job in which they can show maximum performance in building their career. They declare that personality type affects the quality of performing job responsibilities of chosen profession [4].

### Implementation

One of the important stages in Machine Learning projects is the data collection part. Due to the lack of data, datasets from Kaggle and Google form that assembled in previous work were combined [5]. After scraping Images from Instagram accounts of responders more than 500 human faces were taken. To make the data collection process more accurate and faster, only the last 12 posts from each user were collected and only photos that are closer to the photo from the passport were chosen. The algorithm itself detects only the person's face and saves only this part as it is shown in Figure 1 below.

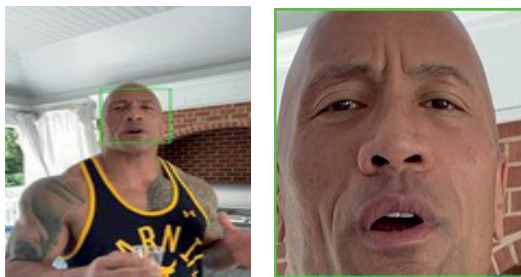


Figure 1. Image preprocessing [6]

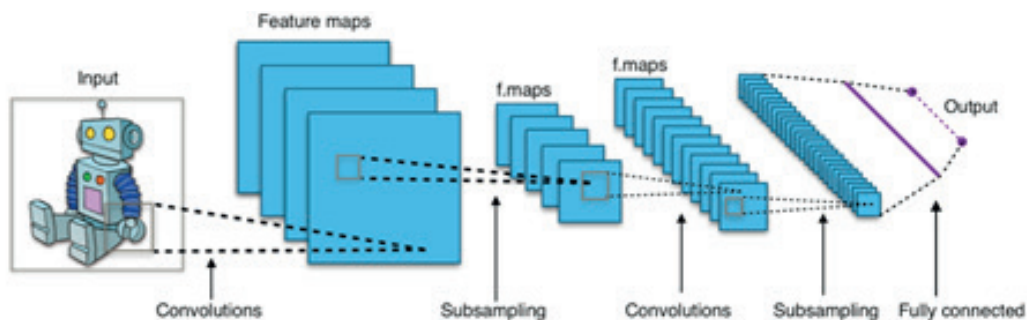


Figure 2. Convolutional Neural Network [8]

**Table 1. Custom dataset with personality type**

| Image               | Type |
|---------------------|------|
| cristiano.jpg       | INTP |
| arianagrande.jpg    | INFP |
| therock.jpg         | ENFP |
| selenagomez.jpg     | INFJ |
| kyliejenner.jpg     | INFP |
| ...                 | ...  |
| joannagaines.jpg    | INFP |
| iza.jpg             | INTP |
| serenawilliams.jpg  | INFJ |
| ileana_official.jpg | INFP |
| irfanhakim75.jpg    | INTP |

Each image in our dataset shown in Table 1 was converted to Grayscale to avoid complexities, the colored image is in 3 dimensional array whereas gray is one only. To normalize the pixel values of an image, it was divided by 255, since this is the largest value that an array can take, to get a result from 0 to 1. For each pixel an array of three digits describe the color scheme: RGB (Red, Green, Blue).

### Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) is the most used neural network model for the task of classifying images [7]. The CNN spends less time and space, due to the fact that it takes not every pixel individually, but a certain square, then rotates the pixel that is most suitable for the criteria. Alternatively, fully connected weight network from each pixel, CNN has sufficient weights to look at a tiny piece of the image as shown in Figure 2.

The shape of Input Layer 64x64 , three Convolutional layers with increasing filter size and left same values for kernel size as 5, with 1 stride length, padding 'same' and activation function 'ReLU' which is shown in Figure 3.

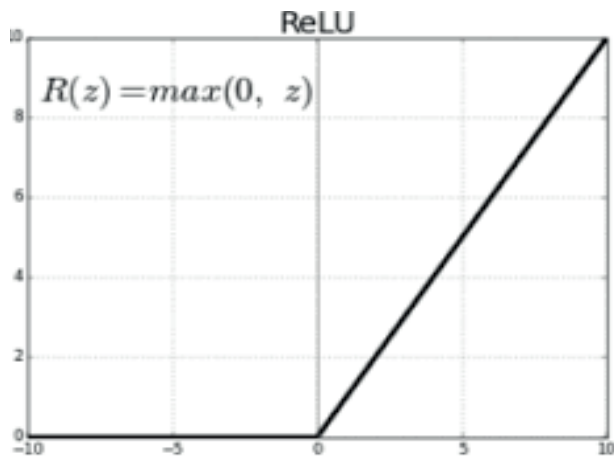


Figure 3. ReLU

Filter is a matrix for determining features from an image, it is a combination of connections. Filter size was increased because of features extraction from noisy data and each time combinations are getting complex, becomes abstract and hence we can work with larger size. Kernel size is the size of these convolutional filters, 5x5 square-shaped. Padding determines the size for output volumes based on input and to keep the same output volume size as the input is 'same padding', so it will add zeros around to the input volume. Immediately after the convolutional layer, the MaxPool2D pooling layer was used. In our case, it reduces the spatial dimension of output volume.

After convolutional layers we use one dropout layer to keep the network generalized and avoid overfitting data (caused by a complex model, performs well on training data but poor for unseen test data). To make classification we need fully connected layers without any complex structure, just a large piece of ready output data. To convert neurons of the convolutional layer it needs to be flattened, using the Dense layer to transfer 3-dimensional array to one dimensional. Softmax activation function that shown in Figure 4 is intended for categorical targets.

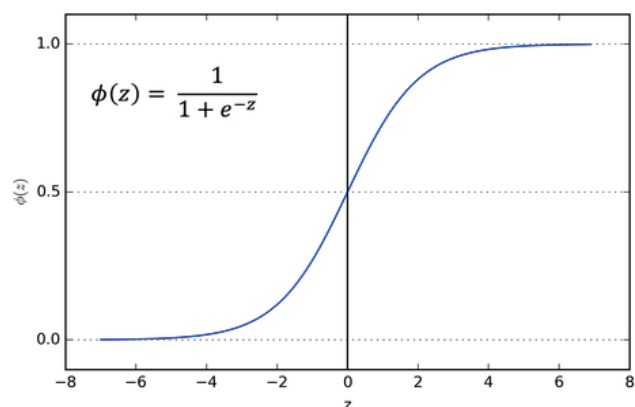


Figure 4. Softmax activation function

Optimizer determines how the learning proceeds and uses Adam optimizer with a learning rate of 0.001.

### Results and conclusion

After the model is completed training, accuracy of 55.07% and 2.61 loss value on average were achieved. Figure 5 illustrates custom images in JupyterLab with the predicted MBTI type and accuracy of them.

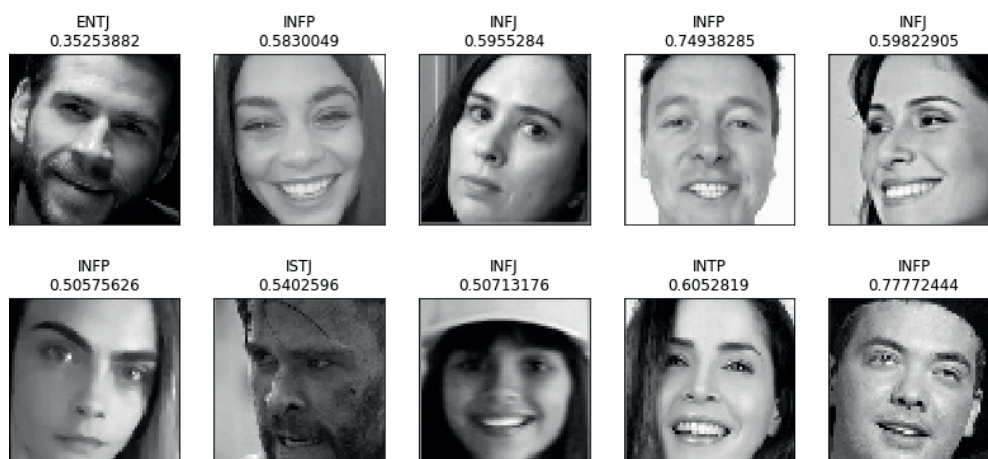


Figure 5. Results of datasets on jupyter

This article describes whether facial features can tell which personality type a person belongs to. As a result, 60 percent probability was achieved. CNN gives high performance in images as it has filters and “condition detectors”.

As with all work related to machine learning, the limitation of this work is lack of data. Another thing that should be noticed is that CNN gives as some results but doesn't give us analysis of features and how they affect on prediction itself.

## REFERENCES

1. Myers, Isabel Briggs with Peter B. Myers (1995) [1980]. Gifts Differing: Understanding Personality Type. Mountain View, CA: Davies-Black Publishing. ISBN 978-0-89106-074-1
2. GJ. Boyle, (1989). Re-examination of the major personality-type factors in the Cattell, Comrey, and Eysenck scales: Were the factor solutions by Noller et al. optimal? *Personality and Individual Differences*, 10, 1289-1299.
3. P.T. Costa, & R.R. McCrae, (1992). NEO Personality Inventory. *Psychological Assessment*, 4, 5- 13.
4. Paul D. Tieger and Barbara Barron-Tieger. *Do What You Are: Discover the Perfect Career for You Through the Secrets of Personality Type*
5. Assem Talasbek, Azamat Serek. Personality Classification Experiment by Applying k-Means Clustering. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)* 15(16):162.
6. Photo of actor. Available at: [https://baigenews.kz/news/duelyn\\_dzhonson\\_zanyal\\_trete\\_mesto\\_v\\_mire\\_po\\_chislu\\_podpischikov\\_v\\_instagram/](https://baigenews.kz/news/duelyn_dzhonson_zanyal_trete_mesto_v_mire_po_chislu_podpischikov_v_instagram/) Date of access [17.01.2020]
7. Nigam V. Understanding Neural Networks. From neuron to RNN, CNN, and Deep Learning (2018). Available at: <https://towardsdatascience.com/understanding-neural-networks-from-neuron-to-rnn-cnn-and-deep-learning-cd88e90e0a90> Date of [17.02.2020]
8. CNN. Available at: <https://towardsai.net/p/machine-learning/beginner-guides-to-convolutional-neural-network-from-scratch-kuzushiji-mnist-75f42c175b21> Date of access [17.01.2020]

## Information about authors:

1. Mussayeva D. – B.S, Student of Master program, Suleyman Demirel University, Abylai Khan street 1/1, Kaskelen
2. Kuandykova A. – B.S, Data Analyst, JSC “Kompra”, Mangilik Yel avenue, C4 /6, Nur-Sultan
3. Talasbek A. - MSc, Senior Lecturer, Suleyman Demirel University, Abylai Khan street 1/1, Kaskelen  
Email: [assem.talasbek@sdu.edu.kz](mailto:assem.talasbek@sdu.edu.kz)
4. Orynbeikova K. – MSc, Senior Lecturer, Suleyman Demirel University, Abylai Khan street 1/1, Kaskelen
5. Kariboz D. – MSc, Senior Lecturer, Suleyman Demirel University, Abylai Khan street 1/1, Kaskelen

## NUMERICAL STUDY OF THE POLYMER INJECTION ON DISPLACEMENT OF HIGH-VISCOUS OIL FROM CARBONATE FORMATION

MAKANOV R., TURGAZINOV I.

*Kazakh-British technical university, 050000, Almaty, Kazakhstan*

**Abstract.** Residual recoverable reserves of high-viscosity and heavy oils in the Republic of Kazakhstan amount to about 340 million tons. The main oil fields containing high-viscosity and heavy oil are Karazhanbas, Kenkiyak, Zhetybai, North Buzachi, Kenbai, etc. Improving the system for the development of high-viscosity oil fields and the selection of rational EOR is relevant for Kazakhstan, as this will increase the efficiency of their development. Given the high resource potential of such fields, it is necessary to develop and introduce new technologies in the development of high-viscous oil fields using enhanced oil recovery methods. To ensure high oil recovery factors, it is necessary to carefully select the EOR applicable to high-viscosity oil fields at an early stage of their development. This work is devoted to the problem of EOR selection in the development of high-viscosity oil fields. For the research polymer injection was selected. Evaluation of the efficiency of the proposed EOR was carried out based on the results of numerical experiments to displace high-viscosity oil with the creation of reservoir conditions. As a result, the aqueous polymer solution with the concentration of 0.05 % yielded 51% of oil recovery, whereas water injection recovered only 10% of oil. However, the interaction of the polymer with high-viscosity oil has not been deeply studied, which is relevant to the fields of Kazakhstan.

**Keywords:** hydrophobic rock, carbonate formation, numerical study, oil recovery, high-viscosity oil.

## ПОЛИМЕР ЕРІТІНДІСІН АЙДАУ АРҚЫЛЫ КАРБОНАТТЫ ЖЫНЫСТАРДАН ЖОҒАРЫ ТҮТҚЫРЛЫ МҰНАЙДЫҢ ЫҒЫСТЫРУЫНА ӘСЕРІН САНДЫҚ ЗЕРТТЕУ

МАКАНОВ Р., ТУРГАЗИНОВ И.

*Қазақстан-Британ техникалық университеті, 050000, Алматы, Қазақстан*

**Аңдатпа.** Қазақстан Республикасында тұтқырлығы жоғары және ауыр мұнайдың алынатын қалдық қорлары шамамен 340 млн тоннаны құрайды. Тұтқырлығы жоғары және ауыр мұнайы бар негізгі кен орындары Қаражанбас, Кеңқияқ, Жетібай, Солтүстік Бозащы, Кенбай және басқалары болып табылады, тұтқырлығы жоғары мұнай кен орындарын игеру жүйесін жетілдіру және ұтымды МАӘ таңдау Қазақстан үшін өзекті, өйткені бұл оларды әзірлеу тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Мұндай кен орындарының жоғары ресурстық әлеуетін ескере жүріп, қабаттардың мұнай беруін арттыру әдістерін пайдалана отырып, тұтқырлығы жоғары мұнай кен орындарын игерудің жаңа технологияларын әзірлеу және енгізу қажет. Мұнай берудің жоғары коэффициенттерін қамтамасыз ету үшін оларды әзірлеудің ерте сатысында тұтқырлығы жоғары мұнай кен орындарына қолданылатын МАӘ мұқият таңдау керек. Бұл жұмыс тұтқырлығы жоғары мұнай кен орындарын игеру кезінде МАӘ таңдау мәселесіне арналған. Зерттеу үшін полимер айдау таңдалды. Ұсынылған МАӘ тиімділігін бағалау жоғары тұтқырлығы бар мұнайды резервуарлық жағдайларды жасай отырып ығыстыру бойынша сандық эксперименттердің нәтижелері бойынша жүргізілді. Нәтижесінде 0,05% концентрациясы бар полимердің су ерітіндісі 51% мұнай берді, ал суды айдау мұнайдың тек 10% ығыстырды. Алайда полимердің тұтқырлығы жоғары мұнаймен өзара әрекеттесуі терең зерттелмеген, бұл Қазақстан кен орындары үшін өзекті мәселе болып есептеледі.

**Түйінді сөздер:** карбонатты ату жынысы, гидрофобты тау жынысы, полимерлі ерітінді, мұнай бергіштік, тұтқырлығы жоғары мұнай.

## ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЗАКАЧКИ ПОЛИМЕРА НА ВЫТЕСНЕНИЯ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ ИЗ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД

МАКАНОВ Р., ТУРГАЗИНОВ И.

Казахстанско-Британский технический университет, 050000, Алматы, Казахстан

**Аннотация.** Остаточные извлекаемые запасы высоковязких и тяжелых нефтей в Республике Казахстан составляют около 340 миллионов тонн. Основными месторождениями, содержащими высоковязкую и тяжелую нефть, являются Каражанбас, Кенкияк, Жетыбай, Северные Бузачи, Кенбай и др. Для Казахстана актуальным является совершенствование системы разработки месторождений высоковязкой нефти и выбор рациональных МУН для повышения эффективности их разработки. Учитывая высокий ресурсный потенциал таких месторождений, необходима разработка и внедрение новых технологий при разработке месторождений высоковязкой нефти с использованием методов увеличения нефтеотдачи. Чтобы обеспечить высокие коэффициенты нефтеотдачи, необходимо тщательно выбирать МУН, применимый к месторождениям высоковязкой нефти на ранней стадии их разработки. Данная работа посвящена проблеме выбора МУН при разработке месторождений высоковязкой нефти. Для исследования был выбран полимер для закачки. Оценка эффективности предложенного МУН проводилась по результатам численных экспериментов по вытеснению высоковязкой нефти с созданием пластовых условий. В результате водный раствор полимера с концентрацией 0,05% дал 51% нефтеотдачи, тогда как закачка воды позволила извлечь только 10% нефти. Однако взаимодействие полимера с высоковязкой нефтью глубоко не изучено, что актуально для месторождений Казахстана.

**Ключевые слова:** гидрофобная порода, карбонатные пласты, полимерный раствор, нефтеотдача, высоковязкая нефть.

### Introduction

According to the American Petroleum Institute (API), a liquid hydrocarbon mixture with a density of more than 934 kg/m<sup>3</sup> is classified as heavy. In the USA, oil with a density of 959 kg/m<sup>3</sup> is classified as heavy, but there have been proposals to accept lower values (up to 904 kg/m<sup>3</sup>). In western oil-producing countries, heavy oils, as a rule, are oils with a density of more than 904 kg/m<sup>3</sup>. Often, oils with a density of 904-934 kg/m<sup>3</sup> are classified as medium in density, and heavy oils are heavier than 934 kg/m<sup>3</sup>. The difference between high-viscosity oils and natural bitumen is also conditional, in connection with which the estimates of resources and reserves of such hydrocarbons given by various researchers may differ significantly [1-3].

According to the study, the world reserves of natural bitumen and high-viscosity oils are estimated at 0.5-1 trillion. tons. The main reserves of this hydrocarbon are concentrated in the oil and gas regions of Canada, Venezuela, the USA, Argentina, Kuwait, Indonesia, Russia and a number of other countries. According to some research-

ers, in the sandstones and carbonate deposits of Canada, 280-415 billion tons of natural bitumen and HVO are concentrated, in Venezuela - 100-320 billion tons, in the USA - 21-31 billion tons.

The main reserves of viscous oils in Kazakhstan are concentrated mainly in the Western part of the country and are equivalent to 730 mln. tons [2-4]. The main fields of heavy and high-viscosity oil are Karazhanbas, Kalamkas, Buzachi, and Kenkiyak [3,5].

Analysis of research and testing of polymer flooding technologies in large countries of the world indicates the technological efficiency of this method. However, the process of displacement of high-viscosity oil using polymers is not well understood, despite the widespread introduction of polymer flooding in conventional oil reservoirs. In this regard, it becomes necessary to conduct comprehensive laboratory studies that allow assessing the technological capabilities of this method to increase the oil recovery factor (ORF) in high-viscosity oil deposits, which determines the relevance of these studies.

There are 3 ways to use polymers in oil recovery processes:

1) When treating bottom-hole zones to improve the performance of injection wells or water-cut production wells by blocking high permeability zones.

2) As agents that can crosslink in the formation, plugging high permeability zones at depth. To carry out these processes, it is necessary that the polymer is injected with an inorganic metal cation, which subsequently forms cross-links between the molecules of the injected polymer and the molecules already bonded on the rock surface.

3) As agents that reduce the mobility of water or reduce the ratio of mobility of water and oil.

The first method is not a true polymer flooding, since the oil displacement agent is not a polymer. Undoubtedly, most of the projects to increase oil recovery through the use of polymers fall under paragraph 3 [6-9].

### Main part

*Polymer flooding.* The study of the development of oil reserves from reservoirs of heterogeneous permeability, saturated with viscous and high-viscosity oil, has recently acquired particular relevance. This is primarily due to the very low oil recovery factor of such deposits. Even with high porosity and permeability of the reservoir, due to the large difference in the mobility of the displacing and displacing agents, the waterflooding rate remains low.

Existing technologies used to enhance oil recovery from deposits with viscous and high-viscosity oil can be roughly divided into 2 categories:

1. Technologies increasing the viscosity of the displacing agent;

2. Technologies that reduce the viscosity of the displaced oil.

This division is rather arbitrary, since there are technologies that simultaneously increase the viscosity of the displacing agent and change the structural and mechanical properties of oil. However, this division makes it possible to clearly delineate the physical mechanisms of oil displacement. The first group of technologies includes polymer flooding in all conceivable modifications. The second group includes a variety of heat treatment technologies, gas methods, water-gas treatment, etc.

The widespread use of polymer flooding technologies is due to its advantages. The method

is well suited for the extraction of oil with high viscosity, in the conditions of various stages of development of fields with different permeability, different formation properties and structure of reservoirs, is carried out at low reagent consumption, does not require the use of expensive and complex equipment. The disadvantages of the method, such as a decrease in the stability of polymer solutions at high temperatures (thermal destruction) and mineralization of formation fluids, as a rule, can be eliminated due to careful selection of the composition of the polymer composition, as well as its modification [10-12].

### Numerical investigation

To determine the efficiency of displacement of high-viscosity oil by polymer solution numerical studies were conducted. For the problem with polymer flooding, a polymer with a molar mass of 4000000 g/mol is considered. It is assumed that a part of the polymer is irreversibly lost as a result of adsorption on the surface of the pores, which also leads to a decrease in the permeability of the rock to water in the presence of the adsorbed polymer. During the period of injection of an aqueous polymer solution into injection well, it is assumed that the polymer concentration in the solution is 0.5 kg/m<sup>3</sup>. The numerical investigations were carried out using ECLIPSE software (academic license).

**Table 1. Model properties.**

|                                        |                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|
| Number of cells along the axis         | X-20 Y-20 Z-10.                        |
| Cell dimension along the axes          | X=10m. Y=10m. Z=4m.                    |
| Fracture permeability, mD              | 5000                                   |
| Matrix permeability, mD                | 10                                     |
| Porosity                               | 20%                                    |
| Density of oil at surface conditions,  | $\rho = 929 \text{ kg/m}^3$            |
| Density of water at surface conditions | $\rho = 1030 \text{ kg/m}^3$           |
| Initial reservoir pressure             | $p = 20 \text{ MPa}$                   |
| Oil viscosity in reservoir conditions  | $\mu = 300 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ |
| Number of injection wells              | 1                                      |
| Production wells                       | 1                                      |

Several options for the development of the reservoir were considered.

*The basic development case* assumes oil production using waterflooding. The limitation imposed on the injection well for this option is as

follows: the bottomhole pressure does not exceed 80 atm. It is clearly evident that there is an advanced waterflooding of the fractured reservoir space with a practically non-flooded low-permeability pore space. Figure 1 shows the dynamics of technological development indicators for the base case. A feature of this option is that the water quickly (within several months) reaches the sampling zone through the fractured layers. At the same time, the oil production rate over a long period remains practically unchanged with increasing water cut.

As oil reserves in fractured formations are depleted, the oil production rate gradually decreases. By the middle of the third year of development, high-permeability filtration channels are practically depleted, therefore, further development of the site occurs with a high value of water cut of the produced product. The presence of highly permeable fractured formations provided relatively high initial oil production rates, stable oil production over a long period and a rapid increase in water cut.

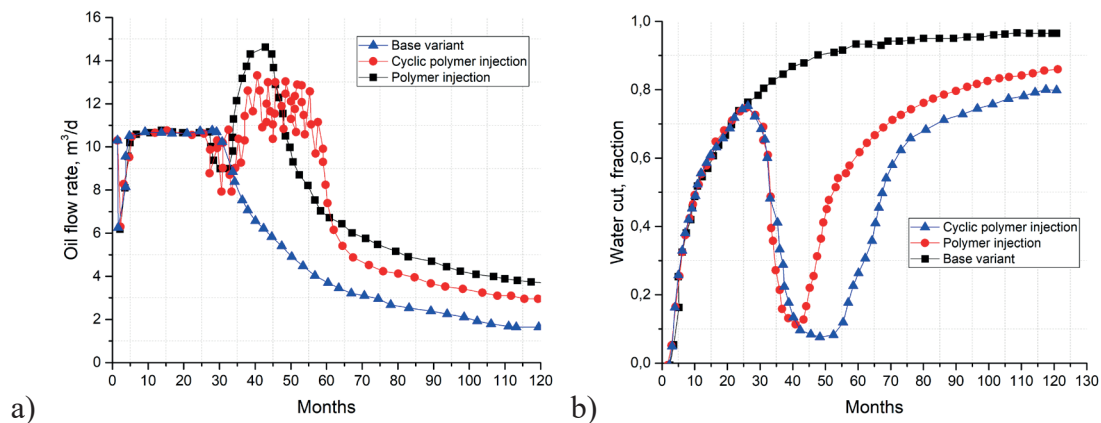


Figure 1 - Dynamics of the current indicators of the development of a model reservoir by options: a - oil production rate; b - water cut Let us now consider a variant of the problem with polymer flooding.

*Second case.* At the beginning of the third year of development (the current water cut of the produced product is 75%), an aqueous polymer solution with a concentration of 0.5 kg/m<sup>3</sup> (0.05%) is injected into the injection well. Since the viscosity of the solution exceeds the viscosity of water, the bottomhole pressure of the injection wells was increased to 130 atm to "push" the agent. The injection of the polymer solution is carried out continuously, without the injection of water rims.

From Figures 1a, it can be noted that polymer flooding allows to achieve higher recovery of fractured reservoirs. The low-permeability porous reservoir is characterized by low production rates. Basically, only the reservoir zone in the injection area is affected by flooding. By the end of the production period, residual reserves are concentrated in dead-end zones of fractured formations and in pore blocks of the reservoir.

It is clearly evident that basically all of the

injected polymer solution is concentrated in the fractured space of fractured formations. Since by the end of the production period, almost the entire volume of fractured formations has been depleted, the effectiveness of polymer flooding becomes minimal, since polymer solution practically does not penetrate into the low-permeability volume of the reservoir.

Figure 1a shows the dynamics of the current production indicators for the second option. The beginning of polymer injection is accompanied by a short-term decrease in oil production rate, which is associated with a decrease in reservoir pressure in the fractured formation. However, then there is a rapid increase in oil production (almost 1.5 times) and a decrease in the water cut of the produced products (from 75 to 12%) (Figure 1b). Note that such a change in production indicators after several months is replaced by a decrease in oil production and an increase in water cut. By the end of the production period,

the current oil production rate under this option is more than 2 times higher than the flow rate of the base case.

|                         |      |      |
|-------------------------|------|------|
| Third (polymer + water) | 0,40 | 0,80 |
|-------------------------|------|------|

**Table 2. The main results of studies on the injection of formation and polymer solution into physical models**

| Variants                            | Production      |           |
|-------------------------------------|-----------------|-----------|
|                                     | Recovery factor | Water cut |
| First baseline (waterflooding)      | 0,1             | 0,97      |
| Second (permanent polymer flooding) | 0,51            | 0,86      |

### Conclusion

Numerical experiments were conducted on the carbonate rocks with oil based on the simulation studies performed, the following conclusions were drawn:

— decrease in the water cut and it improves the displacement of high-viscosity oil from the hydrophobic rock

— injection of polymer solution into a hydrophobic rock gave the best result in oil displacement

### REFERENCES

1. O. V. Buzova, K. A. Zhubanova. Promising methods in high-viscosity oil production//Bulletin of Kaznitu named after K. I. Satpayev-2010-No. 5 (81)
2. K. N. Nadirov. high-Viscosity oils and natural bitumen. In 5-and T. T. 1. History. Pools. Properties. - Almaty: Fyly. m, 2001. - 360 p.
3. K. N. Nadirov. high-Viscosity oil and natural bitumen. Vol. 5. Characteristics of deposits. Principles of resource assessment. - Almaty: Fylym, 2001. - 369 p.
4. The Eurasian energy forum. Technology of production of "heavy" oil. ConocoPhillips. 05.09.2008 g
5. Aurel Carcoana, «Applied enhanced oil recovery».
6. Chang Hong Gao, «Scientific research and field applications of polymer flooding in heavy oil recovery», J Petrol Prod Technol, 2011.
7. Eric Delamaide, «Pelican Lake Field: First Successful Application of Polymer Flooding in a Heavy Oil Reservoir», IFP Technologies (Canada) Inc., 2013.
8. Eric Delamaide, IFP Technologies (Canada) Inc., Brigitte Bazin and David Rousseau, IFP Energies nouvelles and Guillaume Degre, Solvay, «Chemical EOR for Heavy Oil: the Canadian Experience», SPE-169715-MS, 2014.
9. C. Fabbri, C. Cottin, J. Jimenez, M. Nguyen, S. Hourcq, M. Bourgeois, G. Hamon, «Secondary and Tertiary Polymer Flooding in Extra-Heavy Oil: Reservoir Conditions Measurements - Performance Comparison», IPTC 17703, 2014.
10. Kang Xiaodong, Zhang Jian, Sun Fujie, Zhang Fengjiu, Feng Guozhi, Yang Junru, Zhang Xiansong, «A Review of Polymer EOR on Offshore Heavy Oil Field in Bohai Bay, China», Xiang Wentao State Key Laboratory of Offshore Oil Exploitation (CNOOC Research Institute), 2011.
11. L. W. Lake, Enhanced Oil Recovery/ L. W. Lake, eds. // Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall; - 1989. p. 550.
12. Moe Soe K.P. Let, R.N. SPE, Manichand, SPE, Staatsolie Suriname, and R.S. Seright, SPE, "Polymer Flooding a ~500-cp Oil", New Mexico Tech, 2012.

### Information about authors:

1. Makanov Rinat Adilovich – Kazakh-British Technical University, st. Tole bi 59  
Email: renatmakanov@yandex.ru
2. Turgazinov Ilyas Kazbekuly – Senior Lecturer, Kazakh-British Technical University, st. Tole bi 59  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3235-0307>  
Email: i.turgazinov@kbtu.kz

UDC 004.94-57.089

МРНТИ 76.13.23; 15.81.00; 50.09.45

DOI 10.55452/1998-6688-2021-18-3-51-55

## EXPANSION OF PSYCHOLOGICAL TEST BATTERY BIOTECHNICAL PSYCHOPHYSIOLOGICAL DIAGNOSTIC SYSTEM

MAZAKOVA A.T.<sup>1,2</sup>, AMIRKHANOV B.S.<sup>3</sup>, MUSSABEK G.K.<sup>1,2</sup>, ABDIRAZAK B.K.<sup>1</sup>,  
DARIBAEVA G.D.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Information and Computational Technologies, 050000, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, 050000, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup>Turan University, 050000, Almaty, Kazakhstan

**Abstract.** An experimental version of the psychological testing system with fixing the psychophysiological parameters of the test person in real time is developed. As sources of physiological data, the data of the electrocardiogram (ECG), skin-galvanic reaction (SGR) are determined. The hardware-software complex of psychophysiological testing allows, when answering each question of the test, to record and evaluate the psychophysiological state of the test person, which provides additional information for psychologists and personnel services.

As a questionnaire, the “Big Five” test was chosen - it is a five-factor personality model designed in such a way that a structured and fairly complete portrait of a personality can be drawn from a set of features included in it. The test was conducted among students of the 3rd and 4th year of the University of Turan. The total number of participants is 60 people.

**Keywords:** electrocardiogram, photoplethysmogram, skin-galvanic reaction, five-factor personality model, “Big Five”, personality portrait, personnel selection, psychological testing.

## ПСИХОЛОГИЯЛЫҚ ТЕСТ БАТАРЕЯСЫН КЕҢЕЙТУГЕ ПСИХОФИЗИОЛОГИЯЛЫҚ ДИАГНОСТИКАЛАУДЫҢ БИОТЕХНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕСІ

МАЗАКОВА А.Т.<sup>1,2</sup>, АМИРХАНОВ Б.С.<sup>3</sup>, МУСАБЕКОВ Г.К.<sup>1,2</sup>,  
АБДИРАЗАК Б.К.<sup>1</sup>, ДАРИБАЕВА Г.Д.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ақпараттық және Есептеуіш технологиялар институты, 050000, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, 050000, Алматы, Қазақстан

<sup>3</sup>Тұран университеті, 050000, Алматы, Қазақстан

**Аңдатпа.** Мақалада нақты уақытта тестілеуші адамның психофизиологиялық параметрлерін анықтай отырып, психологиялық тестілеу жүйесінің тәжірибелік нұсқасы жасалды. Физиологиялық деректердің көзі ретінде электрокардиограмма (ЭКГ), тері-гальваникалық реакция (ТГР) анықталады. Психофизиологиялық тестілеудің аппараттық-бағдарламалық кешені тесттің әр сұрағына жауап берген кезде тестілеуші адамның психофизиологиялық жағдайын тіркеуге және бағалауға мүмкіндік береді, бұл психологтар мен маман қызметтеріне қосымша ақпарат береді.

Сауалнама ретінде «Үлкен бестік» тесті таңдалды – бұл бес факторлық жеке тұлға моделі, осы құрылымдық және жеткілікті толық портретті жасау үшін жеке тұлғалық белгілер жиынтығын қолдануға болады. Тест Тұран университетінің 3-4 курс студенттері арасында өткізілді. Қатысушылардың жалпы саны – 60 адам.

**Түйінді сөздер:** электрокардиограмма, фотоплетизм, терінің гальваникалық реакциясы, бес факторлық жеке тұлға моделі, «Үлкен бестік», тұлғаның портреті, мамандарды таңдау, психологиялық тестілеу.

## РАСШИРЕНИЕ БАТАРЕИ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ТЕСТОВ БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

МАЗАКОВА А.Т.<sup>1,2</sup>, АМИРХАНОВ Б.С.<sup>3</sup>, МУСАБЕКОВ Г.К.<sup>1,2</sup>,  
АБДИРАЗАК Б.К.<sup>1</sup>, ДАРИБАЕВА Г.Д.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт информационных и вычислительных технологий, 050000, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, 050000, Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Университет "Туран", 050000, Алматы, Казахстан

**Аннотация.** Разработан экспериментальный вариант системы психологического тестирования с фиксированием психофизиологических параметров, тестируемого в реальном времени. В качестве источников физиологических данных определены данные электрокардиограммы (ЭКГ), кожно-гальванической реакции (КГР). Программно-аппаратный комплекс психофизиологического тестирования позволяет при ответе на каждый вопрос теста фиксировать и оценивать психофизиологическое состояние тестируемого, что дает дополнительную информацию для психологов и работников кадровых служб.

В качестве опросника выбран тест «Большая пятерка» (Bigfive), это пятифакторная модель личности, разработанная таким образом, чтобы из набора входящих в нее черт можно было составить структурированный и довольно полный портрет личности. Тест проведен среди студентов 3 и 4 курсов университета «Туран». Общее количество участников – 60 человек.

**Ключевые слова:** электрокардиограмма, фотоплетизмограмма, кожно-гальваническая реакция, пятифакторная модель личности, «Большая пятерка», портрет личности, отбор персонала, психологическое тестирование.

### Introduction

The active introduction of technological advances into the theory and practice of studying the functions of living organisms and biological systems is a distinctive feature of modern medicine, veterinary medicine, agronomy, ecology and biology. In this regard, knowledge of the basics of biophysics, biochemistry and systems analysis acquires a special role in training an engineer working in these areas. This knowledge serves as the foundation for the subsequent study of biomedical engineering design methods [1].

A single complex in which the interactions of a technical device with a biological object are purposefully implemented is called a biotechnical system (BTS). BTS includes a special class of complex systems consisting of biological and technical components (subsystems), combined and functioning in a single control complex. Basic subsystems of BPS - biological object B and technical device T. There can be material (flows of matter), energy (flows of energy), information (flows of information) connections between a technical device and a biological object [2-3].

### Methods

Hardware methods of psychophysiological testing (in contrast to psychological tests-questionnaires) objectively assess physiological indicators characterizing the state of the central nervous system. When performing these tests, conscious control according to the "improvement" criterion is impossible and therefore the results obtained are more reliable and reliable [4].

### Results

For psychophysiological research in medicine and other fields, various devices for collecting and analyzing human physiological reactions are widely used, which include polygraphs, voice stress analyzers, tensometric platforms, etc. These devices register and process human reactions to stimuli perceived by him [5].

In the article [6], a description of the BPS of psychophysiological testing is given, which allows, when answering each question of the test, to record and assess the psychophysiological state of the test taker, which provides additional information for the psychologist.

To increase the scope of applicability of the

psychophysiological testing developed by the BTS, it is important to adapt new psychological tests and include them in the battery of the complex.

In connection with the constant change in the nature of work, saturation, its intellectual content and an increase in tension, the psychophysiological analysis of human activity, the optimization of his psychophysiological states, the solution of the problems of professional selection and professional suitability, the determination and formation of individual psychological qualities of a person become essential directions of humanization and increase in labor reliability. important for the performance of a particular activity, and optimization of unfavorable psychological conditions. In the era of scientific and technological progress with its intense rhythms, new specific conditions of human activity, the requirements for his intellectual, emotional and volitional resources are significantly increasing. The loads on certain functional systems of the body are often excessive, leading to stress and disruption of adaptation mechanisms. This, in turn, leads to the emergence of maladjustment disorders, stress conditions, functional disorders on the part of the cardiovascular, respiratory, nervous, endocrine and other systems of the human body [7].

A characteristic reality is that in the branches of psychology, physiology and medicine, there is the use of modern scientifically grounded methods of diagnosis and correction of a number of conditions. The issues of increasing the efficiency of professional activity of specialists are among the most important social tasks. Paying tribute to the assessment of the dynamic general medical examination of the health of employees, the questions of the psychophysiological state and the study of the functional reserves of the body in their professional activities are of particular importance. Excessive intellectual loads, increased information flow, and in some cases, an unfavorable environmental situation aggravate early detection of dysregulatory disorders [8]. Today, in connection with the deep reorganization of state institutions and all structures of society, these issues acquire special relevance. If previous scientific research was mainly focused on psychophysiological tests for building a por-

trait of a personality, then in this project it is proposed to use hardware and software.

In psychology, the Bigfive is a five-factor personality model designed in such a way that a structured and fairly complete personality portrait can be made from a set of traits included in it. This model includes 5 main factors, each of which, in turn, unites a group of traits. In most studies, they are called primary factors. To measure the indicators of the «Big Five» offers a test with the appropriate name – a five-factor personality questionnaire.

The Big Five has become the most frequently used personality model in foreign studies, although not generally accepted due to the simplification of factorial ideas about personality, which does not correspond to other approaches to the analysis of personality structures. However, it is not necessary to adhere to this model in order to see the good diagnostic power of the Big Five questionnaire scales, which, according to the work of W. Norman [9], performed on the basis of a study of linguistic descriptions of personality, included extraversion (E – extraversion), consent (A – agreeableness), or conformism – in its original form, consciousness (C – conscientiousness), neuroticism (N – neuroticism), or emotional instability, and openness to new experience (O – openness to experience).

The Japanese personality researcher Hijiroy Tsuyi, adapting the American five-factor personality methodology for the Japanese population, suggested bipolarity for each factor: EXTRAVERSION – INTROVERSION, ADDICTION – SEPARATION, CONTROL – NATURALITY, EMOTIONALITY – EMOTIONALITY – EMOTIONALITY – EMOTIONALITY characterize the personality, since each pole of the trait reflects its originality.

The Russian-language adaptation of the Five-Factor Personality Questionnaire was made by A.B. Khromov [10] according to the 5PFQ questionnaire developed by the Japanese researcher H. Tsuyi based on the original version of McCray and Costa. The questionnaire, adapted on a sample of more than a thousand people (Kurgan), included 75 pairs of statements that were opposite in meaning.

## Discussion

The five-factor test questionnaire consists of 75 paired, opposite in meaning, stimulus statements characterizing human behavior. The stimulus material has a five-point rating scale (-2; -1; 0; 1; 2) for diagnosing the severity of each of the five factors: extraversion – introversion; attachment – isolation; self-control – impulsivity; emotional instability – emotional stability; expressiveness – practicality. Currently, the Big Five test questionnaire has become popular and has acquired great practical value both abroad and in Russia. The SPFQ technique was adapted by A.B. Khromov in 1999.

Each main factor (higher order factor), in addition, includes lower order factors – subfactors, or facets. Facets are the more specific traits (or components of generic traits) that make up each of the five Big Five factors.

The first factor "EXTRAVERSION – INTROVERSION" is considered by H. Tsuyi traditionally, but unlike the interpretation proposed by W. Norman, the Japanese researcher takes into account the values of the poles of this factor, the primary components of which are: activity – passivity, dominance – subordination, sociability – isolation, search for new impressions – avoidance of new impressions.

The essence of the second factor is interaction with people. The term «ATTACHMENT» is better suited to denote a factor than «conformity» used in the American original, and includes such personal dispositions as friendship, gullibility, cooperation, as well as dependence and acceptance of the individual by the group. The opposite pole of this factor «SEPARATION» contains not only signs of distance and rivalry, but also independence. The components of the second factor are: warmth – indifference, cooperation – rivalry, gullibility – suspicion, understanding – misunderstanding, respect for others – self-respect.

The third factor is presented as «CONTROL – NATURALITY». Tsuyi deliberately does not use the term «consciousness», as it has too close attachment to ethical concepts and too narrow semantic meaning. The essence of the third factor is volitional regulation of behavior. An individual who controls himself, as a rule, shows purpose-

fulness, conscientiousness, methodology and perseverance. A natural person in his behavior, on the contrary, 4 strives for harmonious relations with nature, he seems to «float with the flow of life». The Japanese version of the five-factor personality questionnaire contains the following primary components of this factor: accuracy – carelessness, persistence – lack of persistence, responsibility – irresponsibility, self-control – impulsiveness, prudence – carelessness.

The fourth factor contains the characteristics of the affective sphere of the personality. EMOTIONALITY in humans is manifested in increased sensitivity to environmental influences, especially in stressful situations. This personality is also prone to anxiety and depression. EMOTIONAL RESTRAINT, on the contrary, characterizes a person as inclined to show liveliness, slowness and self-sufficiency. The components of the fourth factor are: anxiety – carelessness, tension – relaxation, depression – emotional comfort, self-criticism – self-sufficiency, emotional lability – emotional stability.

The fifth factor is presented as «EXPRESSIVITY». Its essence is a game that allows a person to smoothly «move» from the real world to the unreal, perceive unusual images, thoughts, feelings, symbolism of art and freely enjoy them. On the other hand, «PRACTICALITY» is a trait that manifests itself in a personality in a tendency to correspond to reality, which in its extreme manifestations leads to conformism, cruelty and authoritarianism. The primary components of this factor are: curiosity – conservatism, dreaminess – realism, artistry – unartistic, sensitivity – low sensitivity, plasticity – rigidity [10].

All stimulus phrases are separated by a rating scale. Read carefully the statement at number 1 and determine which part of it is more consistent with your personality. If you think that it is left, then use the symbols - 2 and 1 of the scale for assessment, if you think that it is right, then use the right side of the scale (2 and 1 without a «-» sign).

In numbers, you will reflect the severity of the assessed feature:

2 – strongly pronounced, 1 – weakly expressed, if you doubt the choice, then write 0.

Circle your rating or in any other way so that your answer is clearly visible.

The questionnaire was tested on students aged 20-22. Of these, 53% girls, 47% boys. The obtained results of the questionnaire were processed in the SPSS program.

### Conclusion

The five-factor model prevails with a significant advantage over other methods of compactness and brevity. This is currently the consensus that has been reached after decades of research into the taxonomy of personality traits. Based on the analysis of primary factors, it is possible to form a certain idea of the characterological characteristics of the subjects. In each of the primary

factors, a personality trait is indicated on the left, which corresponds to high values of point estimates.

### Acknowledgment

The work was carried out at the expense of grant funding for research for 2020-2022 under the project №AP08856579 «Development of scientific and technological approaches to the production and study of the properties of silicon nanostructures decorated with carbon nanoparticles for modern nanophotonics and sensorics» at the Institute of Information and Computational Technologies, the Committee of science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

## REFERENCES

1. V.M. Akhutin and other. Biotechnical systems. Theory and design. – Orenburg: GOU OSU, 2008. – 204 p.
2. Yu.A. Ershov, S.I. Shchukin. Biotechnical systems for medical purposes. In 2 parts. Part 1. Quantitative description of bioobjects. – M.: Yurayt, 2017. – 180 p.
3. Yu.A. Ershov, S.I. Shchukin. Biotechnical systems for medical purposes. In 2 parts. Part 2. Analysis and synthesis of systems. – M.: Yurayt, 2017. – 348 p.
4. S.A. Akulov, A.A. Fedotov. Foundations of the theory of biotechnical systems. – Moscow: Fizmatlit, 2014. – 129 p.
5. Yu.I. Alexandrov Psychophysiology. – SPb.: Peter, 2014. – 464 p.
6. A.T. Mazakova, G.D. Daribaeva, B.S. Amirkhanov, B.R. Zholmagambetova, B.K. Abdirazak. Biotechnical system of psychophysiological diagnostics of personality conflict // Bulletin of KazUTB, 2019. – No. 4. – P. 2-19.
7. M.A. Bicheev. Psychophysiology of professional activity. – Novosibirsk: Nauka, 2015. – 155 p.
8. T.V. Kornilova, M.A. Chumakova. Approbation of the short questionnaire of the Big Five (TIPI, COBT) // Psychological Research, 2016. – V. 9. – No. 46. – P. 5.
9. L. Pervin. Psychology of personality: Theory and research. – M.: Aspect Press, 2000. – 607 p.
10. A.B. Khromov. Five-factor personality questionnaire: Teaching aid Kurgan: Publishing house of the Kurgan state. University, 2000. – 23 p.

### Information about authors:

1. Mazakova A. T. – Al-Farabi Kazakh National University  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3019-3352>
2. Amirkhanov B.S. – Turan University  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4915-0347>
3. Mussabek G.K. – PhD, Assistant Professor, Al-Farabi Kazakh National University  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1177-1244>
4. Abdirazak B.K. – Institute of Information and Computational Technologies
5. Daribayeva G.D. – Turan University  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4109-5272>

## СТЕРЖЕНЬНИҢ ЖЫЛУ МЕХАНИКАЛЫҚ КҮЙІН АНЫҚТАЙТЫН БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ӨНІМНІҢ ИНТЕРФЕЙСІН ӨНДЕУ

НҰРЛЫБАЕВА Э. Н.<sup>1</sup>, ТАШЕНОВА Ж. М.<sup>2</sup>, АМАНЖОЛОВА Ш. А.<sup>3</sup>,  
САТЫМБЕКОВ М. Н.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Т.Қ. Жүргенев атындағы Қазақ Ұлттық өнер академиясы, 050000, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Л. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті, 010000, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

<sup>3</sup>Құрманғазы атындағы Қазақ Ұлттық консерваториясы, 050000, Алматы, Қазақстан

<sup>4</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, 050000, Алматы, Қазақстан

**Аңдатпа.** Мақалада жасалған бағдарламалық кешенінің көмегімен көптеген өндіріс орындарындағы немесе стратегиялық қондырғылардағы стерженьдік құрылым элементтердің температура әсерінен жылу механикалық күйін алдын ала біліп, оны зерттеп, қанишалықты ұзаратынын не қысқаратынын, қанишалықты деформацияға ұшырайтынын, сығушы күш пен созушы күштердің мәндері қанишалықты болатынын инженер маман үшін таптырмайтын құрал екендігі анық білінетіні көрсетілген.

**Түйінді сөздер:** ақпараттық қауіпсіздік, бағдарламалық тілі, шекті элементтер әдісі, интерфейс, мәліметтер қоры, деформация, жылу өткізгіштік, жылу ағыны, жылудан оқшауланған.

## ИНТЕРФЕЙСНАЯ ОБРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩАЯ ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СТЕРЖНЯ

НУРЛЫБАЕВА Э.Н.<sup>1</sup>, ТАШЕНОВА Ж.М.<sup>2</sup>, АМАНЖОЛОВА Ш.А.<sup>3</sup>,  
САТЫМБЕКОВ М.Н.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Казахская Национальная академия искусств им. Т.К. Жургенова, 050000, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева, 010000, Нур-Султан, Казахстан

<sup>3</sup>Казахская Национальная консерватория им. Курмангазы, 050000, Алматы, Казахстан

<sup>4</sup>Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, 050000, Алматы, Казахстан

**Аннотация.** С помощью программного обеспечения, разработанного в статье, ясно, что стержневая конструкция на многих производственных объектах или стратегических объектах является незаменимым инструментом для инженера для прогнозирования термомеханического состояния элементов под воздействием температуры.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, язык программирования, метод предельных элементов, интерфейс, база данных, деформация, теплопроводность, тепловой поток, теплоизоляция.

## INTERFACE PROCESSING OF SOFTWARE PRODUCTS, DETERMINING THE HEAT AND MECHANICAL STATE OF THE ROD

NURLYBAYEVA E.N.<sup>1</sup>, TASHENOVA Zh.M.<sup>2</sup>, AMANZHOLLOVA Sh.A.<sup>3</sup>,  
SATYMBEKOV M.N.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Kazakh National Academy of Arts named after T.K. Zhurgenev, 050000, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>L. Gumilyov Eurasian National University, 010000, Nur-Sultan, Kazakhstan

<sup>3</sup>Kazakh National Conservatory named after Kurmangazy, 050000, Almaty, Kazakhstan

<sup>4</sup>Al-Farabi Kazakh National University, 050000, Almaty, Kazakhstan

**Abstract.** With the help of the software developed in the article, it is clear that the pivot structure at many production facilities or strategic sites is an indispensable tool for the engineer to predict the thermomechanical state of elements under the influence of temperature.

**Key words:** *information security, programming language, limit element method, interface, database, deformation, thermal conductivity, heat flux, thermal insulation.*

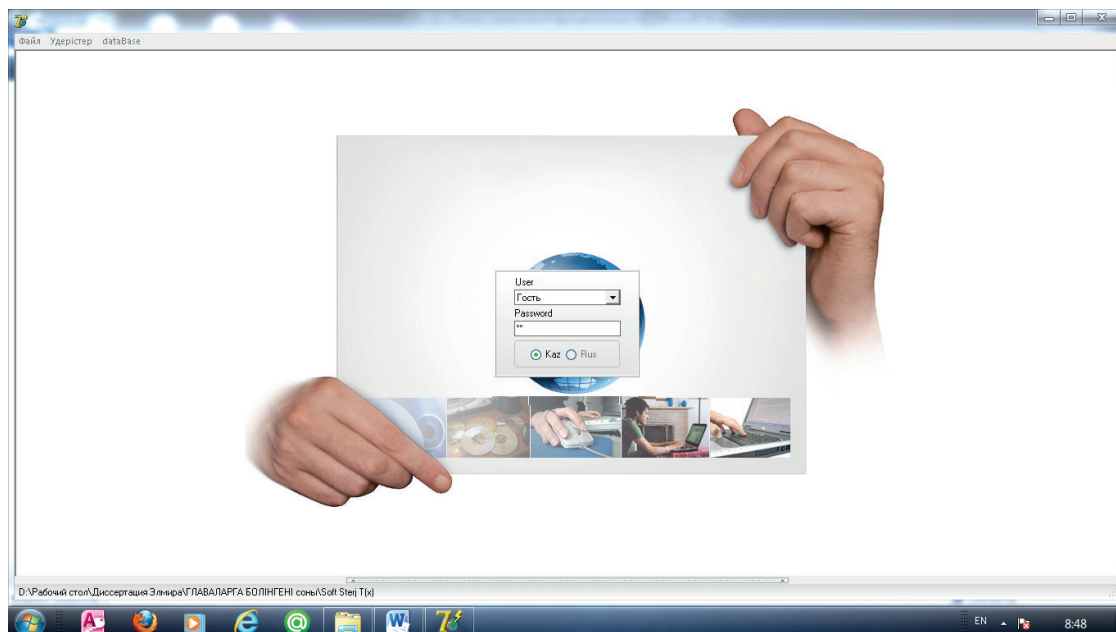
### Кіріспе

Бұл ғылыми жұмыстың ерекшеліктерін ескере отырып, оған бағдарламалық кешенді жасауда Delphi 7 нұсқасын қолдану қолайлы болды. Сол себепті бағдарламалық кешен Delphi 7 нұсқасында жасалды. Delphi 7 объектіге бағытталған бағдарламалық тілі қазіргі таңда көп тараған тілдік бағдарлама. Delphi 7-де бізге қолайлылық туғызатын көптеген элементтері мен компоненттері және сондай-ақ мәліметтер қорын басқару жүйесі де бар.

Бағдарламамен жұмыс жасау үшін бізге Project1.exe файлын іске қосу қажет. Бағдарлама қосылғанда, төмендегі терезе ашылады

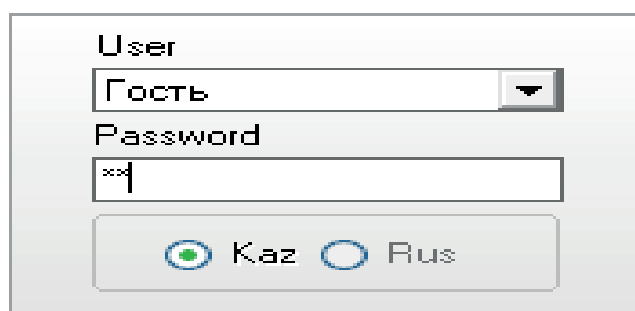
(1 сурет). Бағдарламаны қолдануда бізден арнайы логин мен құпия сөз (пароль) сұрайды. Ол бағдарламаны қолдану барысында қауіпсіздігін сақтау үшін керек. Логин ретінде қолданушының аты-жөні сұралады. Оны біз таңдаймыз.

Жоғарыда айтқандай терезенің ортасында қолданушы мен құпия сөзді сұрайтын шағын терезе бөлігі орналасқан (2 сурет). Бұл бөлікте екі қолданушы орналасқан бірінші **Администратор** екіншісі **Гость**. Администратор бізге бағдарламаны баптау үшін қажет. Ал Гость барлық қолданушыға қолдануға рұқсат беретін қолданушы [1].



1 сурет. Бағдарламаға ену терезесі (негізгі терезе)

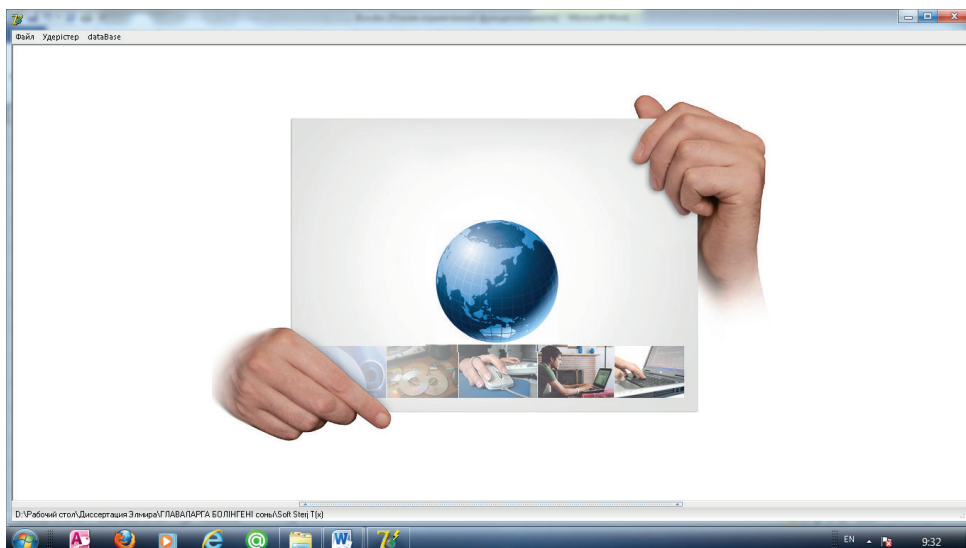
Біз құпия сөзді дұрыс ендіrmесек, бағдарламамен жұмыс істеуге мүмкіндік бермейді.



2 сурет. Құпия сөзі бар терезе

Құпия сөзді бұрыс ендіріп жазған уақытта, бағдарлама автоматты түрде бағдарламаны жұмыс істеуге дайындап қосып береді. Бұл жерде Ok немесе Да деген батырмалар жоқ.

Құпия сөзі дұрыс болып ары қарай жұмысты істеуге рұқсат бергеннен соң, бізге мынадай терезе толығымен қосылады (3 сурет).



3 сурет. Бағдарламаны қолданудың негізгі алаңы

### Негізгі бөлім

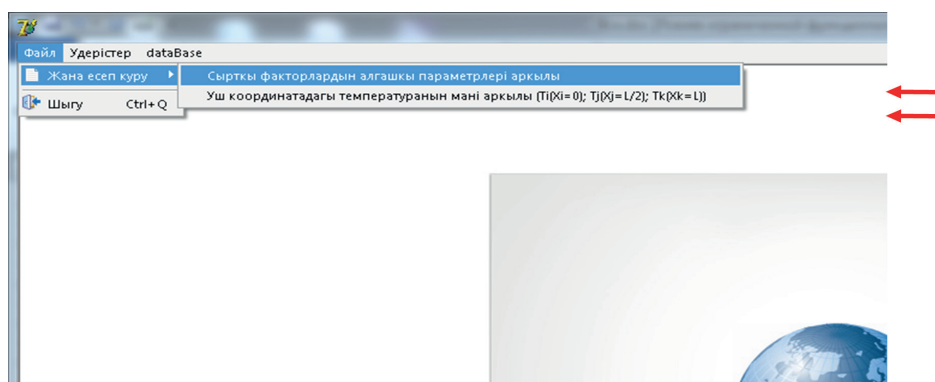
Бағдарлама негізінен үлкен үш бөліктен тұрады (4 сурет):

1. Файл
2. Үдерістер
3. DataBase

Үш бөліктің әрқайсысы өзіндік жұмыстар атқарады. Енді соларға жеке-жеке тоқталайық.

1. Бірінші бөлігі Файл деп аталады (4 сурет). Бұл бөлікте, есепті екі нұсқада құруға мүмкіндігі бар:

1. Сыртқы факторлардың алғашқы параметрлер арқылы
2. Үш координатадағы температураның мәні арқылы



4 сурет. Файл бөлігінің ішіндегі Жаңа есеп құру бөлігі

Әрқайсысын жеке-жеке қарастырайық:

«Сыртқы факторлардың алғашқы параметрлер арқылы» бөлігінде біз стерженьнің бойымен жылудың таралу заңдылығын анықтауға

қажетті барлық параметрлердің алғашқы мәндерін ендіру арқылы құрамыз. Алғашқы параметрге жататындар олар мыналар:

-  $L$  (см) – стерженьнің жалпы ұзындығы;

-  $R, a, b, c$  (см) – стерженьнің көлденең қима ауданын табу үшін қажетті айнымалылар (шеңбердің радиусы, қабырғалардың мәні және т.б.);

-  $N$  – стерженьді дискреттеу саны;

$K_{xx}$  (Вт/см · °С) – стержень материалының жылу өткізгіштік коэффициенті;

$h$  (Вт/см<sup>2</sup> · °С) – стерженьнің сыртқы ортамен жылу алмасу коэффициенті;

$T_{co}$  (°С) – қоршаған сыртқы ортаның температурасы;

$q(x)$  (Вт/см<sup>2</sup>) – жылу ағынының түсіп тұрған мөлшері;

$Q$  (Вт/см<sup>3</sup>) – ішкі жылу көзінің мөлшері;

$T$  (°С) – алдын ала берілген температура мәні.

Бұл параметрлердің алғашқы мәнін ендіргеннен соң бағдарлама автоматты түрде өңдеп, жүйеге келтіріп қояды. Бұл бөлімге алдағы уақытта толығырақ тоқталамыз.

«Үш координатадағы температураның мәні арқылы» бұл бөлікте біз стерженьнің

$T(x=0) = T_i$ ,  $T(x=L/2) = T_j$  және  $T(x=L) = T_k$  координаталарындағы температураларды ендіру арқылы қалған кез

келген координатадағы температуралардың мәндерінің таралу заңдылығын шекті элементтер әдісі (ШЭӘ) арқылы анықтаймыз.

2. *Екінші бөлігі Үдерістер* деп аталады (5 сурет). Бұл бөлікте нәтижені көруге болады. Ол нәтижелерге мыналар жатады:

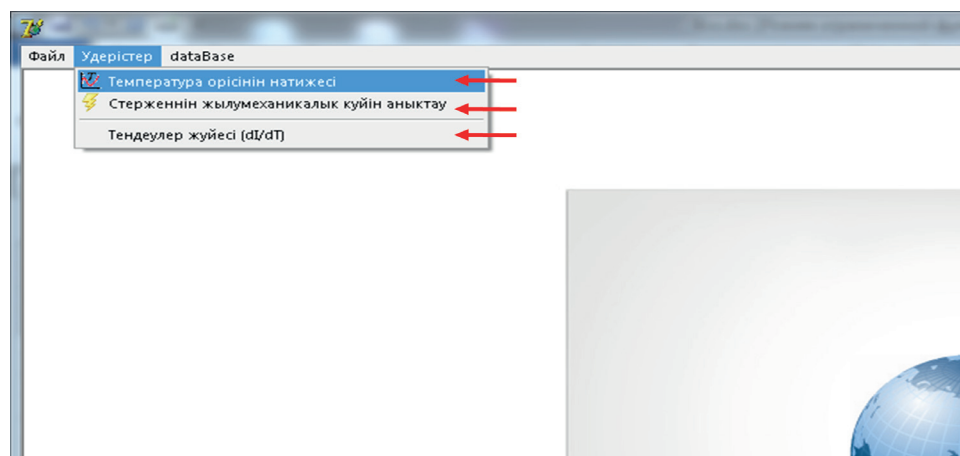
- Температура өрісінің нәтижесі;

- Стерженьнің жылу механикалық күйін анықтау;

- Температураның таралу заңдылығын анықтауда құрылған алгебралық теңдеулер жүйесін шығару.

Сондай-ақ нәтижеден қарап отырып анализ жасауға да болады. Бағдарлама қосылған уақытта бұл бөлікпен жұмыс жасай алмаймыз, себебі біз алғашқы параметрлерді ендірмейінше, нәтижені көре алмаймыз, оны айтпай-ақ математика пәнінен белгілі. Ал алғашқы параметрлердің мәндерін жоғарыда айтып кеткендей екі жолмен беруге болады.

«Температура өрісінің нәтижесі» бөлігінде стерженьнің бойымен температураның таралу заңдылығының графикасы мен сандық мәнін көре аламыз. Осыған орай алынған нәтижелерге анализ жүргізуге де болады.



5 сурет. Үдерістер бөлігінің ішкі бөліктері

«Стерженьнің жылу механикалық күйін анықтау» бөлігінде стерженьнің жылу механикалық күйін ғылыми зерттеулер жүргізуге және нәтижелер алуға болады. Стерженьнің жылу механикалық күйіне мыналар жатады:

$u(x)$  (см) – стержень қималарының жылжулары;

$\varepsilon_x$  – серпінділік деформация;

$\varepsilon_T$  – температуралық деформация;

$\varepsilon$  – ақиқаттық деформация;

$\sigma_x$  (кг/см<sup>2</sup>) – серпінділік кернеу;

$\sigma_T$  (кг/см<sup>2</sup>) – температуралық кернеу;

$\sigma$  (кг/см<sup>2</sup>) – ақиқаттық кернеу;

$R$  (кг) – сығушы немесе созушы күш;

$\Delta \ell_p, \Delta \ell_T$  (см) – стерженьнің жылудан не-

месе созушы-сығушы күштердің әсерінен ұзарудың-қысқарудың мәні;

$\alpha$  ( $1/^\circ\text{C}$ ) – жылудан ұлғаю коэффициенті.

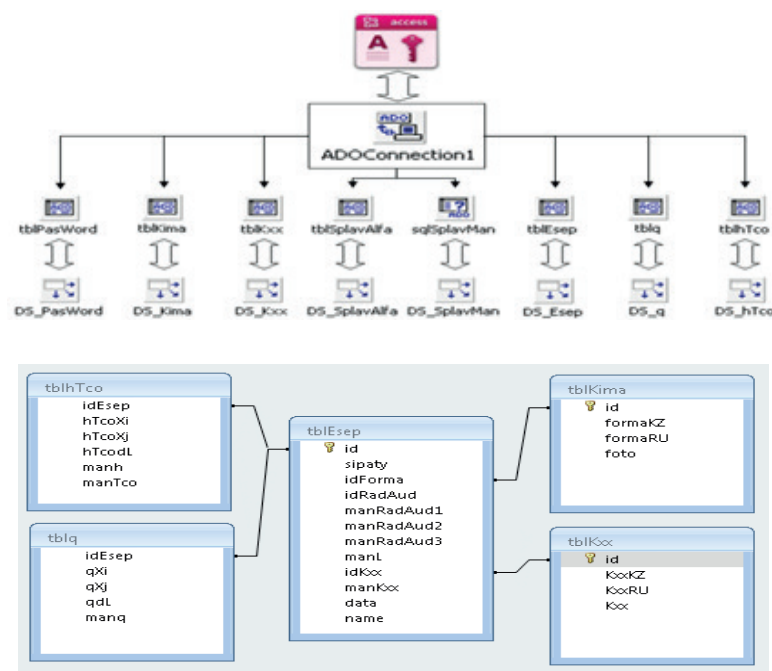
Жоғарыдағы аталғандардың стерженьнің жылу механикалық күйінің барлығы сандық және графикалық түрде нәтижелерін алуға мүмкіндік береді. Нәтижеге қарап ғылыми зерттеулер, талдаулар жасауға болады. Бұл бөлім бір жағынан көп функционалды деп атайды, өйткені біздің мақсатымыз стерженьнің бойымен температурасының таралу заңдылығын анықтау арқылы стерженьнің жылу механикалық күйінің қандай болып табылады. Жылу механикалық күйлердің көптеген компоненттерін қатар анықтау, олардың мәндерін графика және сандық шығару күрделі жүйе болып саналады. Әрбір жылу механикалық күйлердің компоненттері үшін процедуралық және функционалды блоктар құрылған [2].

Сол блоктардың көмегімен пішімі күр-

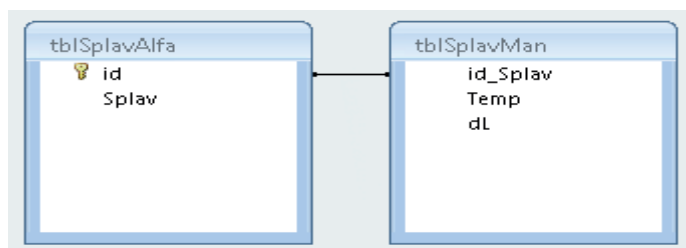
делі болып келетін стерженьдердің бойымен температураны, қималардың жылжуларын, деформация компоненттерін, кернеу компоненттерін, стерженьнің созушы-сығушы күштердің әсерінен ұзаруы мен қысқаруын анықтауға болады.

«Теңдеулер жүйесі  $dI/dT$ » бұл бөлікте стерженьнің бойымен температураның және қималардың жылжуларын анықтауда құрылған алгебралық теңдеулер жүйесін шығару, оны көру, талқылау іске асады.

3. *Үшінші бөлім dataBase* деп аталады. Бұл мәзір арқылы деректер қорына қол жеткізе аламыз. Деректер қорында үшінші бөлімнің нәтижесі бойынша жылуөткізгіштік коэффициенті, құймалардың (сплав) маркалары, жылуөткізгіштік коэффициенті, жылу ағыны, жылу алмасу коэффициенттері туралы деректер жинақталған.



6 сурет. Delphi ортасында деректер қорымен байланыс орнату сұлбасы



7 сурет. Кестелер арасындағы байланыс

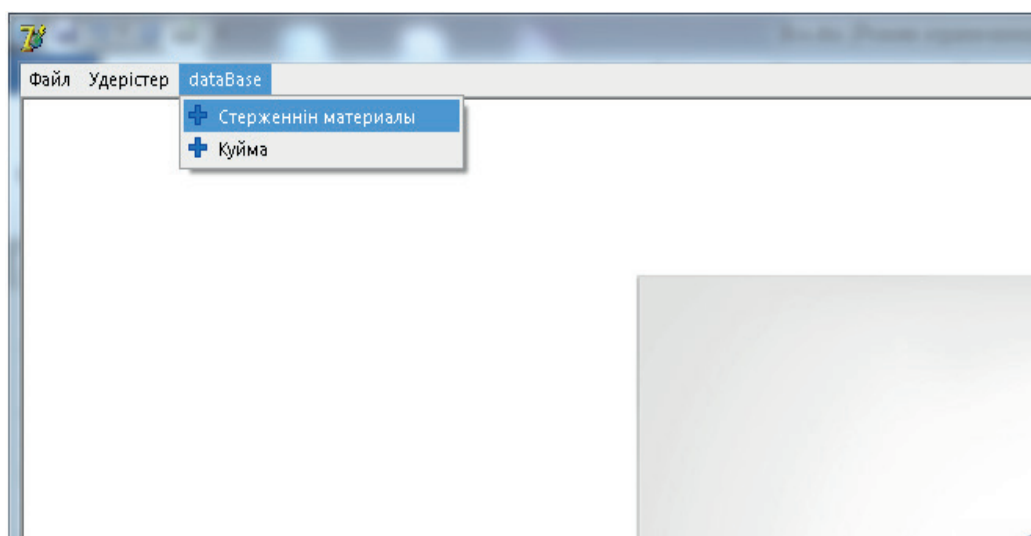
Бұл бөлімнің көмегімен стерженьнің жылуөткізгіштік коэффициенті мен құймалардың (сплав) маркаларының әртүрлі температурада жылудан ұлғаю коэффициенттерін МҚ-ға ендіріп, тіркеп қойсақ болады. Қаласақ МҚ-дан өзгертуге, жоюға болады (8 сурет).

Қолданушы екі бөлімге қол жеткізе алады. Олар:

1. Стерженьнің материалы
2. Құйма

«Стерженьнің материалы» бөлігінде физикада мәндері анықталған материалдардың жылуөткізгіштік коэффициенттері мәліметтер қорына (МҚ) ендіру жүзеге асырылады (9 сурет). Төмендегі суретте стержень материалы орыс және қазақ тілінде ендіріледі. Сондай-ақ әрбір материалдың жылуөткізгіштік коэффициенттері де МҚ ендіреді.

Бұл терезе мәліметтер қорымен байланыс жасайтын интерфейсі болып табылады.



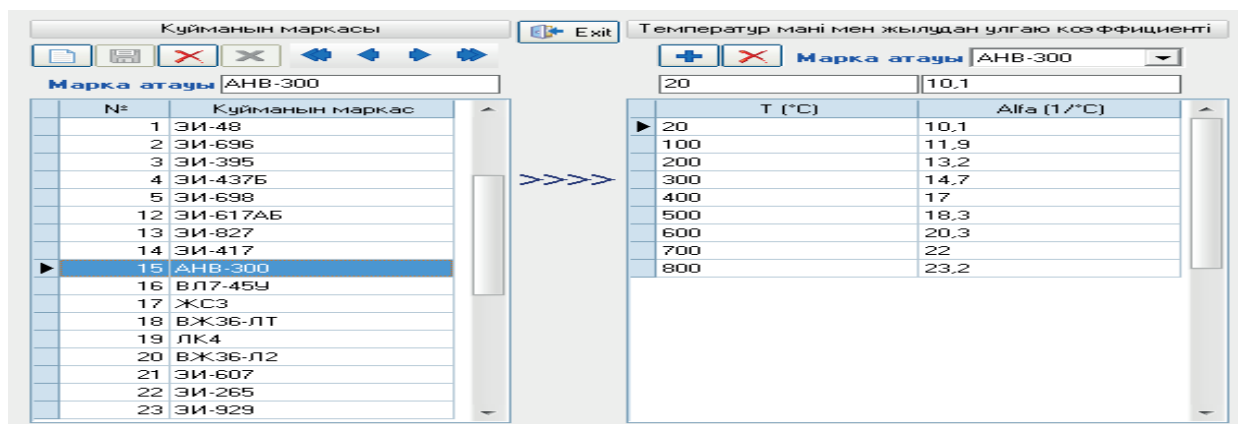
8 сурет. dataBase бөлігінің ішкі бөліктері

«Құйма» бөлігінде қазіргі таңда ыстыққа төзімді құймалардың маркалары мен олардың сан түрлі температурада жылудан ұлғаю

коэффициенттерінің мәндері МҚ ендіріледі (9, 10 сурет).

| <div> <span>Жан</span> <span>Сақтау</span> <span>Жою</span> <span>Болдырмау</span> <span>←</span> <span>→</span> <span>↶</span> <span>↷</span> <span>Шығу</span> </div> |               |                                     |                  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------|------------------|--|
| Стержень материалының қазақша атауы                                                                                                                                     |               | <input type="text" value="Бас?а"/>  |                  |  |
| Стержень материалының орысша атауы                                                                                                                                      |               | <input type="text" value="Другой"/> |                  |  |
| Материалдың жылуөткізгіштік коэффициенті                                                                                                                                |               | <input type="text"/>                |                  |  |
| N°                                                                                                                                                                      | Қазақша атауы | Орысша атауы                        | К <sub>хх</sub>  |  |
| 1                                                                                                                                                                       | Бас?а         | Другой                              | 74,4000015258789 |  |
| 2                                                                                                                                                                       | Темір         | Железо                              | 389,600006103516 |  |
| 3                                                                                                                                                                       | Мыс           | Медь                                | 209,300003051758 |  |
| 4                                                                                                                                                                       | Алюминий      | Алюминий                            | 312,799987792969 |  |
| 5                                                                                                                                                                       | Алтын         | Золото                              | 418,700012207031 |  |
| 6                                                                                                                                                                       | К?міс         | Серебро                             | 85,5             |  |
| 7                                                                                                                                                                       | Жез           | Латунь                              | 45,4000015258789 |  |
| 8                                                                                                                                                                       | Болат         | Сталь                               | 62,7999992370605 |  |
| 9                                                                                                                                                                       | Шойын         | Чугун                               |                  |  |
| 10                                                                                                                                                                      | fgdfgdfg      |                                     |                  |  |

9 сурет. Стерженьнің материалдарының жылуөткізгіштік коэффициенттерін МҚ ендіру



10 сурет. Ыстыққа төзімді құймалардың маркасы мен олардың әртүрлі температурада жылудан ұлғаю коэффициенттерінің мәндері МҚ ендіру интерфейсі

Енді біз *Файл* бөліміндегі «Сыртқы факторлардың алғашқы параметрлер арқылы» ендіру бөлігімен қалай жұмыс жасайтынына тоқталайық. Ол үшін *Файл*→*Сыртқы факторлардың алғашқы параметрлер арқылы* нұсқауын орындаймыз. Сол кезде төмендегі 11 сурет ашылады. Бұл терезе негізгі 5 бөліктен тұрады. Олар:

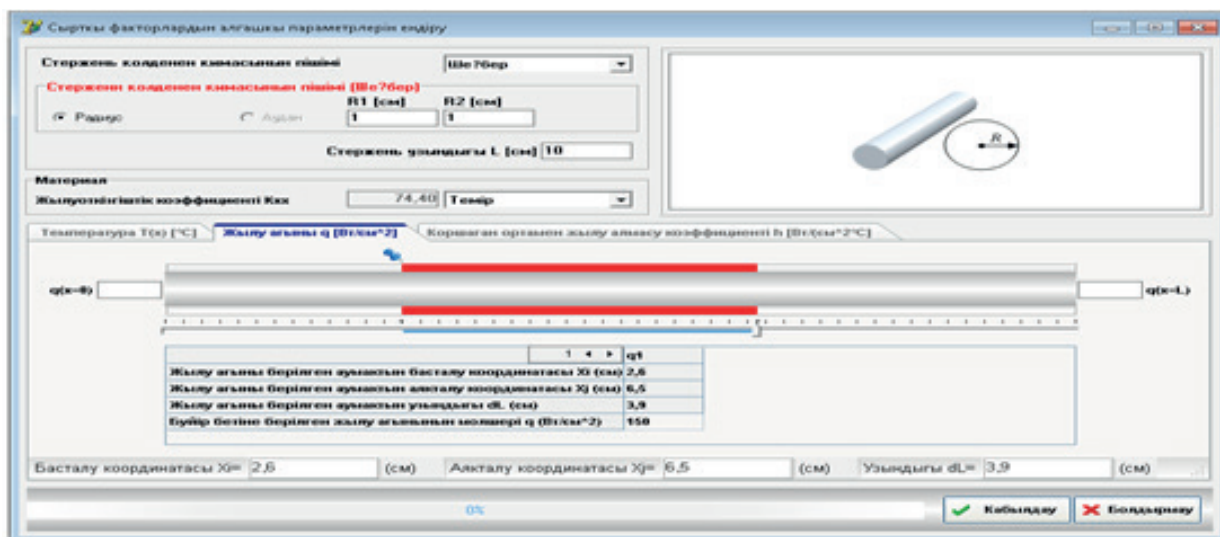
1. Стерженьнің көлденең қима пішімі мен оның параметрлерін және жалпы ұзындығын ендіру
2. Стерженьнің жылуөткізгіштік коэффициентін (жасалу материалы) ендіру;

3. Белгілі болған температура мәндерін ендіру;

4. Қандайда бір ауданға түсіп тұрған жылу ағынының мөлшерін ендіру;

5. Сыртқы ортамен жылу алмасу коэффициентін ендіру.

Бұл жоғарыдағы 5 сыртқы факторлар стерженьнің бойымен жылудың таралу заңдылығын және жылу механикалық күйін анықтауға жеткілікті.



11 сурет. Сыртқы факторлардың алғашқы параметрлер арқылы ендіру бөлігі

Енді әрқайсысымен жеке-жеке танысайық және жұмыс жасауы туралы нұсқаулығын түсіндірейік:

12 суретте (63 бет) қызыл шеңбермен белгіленіп тұрған компонент көмегімен стерженьнің көлденең қима пішімін таңдаймыз. Таңдалған соң оның керекті параметрлері

астыңғы бөлігінде көрсетіледі. Суреттегі жағдай үшін R1 және R2 мәндері сұрап тұр. Мұндағы R1 стерженьнің бірінші шетінің қима радиусы, ал R2 екінші шетінің қима радиусы.

Келесі операция стерженьнің жалпы ұзындығын беру. Оның өлшемі см беріледі.

Стержень колденен қимасының пішімі

Ше?бер

Стержень колденен қимасының пішімі (Ше?бер)

Радиус Аудан

R1 [см] R2 [см]

1 1

Стержень ұзындығы L [см] 10

12 сурет. Стерженьнің көлденең қима пішімі мен оның параметрлерін және жалпы ұзындығын ендіру

Енді стерженьнің жылуөткізгіштік коэффициентін ендіруді қарастырайық (13 сурет). Бұл амал МҚ-на ендірілген материалдарды таңдау арқылы іске асырылады. Жоғарыда айтқанымыздай, бұл материалдар МҚ-на алдын ала ендіріліп қойылады.

Материал

Жылуөткізгіштік коэффициенті Kxx

74.40

Темір

13 сурет. Стерженьнің жылуөткізгіштік коэффициентін (жасалу материалы) ендіру

Тізімнен өзімізге керекті материалды тандасақ бағдарлама автоматты түрде ол материалдың жылуөткізгіштік коэффициентін анықтайды. Егер сіз таңдаған материалдардан жылуөткізгіштік коэффициентті таппасаңыз, онда тізімнен **Басқа** дегенді таңдау қажет. Осы кезде жанындағы ұяшық белсенді болады. Сол ұяшыққа жылуөткізгіштік коэффициенттің мәнін ендірсеңіз болады.

Белгілі болған температура мәндерін ендіру бөліміне тоқталайық (14 сурет). Егер сіз қарастырып жатқан мәселеде стерженьнің

белгілі бір координатасында температураның мәні белгілі болса, онда осы бөлікпен жұмыс жасалады. Температураның мәнін ендіру үшін төменде орналасқан сырғытпа компонентіне жүгінеміз. Сырғытпа компонентін сызғыш деп те алсақ болады. Стерженьнің қай координатасында температура берілген сызғышпен анықтаймыз. Содан соң температураның мәнін ендіреміз.

Температура T(x) [°C]

Жылу ағыны q [Вт/см²]

Қоршаған ортамен жылу алмасу коэффициенті h [Вт/(см²·°C)]

Температура

Температура мәні T(x) [°C]

14 сурет. Белгілі болған температура мәндерін ендіру

Температура мәні стерженьнің қандай да бір координатадан екінші координата арасында берілген болса, онда бұл жағдай өте күрделі. Температура мәнін ендіруде үлкен сақтық қажет, себебі температура берілген ауданда бір сәтте жылу алмасу да, жылу ағыны да беріле алмайды.

Жылу ағынының мөлшерін ендіру бөліміне келейік (15 сурет). Бұл жерде жылу ағынын ендіруде өте сақ болу қажет, себебі берілген алғашқы мән қате болса, барлығы да қате болады.

Температура T(x) [°C]

Жылу ағыны q [Вт/см²]

Қоршаған ортамен жылу алмасу коэффициенті h [Вт/(см²·°C)]

h(x=0) 6

Tco(x=0) 40

h(x=L) 10

Tco(x=L) 40

| 1                                                         | h1 |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Жылу алмасып жатқан аумақтың басталу координатасы Xi (см) | 10 |
| Жылу алмасып жатқан аумақтың аяқталу координатасы Xj (см) | 15 |
| Жылу алмасып жатқан аумақтың ұзындығы dL (см)             | 5  |
| Жылу алмасу коэффициентінің мәні h (Вт/(см²·°C))          | 10 |
| Сыртқы ортаның температурасы Tco (°C)                     | 40 |

Басталу координатасы Xi= 10 (см)

Аяқталу координатасы Xj= 15 (см)

Ұзындығы dL= 5 (см)

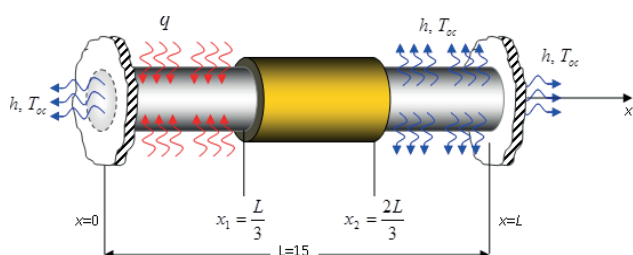
15 сурет. Қандайда бір ауданға түсіп тұрған жылу ағынының мөлшерін ендіру

Жылу ағынын ендіру процесі түсінікті болуы үшін бір мысал қарастырайық. Есептің берілгені 16 суретте (64 бет) көрсетілген.

Біз бағдарламаны пайдаланбай тұрып, өзіміз қолмен әрбір сыртқы орта стерженьнің қай бүйір бетінде орналасқанын есептеп ала-

йық. Мына мысал үшін көрініп тұрғандай үш түрлі сыртқы орта бірдей ұзындықта берілген. Стерженьнің 1/3 бөлігіне жылу ағыны, 1/3 бөлігі жылудан оқшауланған, 1/3 бөлігі сыртқы ортамен жылу алмасады. Есептеуге оңай болсын десек стерженьнің ұзындығын, көлденең қима ауданын, материалдың жылуөткізгіштік пен сыртқы ортамен жылу алмасу коэффициентін және т.б. параметрлерге мән береміз.

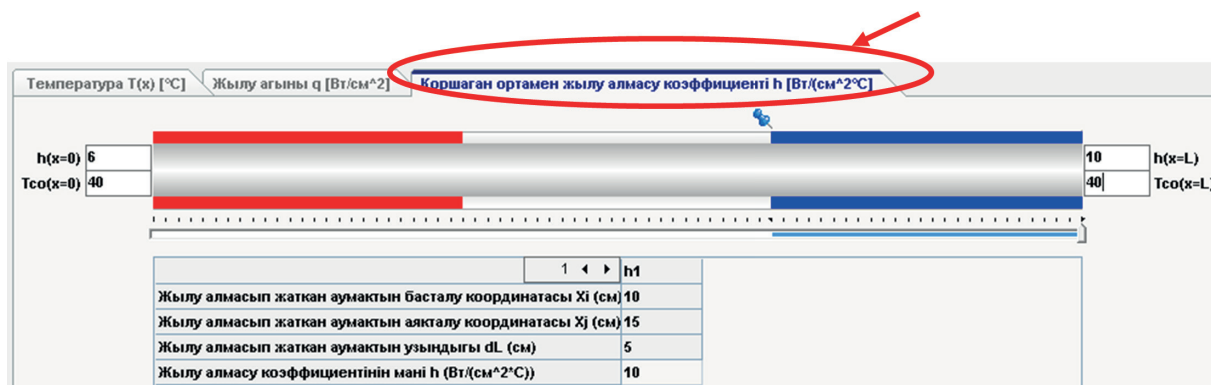
$K_{xx} = 74,4 (Вт/(см \cdot ^\circ C))$ ,  $h = 10 (Вт/(см^2 \cdot ^\circ C))$ ,  $T_{co} = 40 (^\circ C)$ ,  $q = 200 (Вт/см^2)$ ,  $L=15 (см)$ ,  $R=1 (см)$ ,  $x_1 = 5 (см)$ ,  $x_2 = 10 (см)$ .



16 сурет. Есептің сызбасы

Енді сырғытпа жолды сызғыштың ең басына апарамыз. Сырғытпа жолдың жоғары жағында қысқа ұзындықта бейнеленген сызғыш суреті бар батырманы басамыз. Сол кезде сызғыш ретінде бейнеленген батырма суреті шегелеу суретіне автоматты түрде ауысады. Содан соң сырғытпа жолды қашан 5 см болғанша, орнынан қозғалта береміз. Нәтижеде стерженьнің бүйір беті қызыл түске боялады (17 сурет). Ол дегеніміз сол ауданға жылу ағыны түсіп тұр дегенді білдіреді. Ал жылу ағынының мәні ең астында орналасқан кестеге  $q = 200 (Вт/см^2)$  деп жазамыз. Осымен біздің мысалда жылу ағынының берілуі ауданы аяқталады. Келесі операция сыртқы ортамен жылу алмасуды бастаймыз.

Стерженьнің кейбір бөліктері сыртқы ортамен жылу алмасу процесі жүріп жатыр. Оны анықтау үшін келесі бөлімге өту қажет (17 сурет).



17 сурет. Сыртқы ортамен жылу алмасу коэффициентін ендіру

Бұл бөлімде жылу ағыны қай ауданға берілгені автоматты түрде анықталып тұрады. Сырғытпа жолды еш уақытта қызыл түспен боялған бөлікке апара алмаймыз, себебі жылу ағыны мен жылу алмасу процесі бір сәтте бір жерде болуы мүмкін емес.

Ал енді сыртқы ортамен жылу алмасатын бөлікті сырғытпа жолмен анықтайық. Бұл операция жоғарыда көрсетілген жылу ағыны сияқты іске асырылады, яғни сырғытпа жолдың жоғарысында орналасқан қысқа бейнеде бейнеленген сызғышты 10 см тұсына сырғытпа жолдың көмегімен алып келеміз. Содан соң қысқа бейнеде бейнеленген сызғышты батырманы бір рет шертеміз, сол уақытта

сызғыш шегелеу бейнесіне автоматты түрде ауыстырылады.

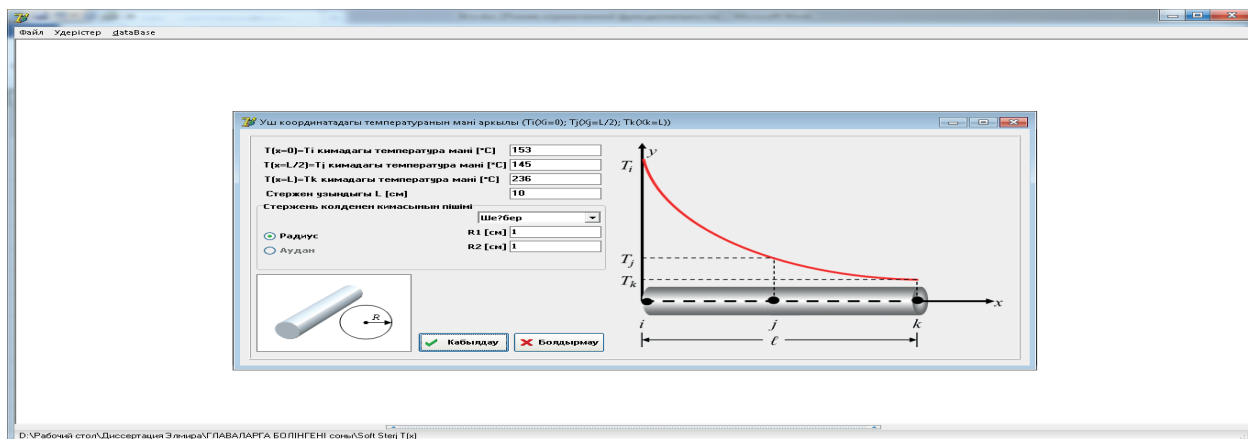
Енді сырғытпа жолды тышқан көмегімен стерженьнің соңына дейін созамыз. Нәтижеде белгілеген аумақ көк түске боялады. Ол дегеніміз 10 см-ден бастап 15 см дейінгі аралықта стерженьнің бүйір беті бойынша сыртқы ортамен жылу алмасады деген сөз.

Оның мәнін, яғни сыртқы ортамен жылу алмасу коэффициенті мен сыртқы орта температурасын төменде орналасқан кестеге ендіреміз. Сондай-ақ біздің мысалды стерженьнің екі шеті көлденең қима аудандарында сыртқы ортамен жылу алмасады. Олардың да, мәндерін ендіреміз (13 сурет 63 бет).

Сонымен біздің мысалымыз толық компьютер жадына алғашқы параметрлердің мәндері ендірілді. Ендігі кезек ендірілген мәндерді дұрыс деп қабылдау. Ол үшін төменгі жағында орналасқан **Қабылдау** батырмасын басамыз. Сол кезде компьютер автоматты түрде берілген ақпараттарды өңдеп, стерженьнің бойымен температураның мәнін анықтайды. Оны көру үшін басты мәзірден

*Үдерістер*→*Температура өрісінің нәтижесі* нұсқауын орындаймыз (15 сурет 63 бет).

Енді біз *Файл* бөліміндегі «Үш координатадағы температураның мәні арқылы» ендіру бөлігімен қалай жұмыс жасайтынына тоқтайлық. Онда *Файл*→*Үш координатадағы температураның мәні арқылы* нұсқауын орындаймыз. Сол кезде бізге келесі терезе ашылады (18 сурет).



18 сурет. Үш координатадағы температураның мәні арқылы ендіру интерфейсі

Бұл терезеде стерженьнің үш координатасында берілген (анықталған) температура мәндерін ендіру арқылы қалған кез келген координатадағы температуралардың таралу заңдылықтарын ШЭӘ анықтауға болады. Егер біздің мысалда берілген болса, онда ол мына координаталар болады:

$$T(x=0) = T_i = 153 (^{\circ}\text{C});$$

$$T(x=7,5) = T_j = 145 (^{\circ}\text{C});$$

$$T(x=15) = T_k = 236 (^{\circ}\text{C}).$$

Сонымен біз стерженьнің бойымен температураның таралу заңдылығын анықтау үшін алғашқы берілетін параметрлердің мәндерін бердік. Ендігі кезекте оның нәтижесін көру. Жоғарыда біз алғашқы параметрлердің мәндерін ендірудің екі жолын қарастырдық. Соның нәтижесін келесі нұсқаудың көмегімен көруге болады, ол үшін *Үдерістер*→*Температура өрісінің нәтижесі* нұсқауын орындаймыз. Сол кезде бізге келесі терезе ашылады (19 сурет 66 бет).

Бұл интерфейсте (19 сурет 66 бет) температураның стержень бойымен таралу заңды-

лығының графикалық және сандық түрде көре аламыз. Терезенің оң жақ бөлігінде графиканы баптау батырмалары орналасқан, ал ең төменгі бөлігінде температураның сандық мәндері орналасқан.

Енді *Үдерістер* бөлімінің келесі бөлігімен танысайық. Ол бізде «Стерженьнің жылу механикалық күйін анықтау» болып табылады. Стерженьнің жылу механикалық күйіне мыналар жатады:

$u(x)(\text{см})$  – стержень қималарының жылжулары;

$\epsilon_x$  – серпінділік деформация;

$\epsilon_T$  – температуралық деформация;

$\epsilon$  – ақиқаттық деформация;

$\sigma_x(\text{кг/см}^2)$  – серпінділік кернеу;

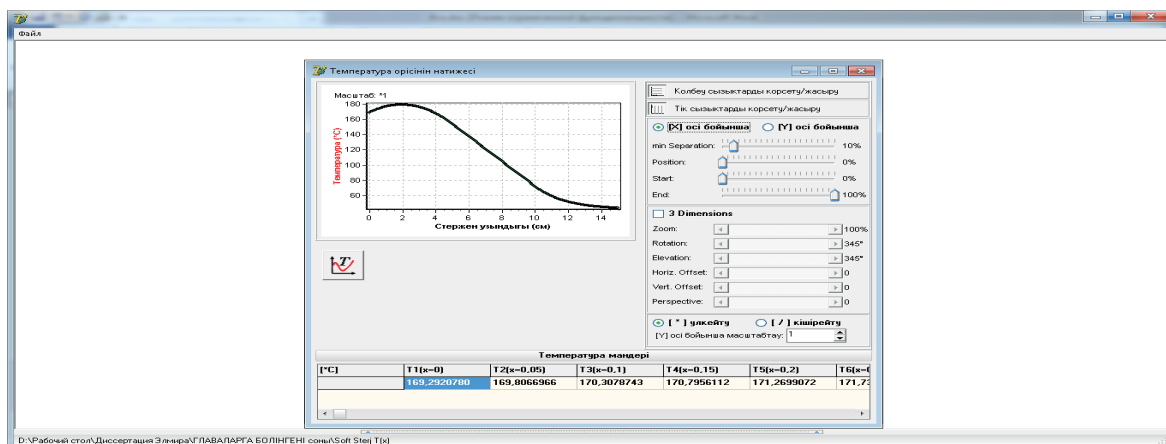
$\sigma_T(\text{кг/см}^2)$  – температуралық кернеу;

$\sigma(\text{кг/см}^2)$  – ақиқаттық кернеу;

$R(\text{кг})$  – сығушы немесе созушы күш;

$\Delta \ell_P, \Delta \ell_T(\text{см})$  – стерженьнің жылудан немесе созушы-сығушы күштердің әсерінен ұзарудың-қысқарудың мәні;

$\alpha(1/^{\circ}\text{C})$  – жылудан ұлғаю коэффициенті.

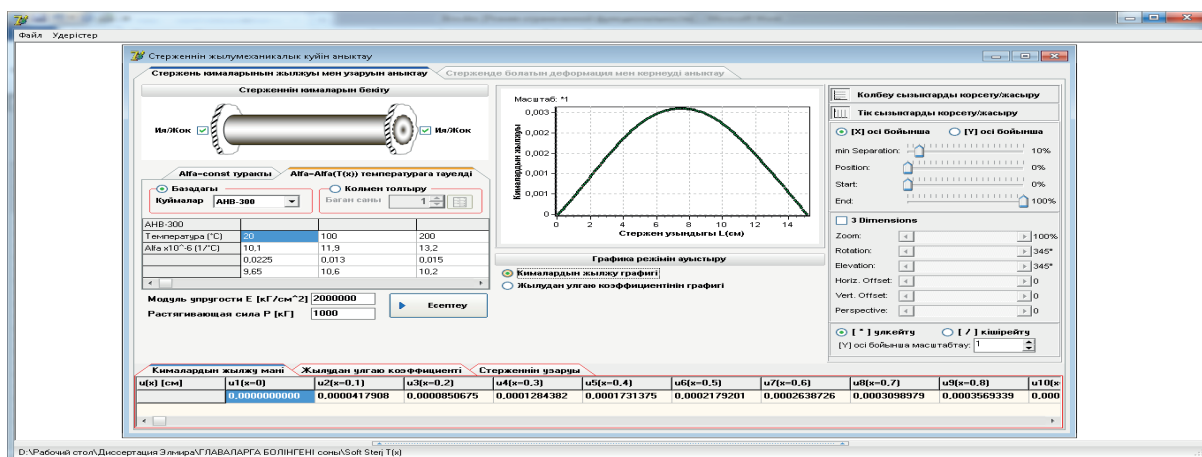


19 сурет. Температура өрісінің нәтижесін көру интерфейсі

Олай болса, осы операцияны жүзеге асырайық. Бұл амал стерженьнің бойымен температураны анықтағаннан соң жүзеге асырылады, себебі температураның таралу заңдылығы табылмай жылу механикалық күй табылмайды. Оны жүзеге асыру үшін *Үдерістер* → «Стерженьнің жылу механикалық күйін анықтау» нұсқаулығын

орындаймыз. Нәтижеде төмендегі терезе ашылады (20 сурет). Бұл терезе екі бөліктен тұрады:

- стержень қималарының жылуы мен ұзаруын анықтау;
- стерженьде болатын деформация мен кернеуді анықтау.



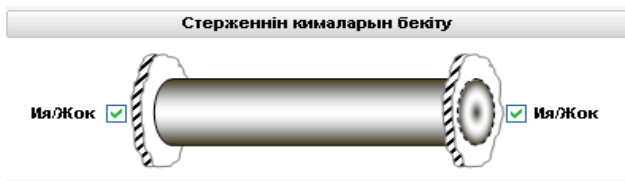
20 сурет. Стерженьнің жылу механикалық күйін анықтау интерфейсі

Бұл терезеде функционалдық құрылым өте күрделі. Сондай-ақ жылу механикалық күйді өте үлкен дәлдікпен анықтайды. Терезенің оң жақ шетінде орналасқан батырмалар графиканы баптауға арналған. Ал ең төменгі жағында стержень қималарының жылжу мәндері, жылудан ұлғаю коэффициентінің мәндері және стерженьнің ұзаруының мәндері кесте түрінде берілген. Терезенің сол жақ шетінде стерженьнің жылу механикалық күйін анықтауда алғашқы ұсынылатын параметрлер. Сонымен қатар алдын

ала есептелетін операциялар. Бұлар ең алдымен орындалмаса нәтиже шықпайды. Бұл операцияны орындау үшін барлық іс әрекеттерді рет-ретімен орындау қажет.

Енді сол әрбір әрекетті жеке-жеке түсіндірейік:

1. Стерженьнің екі шетін мықтап бекіту. Егер деформация және кернеу компоненттерін анықтау керек болса, онда міндетті түрде стерженьнің екі шетін мықтап бекітесіз. Ол үшін 21 суреттегідей (67 бет) етіп жасау қажет.



21 сурет. Стерженьді екі шетінен мықтап бекіту

2. Стерженьнің жылудан ұлғаю коэффициентін  $\alpha$  ( $1/^\circ\text{C}$ ) анықтау (22 сурет). Бізде мұның екі нұсқасы қарастырылған. Біріншісі  $\alpha$  мәні температураға тәуелді, яғни  $\alpha = \alpha(T(x))$ . Ал екіншісі  $\alpha$  мәні тұрақты, яғни  $\alpha = \text{const}$ .

| Alfa=const тұрақты                           |        | Alfa=Alfa(T(x)) температураға тәуелді |       |
|----------------------------------------------|--------|---------------------------------------|-------|
| Базадағы                                     |        | Колмен толтыру                        |       |
| Куймалар                                     |        | Баған саны                            |       |
| АНВ-300                                      |        | 1                                     |       |
| АНВ-300                                      |        |                                       |       |
| Температура ( $^\circ\text{C}$ )             | 20     | 100                                   | 200   |
| Alfa $\times 10^{-6}$ ( $1/^\circ\text{C}$ ) | 10,1   | 11,9                                  | 13,2  |
|                                              | 0,0225 | 0,013                                 | 0,015 |
|                                              | 9,65   | 10,6                                  | 10,2  |

деформация мен кернеуді анықтау 22 сурет).

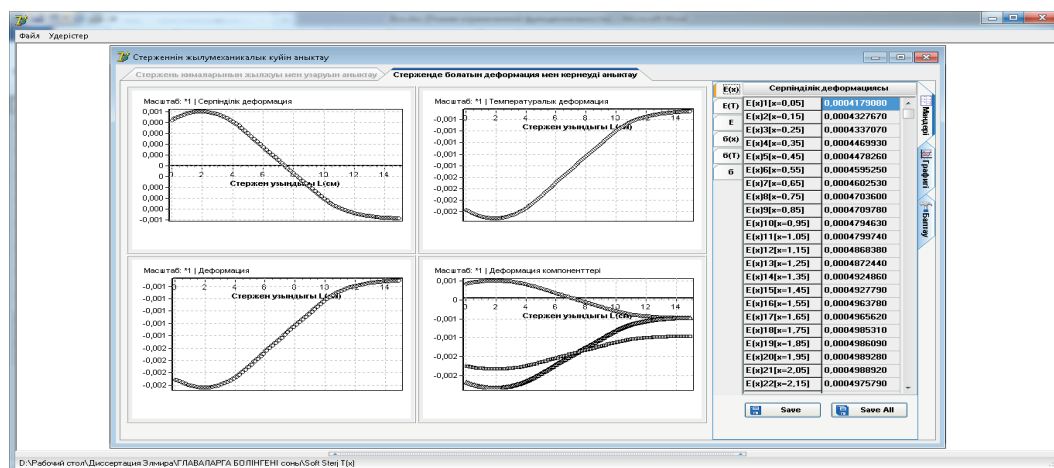
22 сурет. Жылудан ұлғаю коэффициенті  $\alpha$  ( $1/^\circ\text{C}$ ) анықтау

3. Стерженьнің қатандық модулі мен созушы күштің мәнін енгізу (23 сурет). Содан соң Есептеу батырмасын басамыз. Нәтижеде стержень қималарының жылжулары, жылудан ұлғаю коэффициентінің температураға тәуелділігі, стерженьнің жылу әсерінен ұзаруы мен созушы күштің әсерінен ұзаруы сандық және графикалық түрде анықталады.

|                                          |         |         |
|------------------------------------------|---------|---------|
| Модуль упругости E [кГ/см <sup>2</sup> ] | 2000000 | Есептеу |
| Растягивающая сила P [кГ]                | 1000    |         |

23 сурет. Стерженьнің қатандық модулі мен созушы күштің мәнін енгізу

Енді 24 суретте көрсетілген терезенің екінші бөліміне өтейік (стерженьде болатын



24 сурет. Стерженьде болатын деформация мен кернеуді анықтау интерфейсі

## Қорытынды

Біз терезеден деформация мен кернеудің сандық мәндерімен графикалық таралу заңдылықтарын көре аламыз. Бұл терезе екі бөлімнен тұрады. Біріншісі терезенің сол жақ шетінде орналасқан деформацияның және кернеудің стержень бойымен таралудың графикалық заңдылығы. Ал екінші бөлігі терезенің оң жақ шетінде орналасқан деформация мен кернеудің сандық мәндері, графиканы деформация немесе кернеу режиміне ауыстыру, графиканы баптау батырмалары.

Бұл ыстыққа төзімді құймалар арнайы физика-химия саласында тәжірибеден өтіп,

зерттеліп анықталған. Нақты өмірде осы құймалар бар, әрі өндірісте қолданылып жатыр. МҚ құймалар ендірілген болса, «Стерженьнің жылу механикалық күйлері» бөлімінде арнайы таңдалып МҚ-нан шақырылады. Мұндай жүйе бізге не үшін керек деген сұраққа жауап беретін болсақ, онда оның себебі мынада: нақты өмірде кез келген материал жылудың әсерінен көлемі ұлғаяды, яғни деформацияға ұшырайды. Егер біз стерженьнің әртүрлі координатасына әркілкі жылу ағынын немесе температура берсек, онда жылудан ұлғаю коэффициенті де температураға байланысты әрбір стерженьнің қимасында әртүрлі мәнге ие болатыны көрсетілген [3].

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Ғ.З. Қазиева, Қ.Д. Дінасылова, С.Қ. Баймұхамедова. DELPHI ОРТАСЫНДА ПРОГРАММАЛАУ: оқулық. – Алматы: ҚазҰТУ, 2010. – 240 б.
2. С.А. Любавин Программируем в Turbo Delphi. – Санкт-Петербург: НТ Пресс, 2008. – 320 с.
3. Н.З. Емельянова, Т.Л. Партыка, И.И. Попов. Основы построения автоматизированных информационных систем: учебное пособие. – М.: Форум: ИНФРА – М, 2005. – 416 с.
4. E.L. Wilson, Nickell. Application of the finite element method to heat conduction analysis // Nucl. Eng. and Des. – 1966. – Vol. 4. – P. 276-286.
5. I. Babushka, B.A. Szabo, I.N. Katz. The p-Version of the Finite Element Method // SIAM Journal on Numerical Analysis. – 1981. – Vol. 18. – P. 515-545.
6. H.J. Wirz, Smallderen. Numerical methods in fluid dynamics hemisphere publishing Corporation. – Washington: London, 1981. – 245 p.
7. F. Krieth, Principles of heat Transfer, 3-rd ed. – N.Y.: Intex Educational Publishers, 1973.
8. Y.C. Fung, Foundations of Solid Mechanics. Prentice-hall. – N.J.: Englewood Cliffs, 1965. – P. 23.
9. R.D. Cook, Concepts and Application of finite Element Analysis. – N.J.: Wiley, 1975. – P. 123.
10. R.H. Callagher, Finite Element Analysis Fundamentals. Prentice-Hall. – N.J.: Englewood Cliffs, 1975. – P. 27.

## REFERENCES

1. G.Z. Kazyieva, K.D. Dinasylova, S.K. Baymukhamedova. DELPHI ORTASYNDA PROGRAMMALAU: okulyk basylym. – Almaty: KazUTU. 2010. – 240 b.
2. S.A. Lyubavin, Programmiruyem v Turbo Delphi. – Sankt – Peterburg: NT Press. 2008. – 320 s.
3. N.Z. Emelianova, T.L. Partyka, I.I. Popov. Osnovy postroyeniya avtomatizirovannykh informatsionnykh sistem: uchebnoye posobiye. – M.: Forum: INFRA – M. 2005. – 416 s
4. E.L. Wilson, Nickell. Application of the finite element method to heat conduction analysis // Nucl. Eng. and Des. – 1966. – Vol. 4. – P. 276-286.
5. I. Babushka, B.A. Szabo, I.N. Katz. The p-Version of the Finite Element Method // SIAM Journal on Numerical Analysis. – 1981. – Vol. 18. – P. 515-545.
6. H.J. Wirz, Smallderen. Numerical methods in fluid dynamics hemisphere publishing Corporation. – Washington: London, 1981. – 245 p.
7. F. Krieth, Principles of heat Transfer, 3-rd ed. – N.Y.: Intex Educational Publishers, 1973.
8. Y.C. Fung, Foundations of Solid Mechanics. Prentice-hall. – N.J.: Englewood Cliffs, 1965. – P. 23.
9. R.D. Cook, Concepts and Application of finite Element Analysis. – N.J.: Wiley, 1975. – P. 123.
16. R.H. Callagher, Finite Element Analysis Fundamentals. Prentice-Hall. – N.J.: Englewood Cliffs, 1975. – P. 27.

### Information about authors:

1. Nurlybayeva E. N. – PhD, associate professor, Kazakh National Academy of Arts named after T. Zhurgenov  
Email: nuremuk@mail.ru
2. Tashenova Zh. M. – PhD, associate professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University,  
Email: zhuldyz\_tm@mail.ru
3. Amanzholova Sh.A. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor, Kazakh National Conservatory named after Kurmagazy  
Email: schirin75@mail.ru
4. Satymbekov M.N. – Master student, Al-Farabi Kazakh National University  
Email: m\_satymbekov@mail.ru

## ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ ТЕРМОМЕХАНИКАЛЫҚ КҮЙІН АНЫҚТАУ

НҰРЛЫБАЕВА Э.Н.<sup>1</sup>, ТАШЕНОВА Ж.М.<sup>2</sup>, АМАНЖОЛОВА Ш.А.<sup>3</sup>,  
САТЫМБЕКОВ М.Н.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Т.Қ. Жүргенов атындағы Қазақ Ұлттық өнер академиясы, 050000, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті, 010000, Нұр-Сұлтан қ, Қазақстан,

<sup>3</sup>Құрманғазы атындағы Қазақ Ұлттық консерваториясы, 050000, Алматы қ., Қазақстан

<sup>4</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, 050000, Алматы, Қазақстан

**Аңдатпа.** Мақалада стратегиялық құрылғылардың сан түрлі күрделі жылу көздері әсерінен негізгі құрылым элементтерінде пайда болатыны келтірілген. Оның жылу механикалық күйін зерттей алатын әмбебаптық сандық әдісі бойынша қарастырылды. Сонымен қатар есептеу алгоритмі жасалған. Сол құрылғылардың үздіксіз жұмыс жасауы негізгі құрылым элементтерінің жылу-беріктілігіне тікелей тәуелді болатыны айтылған.

**Түйінді сөздер:** ақпараттық технологиялар, жылу өткізгіштік, есептеу алгоритмі, жылу-механикалық күйі, жылу өрісі, жылу ағындары.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

НУРЛЫБАЕВА Э.Н.<sup>1</sup>, ТАШЕНОВА Ж.М.<sup>2</sup>, АМАНЖОЛОВА Ш.А.<sup>3</sup>,  
САТЫМБЕКОВ М.Н.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Казахская Национальная академия искусств им. Т.К. Жургенова, 050000, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева, 010000, Нур-Султан, Казахстан

<sup>3</sup>Казахская Национальная консерватория им. Курмангазы, 050000, Алматы, Казахстан

<sup>4</sup>Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, 050000, Алматы, Казахстан

**Аннотация.** В статье показано, что стратегические устройства возникают в основных элементах конструкции под воздействием различных сложных источников тепла. Он был рассмотрен универсальным численным методом, позволяющим изучить его термомеханическое состояние. Кроме того, был разработан вычислительный алгоритм. Показано, что длительная работа этих устройств зависит от термической прочности основных элементов конструкции.

**Ключевые слова:** информационные технологии, теплопроводность, вычислительный алгоритм, термомеханическое состояние, тепловое поле, тепловые потоки.

## DETERMINATION OF THE THERMOMECHANICAL STATE OF CONSTRUCTION ELEMENTS

NURLYBAYEVA E.N.<sup>1</sup>, TASHENOVA ZH.M.<sup>2</sup>, AMANZHOLOVA Sh.A.<sup>3</sup>,  
SATYMBEKOV M.N.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Kazakh National Academy of Arts named after T.K. Zhurgenev, 050000, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>L. Gumilyov Eurasian National University, 010000, Nur-Sultan, Kazakhstan

<sup>3</sup>Kazakh National Conservatory named after Kurmangazy, 050000, Almaty, Kazakhstan

<sup>4</sup>Al-Farabi Kazakh National University, 050000, Almaty, Kazakhstan

**Abstract.** The article shows that strategic devices arise in the main structural elements under the influence of various complex heat sources. It was considered by a universal numerical method that

allows one to study its thermomechanical state. In addition, a computational algorithm was developed. It is shown that the long-term operation of these devices depends on the thermal strength of the main structural elements.

**Keywords:** information technology, thermal conductivity, computational algorithm, thermomechanical state, thermal field, heat fluxes.

### Кіріспе

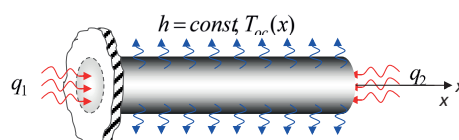
Жылу көздері әсерінде жұмыс жасайтын көптеген құрылғылардың (газотурбиналық электростанциялар, атом реакторлары, реактивті және сутектік двигателдер, және т.б.) кейбір құрылым элементтері күрделі жылу ағындары мен жылу алмасу әсерлерінде жұмыс жасайды. Сол құрылғылардың үздіксіз жұмыс жасауы негізгі құрылым элементтерінің жылу-беріктілігіне тікелей тәуелді болады.

Осыған орай стратегиялық құрылғылардың әртүрлі күрделі жылу көздері әсерінен негізгі құрылым элементтерінде пайда болатын жылу-механикалық күйін зерттей алатын әмбебаптық сандық әдіс және есептеу алгоритмін жасау өзекті мәселе болып табылады.

### Негізгі бөлім

Негізгі әдісті төменде келтірілетін мынандай мысалда қарастырайық. Бізге ұзындығы  $L$  (см), көлденең қима ауданы  $F$  (см<sup>2</sup>) болған шекті ұзындықтағы стержень көрінісіндегі негізгі құрылым элементі берілді дейік, оның жылу өткізгіштік коэффициенті  $K_{xx}$  (Вт/(см · °С)) болсын. Берілген горизонталь стерженьнің сол шеті мықтап

бекітілген, ал оң шеті бос болсын. Стерженьнің сол шетінің көлденең қима ауданына  $q_1$  (Вт/см<sup>2</sup>), ал оң шетінің көлденең қима ауданына  $q_2$  (Вт/см<sup>2</sup>) жылу ағындары түсіп тұрсын. Стерженьнің бүйір бетінің ауданы арқылы, оны қоршап тұрған сыртқы ортамен жылу алмасып тұрсын. Мұнда жылу алмасу коэффициенті  $h$  (Вт/(см<sup>2</sup> · °С))  $= \text{const}$ , ал сыртқы ортаның температурасы  $T_{co}$  (°С) болсын [1]. Мұнда  $T_{co}(x) = ax^2 + bx + c$ ;  $a, b, c = \text{const}$ . Мәселенің есептеу сызбасы 1-суретте көрсетілген.



1-сурет. Мәселенің есептеу сызбасы

Берілген мәселені шешу үшін энергияның сақталу заңына сәйкес сандық әдіс құрастырайық. Бұл үшін зерттеліп жатқан стержень ұзындығы бойынша температураның таралу заңдылығын  $T_{co}(x)$  -ке сәйкес екінші дәрежені толық полином көрінісінде іздейік, яғни

$$T(x) = a_1 x^2 + a_2 x + a_3, \quad 0 \leq x \leq \ell, \quad a_1, a_2, a_3 = \text{const} \quad (1)$$

мұнда

$$\left. \begin{aligned} T(x=0) &= a_1 \cdot 0 + a_2 \cdot 0 + a_3 = T_i \\ T\left(x=\frac{L}{2}\right) &= a_1 \cdot \frac{L^2}{4} + a_2 \cdot \frac{L}{2} + a_3 = T_j \\ T(x=L) &= a_1 \cdot L^2 + a_2 \cdot L + a_3 = T_k \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

деп белгілесек, онда  $T(x)$ -ті мынадай көріністерде жазуға болады [1].

$$\begin{aligned} T(x) &= a_1 x^2 + a_2 x + a_3 = \varphi_i(x) \cdot T_i + \varphi_j(x) \cdot T_j + \varphi_k(x) \cdot T_k = \\ &= \frac{L^2 - 3Lx + 2x^2}{L^2} \cdot T_i + \frac{4Lx - 4x^2}{L^2} \cdot T_j + \frac{2Lx - x^2}{L^2} \cdot T_k, \quad 0 \leq x \leq L \end{aligned} \quad (3)$$

Мұнда

$$\varphi_i(x) = \frac{L^2 - 3Lx + 2x^2}{L^2}; \quad \varphi_j(x) = \frac{4Lx - 4x^2}{L^2}; \quad \varphi_k(x) = \frac{2Lx - x^2}{L^2}; \quad 0 \leq x \leq L, \quad (4)$$

онда (3)-(4)-ден пайдаланып температураның градиентін табамыз.

$$\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{dT}{dx} = \frac{4x-3L}{L^2} \cdot T_i + \frac{4L-8x}{L^2} \cdot T_j + \frac{2L-2x}{L^2} \cdot T_k, \quad 0 \leq x \leq L \quad (5)$$

Енді 1-суретте келтірілген мәселе үшін толық жылу энергияны өрнектейтін функционалды жазамыз [2].

$$I = \int_V \frac{K_{xx}}{2} \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 dV + \int_{S(x=0)} q_1 T(x) dS + \int_{S(x=L)} q_2 T(x) dS + \int_{S_{BB}} \frac{h}{2} (T(x) - T_{co}(x))^2 dS \quad (6)$$

мұнда  $S(x=0)$  – стерженьнің сол жақ шетіндегі көлденең қима ауданы, ал  $S(x=L)$  – оң жақ шетіндегі көлденең қима ауданы;  $V$  – стерженьнің көлемі;  $S_{BB}$  – стерженьнің бүйір бетінің ауданы. Сондай-ақ (6) өрнектегі интегралды  $T_{co}(x)$ ,  $\frac{\partial T}{\partial x}$  және  $T(x)$ -тардың өрнектерінен пайдаланып интегралдаймыз.

$$I_1 = \int_{S(x=0)} q_1 T(x) dS = F \cdot q_1 \cdot T_i \quad (7)$$

$$I_2 = \int_{S(x=L)} q_2 T(x) dS = F \cdot q_2 \cdot T_k \quad (8)$$

$$I_3 = \int_V \frac{K_{xx}}{2} \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)^2 dV = \frac{K_{xx} \cdot F}{2L^2} \int_0^L [(4x-3L) \cdot T_i + (4L-8x) \cdot T_j + (2L-2x) \cdot T_k]^2 dx =$$

$$= \frac{K_{xx} \cdot F}{6L} [7T_i^2 - 16T_i T_j + 2T_i T_k - 16T_j T_k + 16T_j^2 + 7T_k^2] \quad (9)$$

$$I_4 = \int_{S_{BB}} \frac{h}{2} (T(x) - T_{co}(x))^2 dS = \frac{P \cdot h}{2} \int_0^L (T(x) - T_{co}(x))^2 dx$$

мұнда  $P$  – көлденең қима периметрі. Сондай-ақ  $I_4$ -тің өрнегіне  $T(x)$  және  $T_{co}(x)$ -тердің өрнектерін алып келіп қойсақ, онда  $I_4$ -тің көрінісі мынандай болады.

$$I_4 = \frac{Ph}{2} \int_0^L \left[ \frac{L^2 - 3Lx + 2x^2}{L^2} \cdot T_i + \frac{4Lx - 4x^2}{L^2} \cdot T_j + \frac{2Lx - x^2}{L^2} \cdot T_k - (ax^2 + bx + c) \right]^2 dx =$$

$$= \frac{Ph}{2} \left[ \frac{2L}{15} T_i^2 + \frac{2L}{15} T_i T_j - \frac{L}{15} T_i T_k + \left( \frac{aL^3}{30} - \frac{cL}{3} \right) \cdot T_i + \frac{8L}{15} T_j^2 + \frac{2L}{15} T_j T_k + \frac{2L}{15} T_k^2 - \right.$$

$$\left. - \left( \frac{2aL^3}{5} + \frac{2bL^2}{3} + \frac{4cL}{3} \right) \cdot T_j - \left( \frac{3aL^3}{10} + \frac{bL^2}{3} + \frac{cL}{3} \right) \cdot T_k + \right.$$

$$\left. + \left( \frac{a^2 L^5}{5} + \frac{abL^4}{2} + \frac{2acL^3}{3} + \frac{b^2 L^3}{3} + bcL^2 + c^2 L \right) \right] \quad (10)$$

Енді (7)-(10) өрнектерді пайдаланып  $I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$  функционалды құрамыз.

$$I = \frac{K_{xx} \cdot F}{6L} [7T_i^2 - 16T_i T_j + 2T_i T_k - 16T_j T_k + 16T_j^2 + 7T_k^2] + Fq_1 T_i + Fq_2 T_k +$$

$$+ \frac{Ph}{2} \left[ \frac{2L}{15} T_i^2 + \frac{2L}{15} T_i T_j - \frac{L}{15} T_i T_k + \left( \frac{aL^3}{30} - \frac{cL}{3} \right) \cdot T_i + \frac{8L}{15} T_j^2 + \frac{2L}{15} T_j T_k + \frac{2L}{15} T_k^2 - \right.$$

$$\begin{aligned}
 & - \left( \frac{2aL^3}{5} + \frac{2bL^2}{3} + \frac{4cL}{3} \right) \cdot T_j - \left( \frac{3aL^3}{10} + \frac{bL^2}{3} + \frac{cL}{3} \right) \cdot T_k + \\
 & + \left( \frac{a^2L^5}{5} + \frac{abL^4}{2} + \frac{2acL^3}{3} + \frac{b^2L^3}{3} + bcL^2 + c^2L \right)
 \end{aligned} \quad (11)$$

Енді  $I$ -функционалды  $T_i, T_j, T_k$ -түйін нүктелердегі температуралардың мәндері бойынша минимизациялап негізгі шешуші теңдеу-

лер жүйесін құрамыз. Бұл жүйе төмендегідей сызықты теңдеулер жүйесі болады [2].

$$\left. \begin{aligned}
 1) \frac{\partial J}{\partial T_i} = 0; \Rightarrow & Fq_1 + \frac{K_{xx}F}{6L}(14T_i - 16T_j + 2T_k) + \\
 & + \frac{Ph}{2} \left[ \frac{4L}{15}T_i + \frac{2L}{15}T_j - \frac{L}{15}T_k + \left( \frac{a \cdot L^3}{30} - \frac{cL}{3} \right) \right] = 0; \\
 2) \frac{\partial J}{\partial T_j} = 0; \Rightarrow & \frac{K_{xx}F}{6L}(-16T_i + 16T_k - 32T_j) + \\
 & + \frac{Ph}{2} \left[ \frac{2L}{15}T_i + \frac{16L}{15}T_j + \frac{2L}{15}T_k - \left( \frac{2aL^3}{5} + \frac{2bL^2}{3} + \frac{4cL}{3} \right) \right] = 0; \\
 3) \frac{\partial J}{\partial T_k} = 0; \Rightarrow & Fq_2 + \frac{K_{xx}F}{6L}(2T_i - 16T_j + 14T_k) + \\
 & + \frac{Ph}{2} \left[ -\frac{L}{15}T_i + \frac{2L}{15}T_j + \frac{4L}{15}T_k - \left( \frac{3aL^3}{10} + \frac{bL^2}{3} + \frac{cL}{3} \right) \right] = 0;
 \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Теңдеулер жүйесінің шешімі  $T_i = T(x=0)$ ;  $T_j = T(x=L/2)$  және  $T_k = T(x=L)$ -дің мәндерін анықтаймыз. Табылған  $T_i, T_j$  және  $T_k$ -лардың мәндерін (3)-ке алып барып қойып, зерттеліп жатқан стерженьнің ұзындығы бойынша температураның таралу заңдылығын табамыз, яғни

$$T = T(F, q_1, q_2, L, P, a, b, c, x) \quad (13)$$

Енді мәселенің сандық шешімін табу үшін алдымен қажетті параметрлердің мәндерін беру қажет. Ол мәндерді төмендегідей етіп алайық:

$$T_{co} = ax^2 + bx + c = \frac{3}{10}x^2 - 6x + 40$$

Бұл сыртқы орта температурасының мәні стержень ұзындығына тәуелділік формасы.  $T_{co}(x)$ -тің графикалық көрінісі 2-суретте келтірілген.

$T_{co}(x)$ -тің өрнегінен  $a = \frac{3}{10}$ ;  $b = -6$ ;  $c = 40$  екендігі көрінеді. Сондай-ақ стер-

женьнің көлденең қимасының пішімін шеңбер болғандықтан, оның радиусын  $r = 1$  см деп алайық. Стержень ұзындығы  $L = 20$  см-ге тең болсын. Онда стерженьнің көлденең қима ауданы  $F = \pi r^2 = \pi \text{ см}^2$  болады. Стержень материалының жылу өткізгіштік коэффициенті  $K_{xx} = 100 (\text{Вт}/(\text{см} \cdot ^\circ\text{C}))$  болсын. Стерженьнің бүйір беті арқылы сыртқы ортамен жылу алмасуының коэффициенті  $h = 10 (\text{Вт}/(\text{см}^2 \cdot ^\circ\text{C}))$  болсын.



2-сурет.  $T_{co}(x)$ -тің графикалық көрінісі

Жылу ағынының бастапқы мәні  $q_1 = q_2 = -500 (Вт/см^2)$ , ал берілген параметрлердің бұл мәндерінде (12)-ші шешуші теңдеулер жүйесінің көрінісі төмендегідей болады.

$$\left. \begin{aligned} 39 \cdot T_i + 8T_j - 7T_k &= 1420 \\ T_i + 18T_j + T_k &= 320 \\ -7T_i + 8T_j + 39T_k &= 1420 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Бұл теңдеулер жүйесін шешіп  $T_i, T_j$  және  $T_k$ -лардың мәндерін табамыз. Олар мынадай:

$$T_i = T_k = 41,1 (^\circ C); T_j = 13,21 (^\circ C) \quad (15)$$

Мұнда  $q_1 = q_2$  және  $T_{co}(x)$ -тің көрініс симметриялық парабола болғандықтан, алынған шешімдерде симметриялық болады.



3-сурет. Стержень ұзындығы бойынша жылу таралу заңдылығы

$$T(x) \frac{L^2 - 3Lx + 2x^2}{L^2} \cdot 41,1 + \frac{4Lx - 4x^2}{L^2} \cdot 13,21 + \frac{2Lx - x^2}{L^2} \cdot 41,1, \quad 0 \leq x \leq L \quad (16)$$

Стерженьнің ұзындығы бойынша жылу таралу заңдылығының графикалық көрінісі 3-суретте көрсетілген.

#### Қорытынды

Сонымен энергияның сақталу заңдылығына негізделіп жасалған сандық әдіс тұрақталған жылу өткізгіштік мәселесінің кез келген күрделі сызықсыз жылу көздері әсерінде де шешуге мүмкіндік береді екен. Ал енді (16) жылу өрісі әсерінен стерженьнің ұзаруын (2) сәйкес табамыз.

Сонымен энергияның сақталу заңына негізделіп жасалған жаңа сандық әдіс – әмбебап әдіс болып күрделі жылу көздері әсеріндегі негізі құрылым элементтерінің жылу-механикалық күйлерінің берілген 10-параметрлерге (яғни  $F, q_1, q_2, L, P, \alpha, a, b, c, x$ ) тәуелділігін терең зерттеуге мүмкіншілік береді. Алынған нәтижелер өндірістегі инженер-мамандар үшін өте қажетті мәліметтер болатыны анық. Әрине бұл әдісті қазіргі ақпараттық технологиялармен бірге қолдана отырып, үлкен жетістіктерге жетуге болады. Себебі мұндай жағдайда алынатын сандық нәтижелердің дәлдіктері өте жоғары болады [3].

#### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Т.В. Гришанина, Ф.Н. Шклярчук. Связанная задача термоупругого изгиба и теплопроводности тонко стенного круглого стержня при солнечном нагреве // Изв.РАН.Мех.тверд. – 2000. – №6. – С. –161-166.
- 2 K.N. Pandey, S. Chand. deformation based temperature rise // Int. J. Pressure Vessels and Pip. - 2003. – Vol. 80, №10. – С. 673-687.
- 3 А. Түсіпов. Инженерлік механиканың есептер жинағы: оқулық. – Алматы, 2013. – 196 б.
- 4 J.R. Whiteruan. A bibliography for flutty Elements. – N.Y.: Acaderuic Press, 1975. – P. 189.
- 5 K.H. Huebres. The Finite Element luthod for Engineers. – N.Y.: Wiley, 1975. – P. 321.
- 6 L.A. Pars. An Introduction to the Calculus of Variations. – London: Heineman, 1962. – P. 436.
- 7 E. Kreystig. Advanced Engineering Mathematics. 3-rd ed. – N.Y.: Wiley, 1972. – P. 266.

#### REFERENCES

1. T.V. Grishanina. F.N. Shklyarchuk. Svyazannaya zadacha termouprugogo izgiba i teploprovodnosti tonko stennogo kruglogo sterzhnya pri solnechnom nagreve // Izv.RAN.Mekh.tverd. – 2000. – №6. – S. 161-166.

2. K.N. Pandey, S. Chand. deformation based temperature rise // Int. J. Pressure Vessels and Pip. - 2003. – Vol. 80, №10. – С. 673-687.
  3. A. Tusipov. Inzhenerlik mekhanikanyk esepter zhinagy: okulyk. – Almaty. 2013. – 196 b.
  4. J.R. Whiteruan. A bibliography for flutty Elements. – N.Y.: Acaderuic Press, 1975. – P. 189.
  5. K.H. Huebres. The Finite Element luthod for Engineers. – N.Y.: Wiley, 1975. – P. 321.
  6. L.A. Pars. An Introduction to the Calculus of Variations. – London: Heineman, 1962. – P. 436.
  7. E. Kreystig. Advanced Engineering Mathematics. 3-rd ed. – N.Y.: Wiley, 1972. – P.266.
- 

#### **Information about authors:**

1. Nurlybayeva E. N. – PhD, associate professor, Kazakh National Academy of Arts named after T. Zhurgenov  
Email: nuremuk@mail.ru
2. Tashenova Zh. M. – PhD, associate professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University,  
Email: zhuldyz\_tm@mail.ru
3. Amanzholova Sh.A. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor, Kazakh National Conservatory named after Kurmagazy  
Email: schirin75@mail.ru
4. Satymbekov M.N. – Master student, Al-Farabi Kazakh National University  
Email: m\_satymbekov@mail.ru

## COMPUTER VISION MODEL COMPARISON

NAM D., SAVINA T.

*Kazakh-British Technical University, 050000, Almaty, Kazakhstan*

**Abstract.** *The use of machine learning in the medical field is one of the most difficult and thoroughly unsolved problems. Currently, there are many different algorithms for solving problems in the field of diagnostics and segmentation of biomedical images. Researchers are often faced with the challenge of choosing the best method to apply towards their data. We conducted the empirical research and compared 5 algorithms that able to detect anomalies in the medical images: RCNN, Fast-RCNN, Faster-RCNN, Mask R CNN, U-Net, and Residual Neural Network. The advantages of automatic processing of the medical images are apparent: doctors get a convenient software tool that allows them to diagnose the disease faster and reduce possible errors. The task is to study and then select algorithms for further testing on the actual data. The selection and study of algorithms were based on articles describing the architecture and application of computer vision algorithms.*

**Keywords:** *machine learning, deep learning, neural networks, convolutional neural networks.*

## КОМПЬЮТЕРЛЕРДІ КӨРУ ҮЛГІЛЕРІН САЛЫСТЫРУ

НАМ Д., САВИНА Т.

*Қазақстан-Британ техникалық университеті, 050000, Алматы, Қазақстан*

**Аңдатпа.** *Медициналық салада машиналық оқытуды қолдану күрделі және мұқият шешілмеген мәселелердің бірі болып табылады. Қазіргі уақытта биомедициналық кескіндерді диагностикалау және сегменттеу саласындағы мәселелерді шешудің көптеген түрлі алгоритмдері бар. Зерттеушілер көбіне олардың мәліметтеріне қолданудың ең тиімді әдісін таңдау мәселесіне тап болады. Біз эмпирикалық зерттеулер жүргіздік және медициналық кескіндердегі ауытқуларды анықтау мәселесін шеше алатын 5 алгоритмді салыстырдық: Fast-RCNN, Faster-RCNN, Mask R CNN, U-Net, R2-Unet және Residual Neural Network. Автоматты өңдеудің артықшылықтары медициналық кескіндер айқын: ауруды тезірек анықтауға болады, дәрігерлер ыңғайлы бағдарламалық жасақтама алады және деректерді өңдеудегі қателіктердің пайызы азаяды. Тапсырма қойылды – нақты деректер бойынша одан әрі тестілеудің алгоритмдерін оқып, содан кейін таңдау. Алгоритмдерді таңдау мен зерттеу компьютерлік көру алгоритмдерінің архитектурасы мен қолданылуын сипаттайтын мақалаларға негізделген.*

**Түйінді сөздер:** *машиналық оқыту, терең оқыту, жүйке желілері, конволюциялық жүйке желілер.*

## СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

НАМ Д., САВИНА Т.

*Казахстанско-Британский технический университет, 050000, Алматы, Казахстан*

**Аннотация.** *Использование машинного обучения в области медицины является одной из самых сложных и досконально нерешенных задач. В настоящее время существует множество различных алгоритмов для решения задач в области диагностики и сегментации биомедицинских изображений. Исследователи часто сталкиваются с проблемой выбора наилучшего метода, примененного к исследуемым данным. Мы провели эмпирическое исследование и сравнили 5 алгоритмов, которые*

способны решить задачу определения аномалии на медицинских снимках: R-CNN, Fast-RCNN, Faster-RCNN, Mask R CNN, U-Net, и Residual Neural Network. Преимущества автоматической обработки медицинских снимков очевидны: болезнь можно диагностировать быстрее, врачи получают удобный программный инструмент, а также снижается процент ошибок при обработке данных. Была поставлена задача изучить, а в дальнейшем отобрать алгоритмы для дальнейшего тестирования на реальных данных. Отбор и изучение алгоритмов происходили на основе статей, описывающих архитектуру и применение алгоритмов компьютерного зрения.

**Ключевые слова:** машинное обучение, глубокое обучение, нейронные сети, сверточные нейронные сети.

## Introduction

The development of Computer vision models dramatically increases with the rise of computing power. If the first convolutional neural networks were useless in the actual cases because of the slow speed and low accuracy, modern state-of-the-art algorithms allow to proceed data in real time for different cases.

In this paper we suggest a comparison of the various contemporary convolution neural networks for solving an instant segmentation task. We analyze six different architectures according to their accuracy, training speed, weaknesses, benefits, growth points and suitability for our future research which is shown on Fig1.

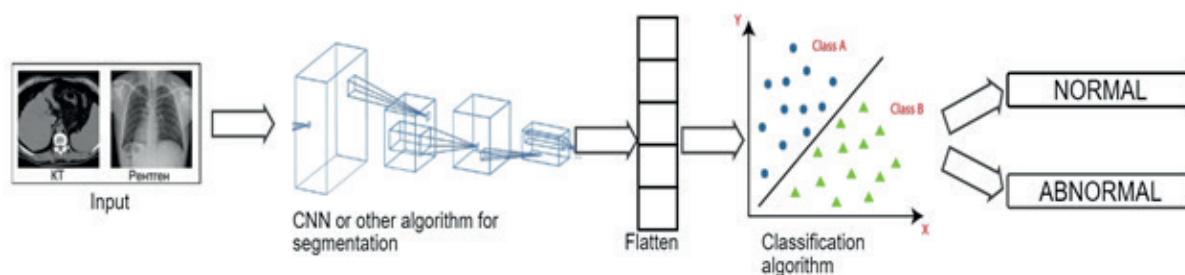


Fig1. Framework architecture of our future work

On the current step we are choosing the appropriate computer vision algorithm for instant segmentation tasks on medical data.

We chose eight algorithms for comparison because they solve similar tasks and are appropriate for biomedical instance segmentation. R-CNN model has a critical disadvantage that makes it inappropriate for the lifetime usage [1]. The algorithm's speed was 13 sec per image on a CPU and 53 sec per image on GPU. The next reviewed article is Faster R-CNN which partly solved the time limitation by updating the loss function and combining RCNN and Spatial Pyramid Pooling NET (SPP Net)[14] algorithms. The next step of development: this branch of CNN also struggled with the same problem, as well as it took into account another key point of computer vision algorithm implementation. It allows to save the disc storage and retrain the model iteratively by the single-stage usage. The speed of

Faster R-CNN archived 198ms for proposal and detection both, which have already made it state-of-the-art algorithm. MASK R-CNN is the next observed article, based on Fast and Faster RCNN too. The main difference between MASK R-CNN and Faster R-CNN is the replacement of ROI-Pool with ROI-Align, used for calculating the matrix of features for the candidate region both, but with the bilinear interpolation instead of calculating the matrix of features for the candidate region on borders.

Our main task is mostly based on the medical data. So, we are analyzing appropriate algorithms for the biomedical image segmentation. We found that U-Net, Mask R-CNN, and Res-Net have been already used for medical cases. So, MASK R-CNN and U-net were adopted for Lung Nodules Detection and Segmentation [8] [9], while Res-Net was applied for detection of the diabetic retinopathy [15]. Also, Res-Net can

be used as a backbone for other models to increase their results. The combination of the usage of two or more different architectures in one framework allows the results to dramatically grow up. Thus, R2 U-net integrated the power of U-Net and residual network and allowed the use of historical data. RNN algorithm is based on the LSTM concept and capable of the solving image segmentation tasks. The RNN architecture was used to improve the results of level set-based deformable models (LDM) that are widely used for medical image segmentation by adapting the handcrafted curve evolution velocity. [10]

We determined that models were tested on comparable datasets which allow us to match them by the results given on original articles. According to the results from the original articles we take into account the accuracy score, usually mean average precision was used as a metrics for model evaluation and the speed of image processing on training and testing or both.

### Model comparison

R-CNN model shows the high performance mean Average Precision (mAP) of 31.4% [1] on

Pascal VOC dataset for the object detection task, but it still has two critical points which have not allowed to use the model in real-time. Because of the complexity of R-CNN architecture, more directly due to the necessity to extract approximately 2k region proposals, it makes the process of training too long for the real-time usage of the algorithm (13s/image on a GPU or 53s/image on a CPU according to the article). Moreover, as it is based on a selective search algorithm it does not allow to retrain the model on this stage. So, the next observed algorithms are struggling with these disadvantages.

**Fast R-CNN** is the algorithm which has been created by Ross Girshick Microsoft Research. The main goal of this algorithm is to increase the speed of training and testing of existing R-CNN algorithms while saving the accuracy score. Fast RCNN algorithm is based on RCNN and Spatial Pyramid Pooling NET (SPP Net) algorithms which shows the good performance, but it is quite expensive algorithm according to the computation power, because of the complexity.

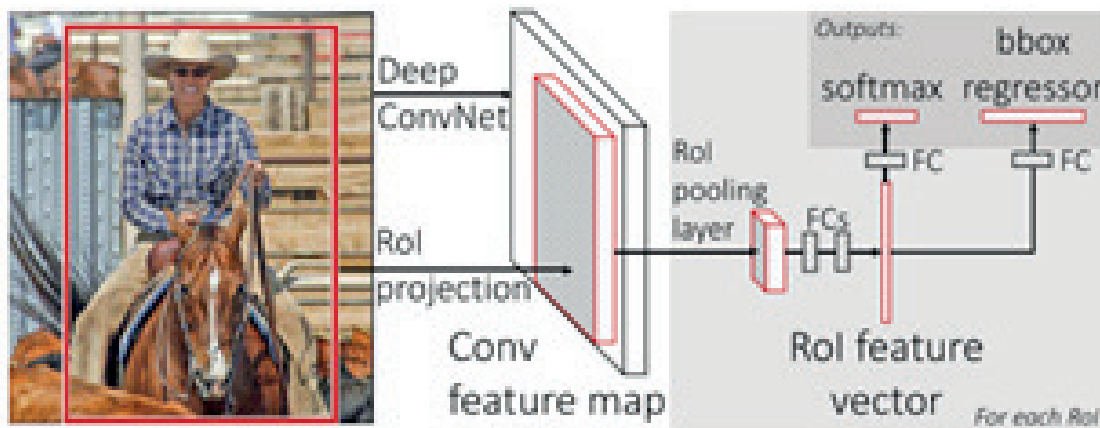


Fig2. Fast R-CNN architecture algorithm. [2]

Basically, the architecture of the model can be described in free steps which are shown in Fig2. The model calculates a conv feature map in the first step using a number of convolution and max-pooling layers. They then used a region of interest (RoI) pooling layer to get the feature vector with a fixed size from the conv feature mask. All vectors are sent to layers that are completely connected. The final two layers are as follows: the first generates softmax probability estimates

for K object classes plus a catch-all "context" class (i.e., negative examples for all classes) [1]. For each of the K object groups, the second produces four real-valued numbers.

One more update from the R-CNN algorithm is the multi-task loss for classification and regression both.

$$L(p, u, t^u, v) = L_{cls}(p, u) + \lambda[u \geq 1]L_{loc}(t^u, v)(1),$$

where u,v are target classes,  $t^u$  - predicted

tuple  $[u \geq 1]$  returns 1 if the expression inside brackets is true and 0 otherwise,  $L_{cls}(p, u) = -\log p_u$  is log loss true class  $u$ ,  $p$  - probability.  $L_{loc}$  is defined over a tuple of true bounding-box regression targets for class  $u$ ,  $v = (v_x, v_y, v_w, v_h)$ , and a predicted tuple  $t_u = (t_{u_x}, t_{u_y}, t_{u_w}, t_{u_h})$ , again for class  $u$ . [2]

For the evaluation of the model, they used mAP metrics. They tested the model on PASCAL VOC2007, VOC2010 and VOC2012 which contained 20 types of objects. datasets and got the accuracy 70, 68.8m 68.4%.

**Faster R-CNN** algorithm has positive updates from R-CNN which are caused by the improvement of the architecture of the model:

1. Increasing mAP
2. Single-stage training
3. The usage of multi-task loss
4. Reducing the usage of disk storage

As a consequence, these four advantages allow them to solve problems which were described in RCNN algorithm.

The speed of Fast R-CNN algorithm is near real-time, but it does not take into account the time which is spent on the region proposal. The next algorithm is Faster RCNN which also has been developed by the Microsoft research group.

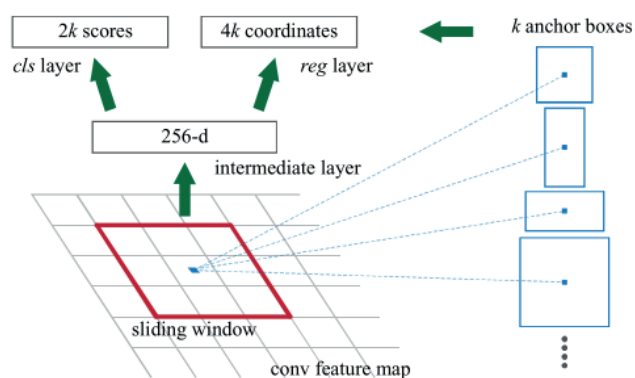


Fig 3. Region Proposal Network (RPN)[3]

The image is used as an input of **Region Proposal Network (RPN)** which is shown in Fig 3, while the output is the set of rectangles with corresponding objectless scores.

The FPN is a fully convolution network with SDG optimizer. They fully inherit the approach of training from the Fast R-CNN algorithm. For mini batch generation they used 256 random an-

chors with the proportion of positive and negative samples up to 1:1. In case of lack positive samples, they add negative anchors to a mini-batch.

The new layers were created using weights from a zero-mean Gaussian distribution with a standard deviation of 0.01. Image Net creates the rest of the layers. They also tune some ZF and VGG layers to conserve memory. While RPN was used for the region proposed generation, Fast R-CNN was accepted as an algorithm for detection. The dataset from PASCAL VOC 2007 detection championship was used for the evaluation of the model. Overall, it contains 5000 trains and the same test images with 20 types of objects. They used mean Average Precision as the evaluation metrics. The formula is

$$MAP = \frac{\sum_{q=1}^Q AveP(q)}{Q}$$

where  $Q$  is the number of queries in the set and  $AveP(q)$  is the average precision (AP) for a given query,  $q$ . (4)

The best result of the model was achieved with the implementation RPN and ZF together. The MAP was 70.4%. According to the speed being one of the factors which has led to creation of this algorithm, 198ms was achieved for both proposal and detection, while the previous algorithm allowed the speed 300ms (0.3 from previous article). While Faster R-CNN is a state-of-the-art algorithm, the creators of **Mask R-CNN** algorithm found that its performance also can be updated in consideration with pixel-to-pixel position of input and output images. The next algorithm is Mask R-CNN [3] which has been presented via Facebook AI research group. It is built on Fast and Faster R-CNN, much as before. [t3. Fig. 4 depicts the architecture of the Mask R-CNN system.

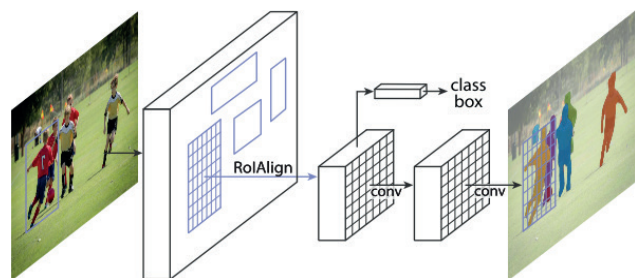


Fig 4. Framework for instance segmentation [5]

Overall, Faster RCNN does not take into account a pixel-to-pixel position of input and output image. Mainly the architecture is separated into two stages: backbone and head for the feature extraction and bounding-box recognition, mask prediction, correspondingly. According to the author of the article, every type of CNN could be adapted as a backbone, while they stopped on Feature Pyramid Network because it allowed to get the efficient speed and accuracy score at the same time. The architecture of the head is shown on Fig 5.

For solving this one ROI pooling layer was replaced via ROI align layer. The difference between them is that the values are rounded to integer in ROI pooling, while in ROI align uses fractional values. As a loss function was used the multi task loss

$$L = L_{cls} + L_{box} + L_{mask},$$

where  $L_{cls}$ - classification,  $L_{box}$ - bounding box regression,

$L_{mask}$ - mass loss in Mask R CNN. (5)

Also, the significant remark is that MASK R-CNN solved both the problem of instant segmentation and object detection, it also can be used for person segmentation.

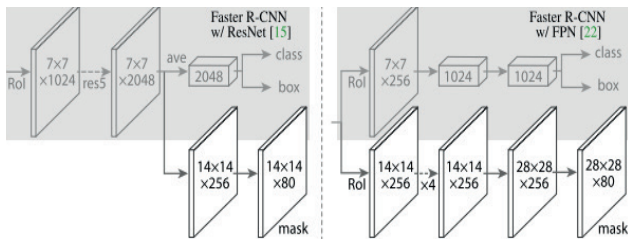


Fig 5. Head architecture

Then this model was adapted for the automatic nuclear segmentation task. [5] They did all experiments on the image set BBBC038v1 from the Broad Bioimage Benchmark Collection [5]. The examples of the images are given on Fig 6. [6]

They achieved maximum Mask Average Intersection over Union 70.54% with ResNet-100 FPN as a backbone on validation data.

The next algorithm is the logical extension of

Mask R-CNN. Furthermore, it was the winner of the CACOO challenge of the next year. **Path Aggregation Network for Instance Segmentation algorithm** [7] was the winner on CACO 2017 Challenge instance segmentation and achieved second place in Object Detection task. Overall, CACO dataset consists of 200 000 different images with difficulty to derivation among classes because of blur, number of different objects and other examples of complexity on the image.

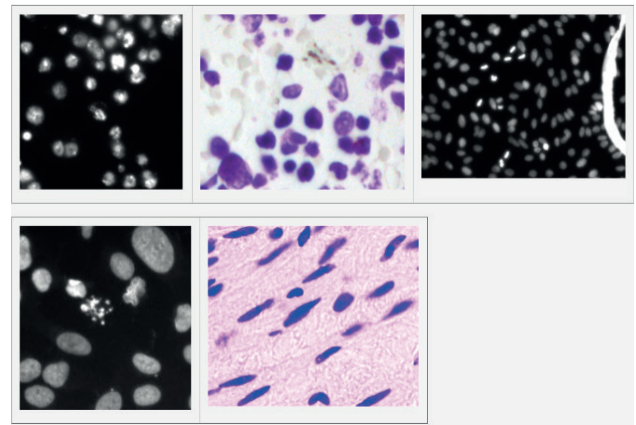


Fig 6. Examples of images [6]

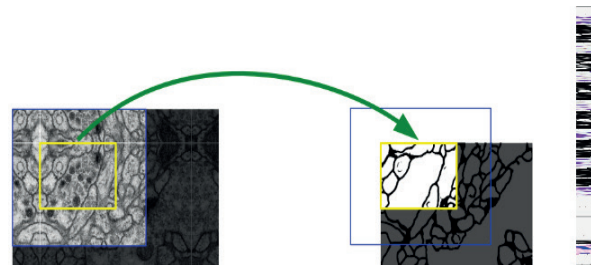


Fig 7. Illustration of framework.

There are basic descriptions of the architecture of PANnet. The first step is Feature Pyramid Network Backbone and Bottom-up path augmentation which were designed for reducing information path. The second step is Adaptive Feature pooling. This part of the Framework can collect feature levels' features for each proposal. And the last one is fully connected network (FCN) from original Mask RCNN with additional properties. The architecture Fig 7.

**U-Net** belongs to state-of-the-art CNN. It was constructed specifically for biomedical image segmentation [12].

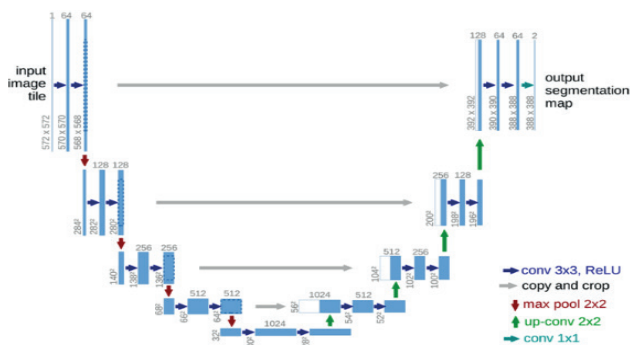


Fig 8. U-net architecture [11]

In the article [11], Unet architecture was described and demonstrated.

The network architecture of Unet is shown in Figure 8. Architecture divided into two hemispheres: on the left side is the contracting path, which following the standard architecture of CNN and on the right side is expanding paths. After combining the images with the data and passing it through other convolution layers, the network design is made up of a series of convolution and pooling layers that minimize the spatial resolution of the picture until increasing it. Generally, the network functions work as a filter. Each compression block takes an input, adds two ReLU 3X3 convolutional layers, and then a pool of maximum compression coefficients.

For each layer in the pool, the number of feature maps is multiplied. The bottleneck layer is made up of two 3\*3 Conv layers and a 2\*2 Conv layer. Each expansion module sends data to two 3\*3 Conv layers and a 2\*2 upsampling layer, halving the number of object channels. Also included is concatenation with a correctly clipped object map from the contract direction.

Finally, the 1X1 Conv layer is used to make the output segment count equal to the number of function maps. U-net applies a loss function to each pixel in the image. This makes it easier to spot specific cells in the segmentation diagram. A Softmax value is assigned to each pixel, followed by a loss function. This changes the issue from segmentation to grouping, requiring each pixel to be assigned to one of the classes. The network includes 23 convolutional layer. To ensure a smooth split of the output segmentation map, choose the size of the input tile so that all

2x2 max-pooling operations are applied to a layer with even x and y sizes (see Figure 9).

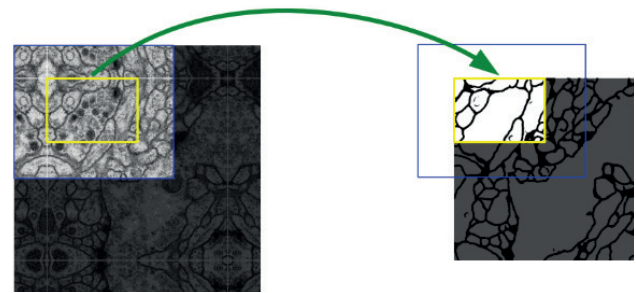


Fig 9. Overlap-tile strategy [11]

**Cross entropy is often used as a loss function for UNet:**

$$E = \sum_{x \in \Omega} \omega(x) \log(p_{l(x)}(x)) \quad (6),$$

where  $\omega$  - set of multiplicative coefficients,  $x$  - pixel position,  $p$  - softmax activation function,  $l: \Omega \rightarrow \{1, \dots, K\}$  is the true label of each pixel,  $K$  is the number of classes. [1]

**The main advantages of Unet:**

1. It is a computationally effective method
2. It can be trained with a limited dataset.
3. End-to-end training
4. Preferable for bio-medical applications.

With ResNet-101, the **Residual Neural Network** will replace VGG-16 layers in Faster R-CNN. Many researchers have noticed that this approach has improved. Residual Network (ResNet) is a form of neural network that first appeared in 2015. [13]

In the 2015 ILSVRC classification competition, ResNet won 1st place and entered the top 5 in the COCO 2015 competition for ImageNet Discovery, ImageNet Localization, Coco Discovery and Coco Segmentation. The Resnet neural network is able to effectively train both with 100 layers and with 1000 layers.

ResNet is based on residual learning. In 2015, deep convolutional neural networks were able to classify images better than humans. Previously, many researchers faced such a problem when a deeper network begins to collapse, since with increasing network depth, accuracy first increases and then quickly deteriorates. More layers in conventional neural networks imply a

better network, but due to the disappearing gradient issue, backpropagation will not update the weights of the first layer correctly. As the error gradient propagates back to the earlier layers, re-multiplying makes the gradient small. Thus, as the number of layers in the network increases, its performance saturates and begins to decline rapidly. Res-Net solves this problem with an identification matrix. By using the identity function for backpropagation, the gradient is only multiplied by one. This protects the input and prevents data loss.

The drop-in training accuracy demonstrates that not all networks are simple to improve. To overcome the problem of reduced training accuracy, when optimization is impossible, Microsoft has proposed a deep "residual" training structure. The  $F(x) + x$  formulation can be implemented using neural networks with fast access connections (Figure 10).

ResNet uses a skip connection, which means that the original input is also related to the output of the convolution block. This aids in the solution of the gradient fading problem by allowing the gradient to travel along a different direction. They often use an authentication feature that allows the higher tier to perform just as well as the lower tier, if not better.

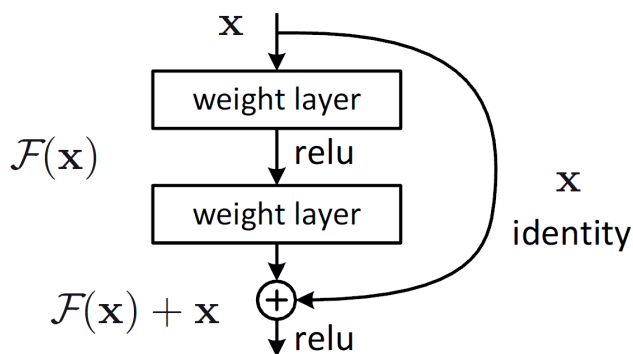


Fig.10. Building block of residual learning. [13]

Resnet's network uses  $3 \times 3$  filters, stride 2 CNN layers, a global average pooling layer, and a 1000-way fully wired layer with Softmax. Network of ResNet uses a 34-layer simple network architecture inspired by VGG-19, to which a connection shortcut is then added. These fast connections then transform the architecture into a residual network.

The ResNet model, in comparison to VGG networks, has less filters and is less complex. Add a quick link (Figure 11, right) to the simple network mentioned above, which transforms the network into a residual version of the network. When the input and output dimensions are the same, the recognition simple couplings  $F(x) + x$  can be used directly (solid line quick couplings in Figure 11). He considers two choices as the dimensions increase (dotted lines in Figure 11):

To increase the dimension, fast join performs identifier matching with additional zeros added. There are no additional parameters introduced by this option.

Fast connect projection in  $F(x) + x$  is used for dimension matching (done with  $1 \times 1$  convolutions). [13][14]

### Conclusion

The article reviewed computer vision algorithms that are based on convolutional neural networks. Each subsequent algorithm implements the disadvantages of the previous one. At the moment, the approach of finding important segments using convolutional neural networks is the most popular in computer vision, since algorithms based on transformers require high computing power.

In accordance with the goal of the task: finding the optimal algorithm for image segmentation and further classification of computed tomography images, we chose u-net and Mask R-CNN for further practical testing.

### REFERENCES

1. R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell, and J. Malik, "Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation," *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 580–587, 2014.
2. R. Girshick, "Fast R-CNN," *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, vol. 2015 Inter, pp. 1440–1448, 2015

3. S. Ren, K. He, R. Girshick, and J. Sun, “Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks,” 2016.
4. K. He, G. Gkioxari, P. Dollár, and R. Girshick, “Mask R-CNN,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 42, no. 2, pp. 386–397, 2020.
5. J. W. Johnson, “Adapting Mask-RCNN for automatic nucleus segmentation,” *arXiv*, pp. 1–7, 2018.
6. Image set BBBC038v1, available from the Broad Bioimage Benchmark Collection [Caicedo et al., *Nature Methods*, 2019]
7. S. Liu, L. Qi, H. Qin, J. Shi, and J. Jia, “Path aggregation network for instance segmentation,” 2018
8. E. Kopelowitz and G. Engelhard, “Lung nodules detection and segmentation using 3d mask-rcnn,” 2019
9. C. Zhao, J. Han, Y. Jia, and F. Gou, “Lung nodule detection via 3D U-net and contextual convolutional neural network,” *Proceedings -2018 International Conference on Networking and Network Applications, NaNA 2018*, pp. 356–361, 2019.
- A. Pak, A. Ziyaden, K. Tukeshev, A. Jaxylykova, and D. Abdullina, “Comparative analysis of deep learning methods of detection of diabetic retinopathy,” *Cogent Engineering*, vol. 7, no. 1, p. 1805144, 2020.
10. O. Ronneberger, P. Fischer, T. Brox, “U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation”, vol. 9351, pp.234-241, 2015.
11. M. Zhou, M. Rahman, N. Siddiquee, Tajbakhsh, and J. Liang, Unet++, “A nested u-net architecture for medical image segmentation”, Springer International Publishing, 2018, vol. 11045 LNCS. [Online].
12. K. He, X. Zhang, S. Ren, “Deep residual learning for image recognition”, *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2016-decem, p.770-778, 2016.
13. Romera-Paredes and P. H. S. Torr, “Recurrent instance segmentation,” *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 9910 LNCS, pp. 312–329, 2016.
14. O. Vinyals, Q. Le, “A Neural Conversational Model”, vol. 37, 2016.

---

#### Information about authors:

1. Nam Diana – Kazakh-British Technical University  
Email: d\_nam@kbtu.kz
2. Savina Tamara – Kazakh-British Technical University  
Email: t\_savina@kbtu.kz

## COMPARATIVE STUDY OF MODERN NEURAL NETWORK ARCHITECTURES FOR MEDICAL IMAGE SEGMENTATION PROBLEMS

NAGMETOVA A., ALDOSH A.

*Kazakh-British technical university, 050000, Almaty, Kazakhstan*

**Abstract.** Computer Vision is the area of Machine Learning that is responsible for machine perception of visual information. Image segmentation is a subfield of Computer Vision that solves the task of dividing a digital image into segments by their class label. One of the main problems in the subfield is the scarcity of data and the restoration of spatial information for the classified image. This article is a brief survey of current Biomedical Image Segmentation approaches, specifically Convolutional Neural Networks architectures and the morphological transformation for data augmentation.

**Key words:** computer vision, biomedical image segmentation, convolutional neural networks, data augmentation.

## МЕДИЦИНАЛЫҚ КЕСКІНДЕРДІ СЕГМЕНТТЕУ МІНДЕТТЕРІНЕ АРНАЛҒАН ЗАМАНАУИ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІ АРХИТЕКТУРАЛАРДЫҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУІ

НАГМЕТОВА А., АЛДОШ А.

*Қазақстан-Британ техникалық университеті, 050000, Алматы, Қазақстан*

**Аңдатпа.** Компьютерлік көру – визуалды ақпаратты машиналық қабылдауға жауап беретін машиналық оқыту саласы. Кескін сегментациясы – сандық кескінді сынып белгісі бойынша сегменттерге бөлу мәселесін шешетін компьютерлік көру саласы. Бұл саладағы негізгі проблемалардың бірі – деректердің жетіспеушілігі және жіктелген кескін үшін кеңістіктік ақпаратты қалпына келтіруі болып табылады. Аталған мақала биомедициналық кескіндерді сегментациялаудың заманауи тәсілдеріне, атап айтқанда конволюциялық нейрондық желілердің архитектурасына және деректерді көбейту үшін морфологиялық түрлендіруіне қысқаша шолу жасайды.

**Түйінді сөздер:** компьютерлік көру, медициналық кескіндерді сегментациялау, конволюциялық нейрондық желілер, деректерді аугментациялау.

## СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АРХИТЕКТУР ДЛЯ ЗАДАЧ СЕГМЕНТИРОВАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

НАГМЕТОВА А., АЛДОШ А.

*Казахстанско-Британский технический университет, 050000, Алматы, Казахстан*

**Аннотация.** Компьютерное зрение – это область машинного обучения, которая отвечает за машинное восприятие визуальной информации. Сегментация изображения – это сфера компьютерного зрения, которая решает задачу разделения цифрового изображения на сегменты по их метке класса. Одной из основных проблем в данной сфере является нехватка данных и восстановление пространственной информации для классифицированного изображения. Эта статья представляет собой краткий

обзор современных подходов к сегментации биомедицинских изображений, в частности архитектур сверточных нейронных сетей и морфологического преобразования для аугментации данных.

**Ключевые слова:** компьютерное зрение, сегментация медицинских изображений, сверточные нейронные сети, аугментация данных.

## Introduction

Image segmentation is the process of dividing digital images into several segments. The purpose of segmentation is to simplify and modify the representation of an image so that it is easier to analyze. Image segmentation is commonly used to highlight objects and boundaries in images. More specifically, image segmentation is the process of assigning labels to each pixel in an image such that pixels with the same labels have common visual characteristics.

The result of image segmentation is many segments that together cover the entire image or many contours extracted from the image. All pixels in a segment are similar in some characteristic or computed property, such as color, brightness, or texture. Adjacent segments differ significantly in this characteristic.

In this article, we reviewed and compared articles on image segmentation in different areas. We touched upon the topics of Fully Convolutional Network, Convolutional Neural Network, and Fuzzy Logic in image segmentation.

## Review

There is a problem in Deep Learning that relates to the lack of quality data. Moreover, it greatly affects the Computer Vision area because, typically, CV architectures need a lot of data to learn and generalize well. Furthermore, there is not much existing data to train deep architectures in the Biomedical tasks for Computer Vision. The Convolutional Neural Network called U-Net [1], which got the name from its U-shaped architecture, as shown in Figure 1, addresses this problem for the task of Biomedical Image Processing. The proposed solution uses the encoder-decoder approach but in a slightly modified way. It showed great results on Image Segmentation tasks, and it is also very quick: for an image with a resolution of 512x512 pixels, the processing time was less or equal to second in most cases with a recent GPU.

The U-Net is built upon a Fully Convolution-

al Network architecture [2]. The main idea is to add upsampling operators to the network's right side (decoder), which mirrors its left side (encoder). The distinctive feature of all Fully Convolutional Networks is skip-connections. They are used to keep the spatial information of an image and transfer it to the upsampling convolutions.

The encoder part comprises typical 3x3 convolutional layers. Each of these is followed by ReLU and 2x2 max pooling for downsampling. Then, in the decoder part, each feature map is up-sampled by 2x2 up-convolution and concatenated with a corresponding cropped feature map from the encoder part (skip connection), convolved by two 3x3 convolutions with each convolution followed by ReLU. A 1x1 convolution follows the final layer for mapping the resulting feature map to the number of segmentation classes.

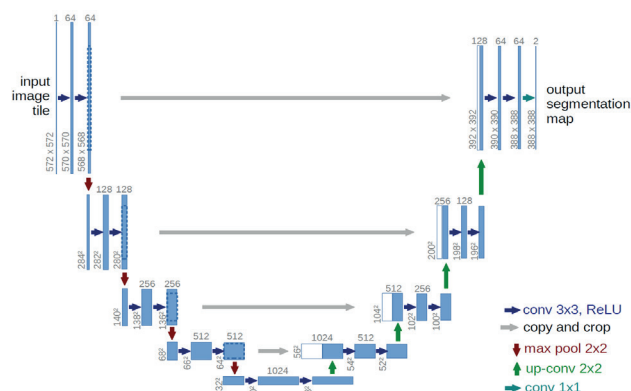


Figure 1. The U-Net architecture, example for 32x32 image

For efficient computing, the architecture favors the large input tiles over the large-sized batches; hence the batch size is set to a single image. Data augmentation is an important step in the training of U-Net. The random elastic deformations, shifts, and rotation of images showed great results in tasks with very few annotated examples. Also, the dropout layers of the encoder part of the network perform an additional data augmentation.

U-Net with its Fully Convolutional Architecture in combination with the efficient training and data augmentation approaches showed great results on Biomedical Segmentation tasks.

| Name             | PhC-U373 | DIC-HeLa |
|------------------|----------|----------|
| IMCB-SG (2014)   | 0.2669   | 0.2935   |
| KTH-SE (2014)    | 0.7953   | 0.4607   |
| HOUS-US (2014)   | 0.5323   | -        |
| second-best 2015 | 0.83     | 0.46     |
| u-net (2015)     | 0.9203   | 0.7756   |

Table 1. Segmentation results (IOU) on the ISBI cell tracking challenge 2015

The second article in this review is “Medical Image Segmentation Algorithm Based on Optimized Convolutional Neural Network-Adaptive Dropout Depth Calculation”. Authors: Feng-Ping An et al., [3].

In this article, authors tried to solve some image segmentation problems. To solve the problem of network structure flexibility in a deep learning model, they optimized the convolutional neural network model by adding cross-layer connections in a traditional convolutional neural network. At the same time, authors add the adaptive dropout model, to enhance the generalizability of the dropout method to reduce the deep learning model.

Here is the basic steps corresponding the idea in this article:

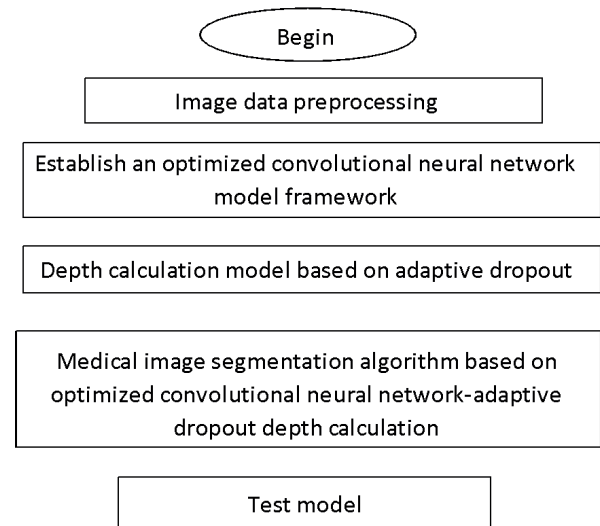


Figure 2. Basic idea of medical image segmentation algorithm based on optimized convolutional neural network-adaptive dropout depth calculation

1. First, medical image data was preprocessed such as denoising, adding, and expanding.
2. Then authors used the convolutional neural network model by adding cross-layer connections in traditional convolutional neural networks, which they established, to make a image segmentation
3. Moreover, they added an adaptive dropout model to the convolutional neural network model by adding a cross-layer connection. According to the hidden layer position, an adaptive distribution function is designed to set the activation probability of each layer of neurons; it further improves the generalizability of the dropout model.

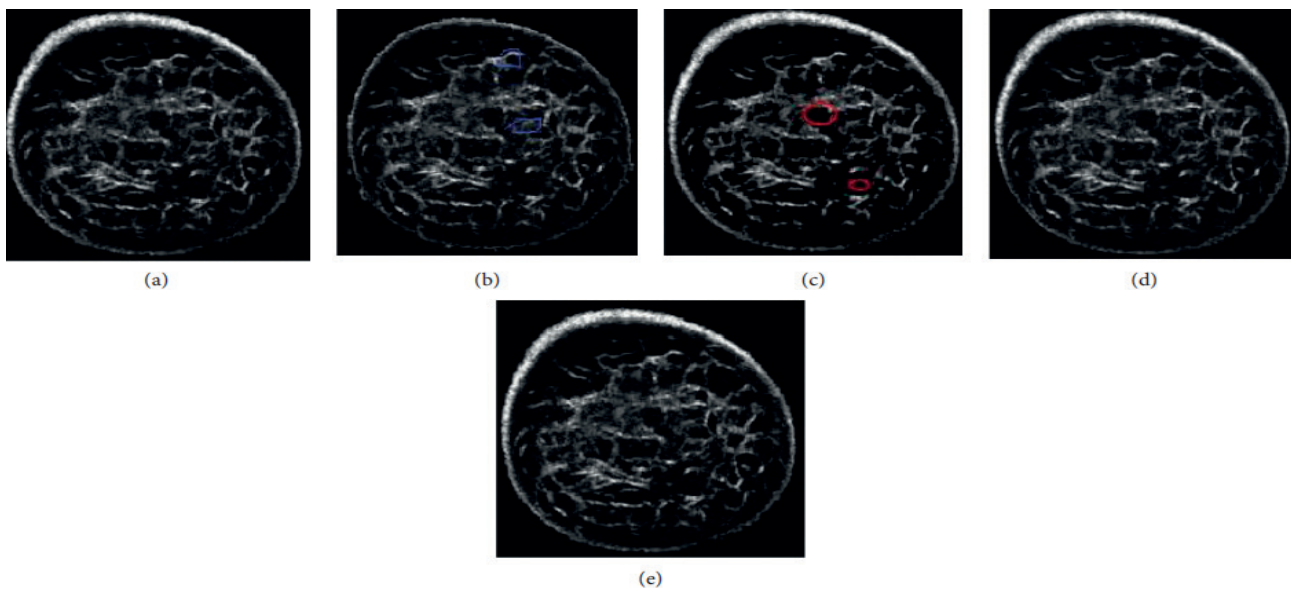


Figure 3. Partial image segmentation results

As a result, authors make comparison by Dice coefficient, Jaccard coefficient and False positive cases between traditional machine learning model (b, c), traditional convolutional neural network (d) and new an optimized convolutional neural network with adaptive dropout depth calculation (e).

| Segmentation method | Dice   | Jaccard | FP     |
|---------------------|--------|---------|--------|
| b                   | 0.8397 | 0.7826  | 0.1337 |
| c                   | 0.8485 | 0.7932  | 0.1191 |
| d                   | 0.9132 | 0.8557  | 0.0582 |
| e                   | 0.9904 | 0.9827  | 0.0012 |

Table 2. Comparison of ultrasonic tomographic image dataset segmentation results\

As shown in Table 2, the new an optimized convolutional neural network with adaptive dropout depth calculation presents the better results among four of them.

The third article where authors used image segmentation in medical image data is “A Two-Step Segmentation Method for Breast Ultrasound Masses Based on Multi-Resolution Analysis”.

Authors: R. RODRIGUES, et al., [4]

In this article, authors first proposed an approach by the following workflow, shown in Figure 4.

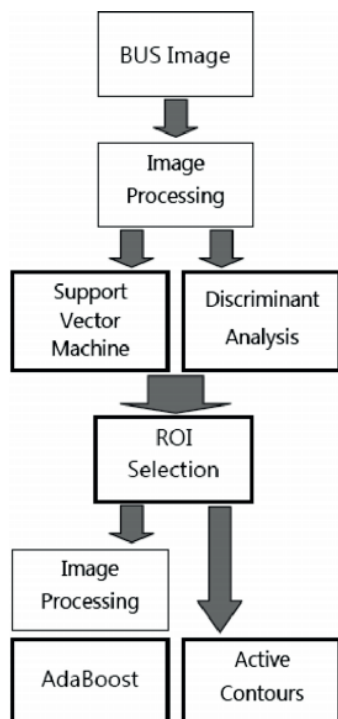


Figure 4. Global workflow for the two-stage breast mass segmentation approach

Firstly, to classify the BUS image (breast ultrasound) apply the SVM and DA classification algorithms using a pixel descriptor with five different features. As long as the original BUS image were the non-linear diffusion and the FIR filter two bandpass outputs with and two different scale-space mean curvature measures. The next stage is ROI Selection (region of interest). This stage was used to reduce the number of misclassified pixels. Moreover, initial contours that used in the subsequent segmentation steps appeared in this stage.

Further, after the ROI selection stage the author applies the AdaBoost algorithm to classify. This algorithm uses a weak classifier to establish a threshold for data dimensions according to a distribution. The goal of this algorithm is to minimize the classification error. In the author's example AdaBoost algorithm applied with 200 iterations. The output of the algorithm was submitted to the selection of the largest area object, to eliminate small non-relevant objects that might result from defragmentation of the main contour, yielding the final segmentation results.

The other path proposed by authors for making segmentation is the Segmentation refinement using active contours. This algorithm was focused on minimizing the equation energy. In comparison to the previous algorithm, this algorithm was applied with 100 iterations. Similarly, to the preceding stage, the output of the algorithm was submitted to the selection of the largest area object. The results of both algorithms are given in the Table 3.

|                                | Initial | AdaBoost | Active contours |
|--------------------------------|---------|----------|-----------------|
| Accuracy                       | 97.3%   | 97.7%    | 97.5%           |
| Recall                         | 68.1%   | 79.6%    | 77.8%           |
| Precision                      | 92.4%   | 89.3%    | 89.3%           |
| Dice <sub>coef</sub> (overlap) | 0.690   | 0.824    | 0.813           |

Table 3. Segmentation performance measures

The both methods, which was used in this article, have shown the good overlap and recall results. In a direct comparison of the two segmentation refinement methods, AdaBoost improves the normalized overlap coefficient in 0.134, whereas active contours improve this measure in 0.123. Moreover, the AdaBoost algorithm shows better

recall results 79.6% against the recall result of active contour algorithm 77.8%.

In the article named “CT liver tumor segmentation hybrid approach using neutrosophic sets, fast fuzzy c-means and adaptive watershed algorithm” authors A. M. Anter, et al., [5] proposed the method to make liver tumor CT image segmentation. According to this hybrid segmentation approach, the authors used several algorithms like watershed algorithms, neutrosophic sets, and fast fuzzy c-means. The main reason is that each technique has its own problems, which the others do not have.

The shortest algorithm proposed by this article:

The first is pre-processing. At this step, the image is converted to grayscale, and filters are applied to remove noises. The second is CT image transformation. Each pixel of the image will be converted to an NS domain. It means that each pixel will belong to either true or false or indeterminate subsets in the NS domain. The third step is post-processing. After converting images to the neutrosophic domain, some morphological operators are used to remove small objects and focus on disease images. The fourth step is liver parenchyma segmentation using a watershed algorithm. After that, the maximum region of

interest (ROI) was selected to extract liver from abdominal CT using a connected component algorithm. The last step is tumor segmentation and extraction. At this step, fast fuzzy c-means (FFCM) algorithm is applied on segmented images to detect and segment tumors from the liver image. The proposed FFCM provides excellent results for tumor clustering and segmentation without any loss of tumor detection with high accuracy. In addition, false-positive regions that affect system performance are reduced.

### Conclusion

In this overview of existing image segmentation techniques, it was found that the task of biomedical image segmentation is not yet solved completely. Still, there are advances in approaches to image segmentation that greatly improve results of said models. Studying the most effective techniques, we can highlight following approaches: a) Skip-connections and upsampling techniques help in restoring spatial information of the segmentation operations; b) Combination of morphological operations for data augmentation and at inference times greatly improves the generalization capabilities of models and help in cases of quality data scarcity.

### REFERENCE

1. O. Ronneberger, P. Fischer, T. Brox, (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. In: N. Navab, J. Hornegger, W. Wells, A. Frangi. (eds) Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015. MICCAI 2015. Lecture Notes in Computer Science, vol 9351. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28)
2. J. Long, E. Shelhamer, T. Darrell, (2015). Fully convolutional networks for semantic segmentation. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 3431-3440
3. F. P. An, & J. E. Liu, (2020). Medical Image Segmentation Algorithm Based on Optimized Convolutional Neural Network-Adaptive Dropout Depth Calculation. Complexity, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/1645479>
4. R. Rodrigues, R. Braz, M. Pereira, J. Moutinho, & A. M. G. Pinheiro, (2015). A Two-Step Segmentation Method for Breast Ultrasound Masses Based on Multi-resolution Analysis. Ultrasound in Medicine and Biology, 41(6), 1737–1748. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2015.01.012>
5. A. M. Anter, & A. E. Hassenian, (2019). CT liver tumor segmentation hybrid approach using neutrosophic sets, fast fuzzy c-means and adaptive watershed algorithm. Artificial Intelligence in Medicine, 97(March), 105–117. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2018.11.007>

**Information about authors:**

1. Nagmetova Anar Aidarbekkyzy – MSc, Chief Business Analyst, Customer Base Management Sector  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3514-7558>  
Email: [nagmetova.a@gmail.com](mailto:nagmetova.a@gmail.com)
2. Aldosh Adil Akylbaiuly – Master of Engineering Science, Data Developer, One Technologies LLP  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7553-1338>  
Email: [aldosch.adeel@gmail.com](mailto:aldosch.adeel@gmail.com)

## A REVIEW: METHODS OF AUTOMATIC SPEECH SEGMENTATION

ПАК А.А.<sup>1</sup>, ZHUMAGELDIKYZY A.<sup>2</sup>, ERMEKOVA N.S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Information and Computational technologies, 050000, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Kazakh-British technical university, 050000, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup>Zhetysu university named after I.Zhansugurov, 040000, Taldykorgan, Kazakhstan

**Abstract.** Segmentation is a process of dividing a speech signal into the basic units of language. Segmentation of the speech signals is one of the most important tasks in automatic speech processing systems. This paper proposes a review of methods of automatic speech segmentation. Moreover, methods of wavelet and Hilbert-Huang transformations and techniques based on hidden Markov models are considered.

**Keywords:** Speech signals; Speech segmentation; Automatic segmentation methods; Method of discrete wavelet transform; Hilbert-Huang transform; hidden Markov models.

## ШОЛУ: СӨЙЛЕУДІ АВТОМАТТЫ СЕГМЕНТТЕУ ӘДІСТЕРІ

ПАК А.А.<sup>1</sup>, ЖҰМАГЕЛДІҚЫЗЫ А.<sup>2</sup>, ЕРМЕКОВА Н.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ақпараттық және Есептеуіш технологиялар институты, 050000, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Қазақстан-Британ техникалық университеті, 050000, Алматы, Қазақстан

<sup>3</sup>И.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, 040000, Талдықорған, Қазақстан

**Аңдатпа.** Сегменттеу – сөйлеу сигналын тілдің негізгі бірліктеріне бөлу процесі болып табылады. Сөйлеу сигналдарын сегментациялау автоматты түрде сөйлеуді өңдеу жүйелеріндегі маңызды міндеттердің бірі болып саналады. Бұл мақалада сөйлеуді автоматты түрде сегментациялау әдістеріне шолу жасалады. Сонымен қатар вейвлет және Гильберт-Хуанг түрлендіру әдістері мен жасырын Марков модельдеріне негізделген техникалары қарастырылады.

**Түйінді сөздер:** сөйлеу сигналдары, сөйлеуді сегментациялау, автоматты сегментациялау әдістері, дискретті вейвлет түрлендіру әдісі, Гильберт-Хуанг түрлендіруі, жасырын Марков модельдері.

## ОБЗОР: МЕТОДЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕЧЕВОЙ СЕГМЕНТАЦИИ

ПАК А.А.<sup>1</sup>, ЖУМАГЕЛДЫКЫЗЫ А.<sup>2</sup>, ЕРМЕКОВА Н.С.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт информационных и вычислительных технологий, 050000, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахстанско-Британский технический университет, 050000, Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Жетысуский университет им. И.Жансугурова, 040000, Талдықорған, Казахстан

**Аннотация.** Сегментация – это процесс разделения речевого сигнала на основные языковые единицы. Сегментация речевых сигналов – одна из важнейших задач в системах автоматической обработки речи. В данной статье предлагается обзор методов автоматической сегментации речи. Кроме того, рассматриваются методы преобразований вейвлетов и Гильберта-Хуанга, а также техники, основанные на скрытых Марковских моделях.

**Ключевые слова:** речевые сигналы, сегментация речи, методы автоматической сегментации, метод дискретного вейвлет-преобразования, преобразование Гильберта-Хуанга, скрытые Марковские модели.

## Introduction

Research in the field of speech signal processing is an active progress. Despite the high speed of computer technology and information technology development, the main problems of speech applications are still relevant. One of the most important tasks in automatic speech processing systems is the task of segmentation by the phonetic transcription of the language[7]. The main reason for the segmentation research is the complexity of the structure of the speech signal: a huge variety of phonetic units of the language, intonation colors, personal characteristics of the speaker is aggravated by a variety of external factors that affect the recording and transmission of voice. As a result, speech signals are rather difficult to investigate and describe in detail using mathematical models. Digital processing methods imply the possibility of their use for solving problems of speech signal processing.

Processing and transmitting speech signals is an important component of modern radio engineering and several related areas, such as computer science, cybersecurity, etc. The proportion of data transmitted in the form of speech signals remains significant, and most of them are digital. Besides, speech and sound signals are important components of video signals. The role of speech signals used for personal identification in biometric systems is also significant. In conclusion, there is a huge relevance of research and knowledge in the field of digital processing of speech signals. [1]

Speech processing is a field of science that deals with filtering, amplification, and extraction of information, coding, compression, and restoration of speech. Processing in speech recognition systems includes the following tasks:

- filtering and noise suppression;
- segmentation into informative areas;
- determination of informative parameters;
- recognition. [2]

This article provides an overview of current research in the speech segmentation task area. Sentence segmentation has great importance for speech understanding applications—from parsing and information extraction at the more basic level to machine translation, summarization, and

question answering at the application level. Sentence boundaries are also important for aiding the human readability of the output of automatic speech recognition systems. [3]

## About speech signals

Before embarking on a detailed discussion of speech segmentation and its methods, the speech signal, the source of which is the sounds generated by the human articulatory apparatus must be taken into account. The system can be thought of as a tube with a variety of autonomously moving barriers inside it, such as the tongue, lips, and vocal cords, that can change its cross-section. When pressured air passes through this tube, it produces sound. The air pressure may be controlled extremely precisely in this scenario, and the specified barriers can be shifted extremely quickly. As a result, well-known sounds arise clicks, whistles, and others that a person is capable of. In any language, about 40 or 50 types of sounds related to speech, the so-called phonemes, can be distinguished. [4] Phonemes are the basic units of the language in speech and in computational linguistics, where there are different linguistic units such as morphemes, lexemes, etc., which form a complex hierarchy of interactions. In this regard, the methods of computer analysis should be able to take into account a variety of phonemes.

A particular speech sound is created by a specific pattern of muscle movements in the vocal channel. Vowels and consonants are the two basic categories of speech sounds that can be identified.

In the speech, in addition to sequences of sounds, there is also a pause, the presence of which can indicate the end of an utterance or thought. Pause is usually accompanied by silence or noise [5].

## Segmentation and its methods

After the general idea of speech sound construction, the segmentation can be begun. Due to the peculiarities of the human brain in the field of processing verbal information that is received through speech, the utterance end of the boundaries could be distinguished. In Natural Languages, speech is the sequential link of phonemes [6]. Speech segmentation can be defined as the process of finding the limits (with specific char-

acteristics) in natural spoken language between words, syllables, or phonemes [5].

Moreover, there are two main methods used for the segmentation of speech signals: *manual* segmentation and *automatic* segmentation. Manual segmentation can be used in research systems and at the pre-development stage. However, it requires a significant investment of time and effort: firstly, there are no pauses between words in continuous speech, and secondly, coarticulation, which also occurs at the border of sequentially produced sounds, which greatly facilitates the correct perception and understanding of speech, but makes it difficult to find the boundaries of segments. In addition, it is almost impossible to accurately reproduce the results of manual segmentation due to the subjectivity of human auditory and visual perception. [7] Consequently, automatic segmentation is used for the segmentation of speech signals.

#### **Automatic segmentation**

As it has been said before, segmentation of speech can be done into basic units like phonemes, words, or syllables. The automatic segmentation of speech using only the phoneme sequence is an important task, especially if manually pre-segmented sentences are not available for training [6].

Each task of processing speech signals can only be realized using certain methods. Depending on the area of processing, the methods should be divided into three areas: frequency, time, and frequency-time, where segmentation refers to the frequency-time area.

Time-domain processing methods consist of determining characteristic points of a speech signal and then using them for analysis. The main disadvantage of time-domain processing methods is the ambiguity in the extraction of key points caused by noise and offsets.

Frequency domain processing techniques are based on the use of all data samples recorded in the speech signal. The use of methods in the frequency domain facilitates the process of speech signals with sufficiently high accuracy. The disadvantages of processing in the frequency domain include low adaptability to the local properties of signals, insufficiently high spectral

resolution, and relatively high computational costs.

Time-frequency domain processing techniques incorporate all the advantages of time and frequency analyzes with minimal manifestations of their disadvantages. [2] There are four methods in time-frequency domain processing: Fourier transforms, wavelet transforms, linear prediction analysis, and Hilbert-Huang transform.

Compare with wavelet transform and Hilbert-Huang transform, the Fourier transform(FT) and parameterization with linear prediction coefficients are not suitable for analyzing non-stationary signals, due to the loss of temporal feature information. [10] For instance, the FT reveals global information about the signal's frequencies but does not give a notion of the signal's local features when its spectral composition changes rapidly over time. Moreover, The FT cannot analyze the frequency characteristics of a signal at arbitrary times. These shortcomings stimulated the development of the wavelet transforms. [15]

#### **Analysis via discrete wavelet transform method**

Neurophysiological studies of the human brain claim that an important step in the pipeline of speech recognition is frequency analysis (Daubechies 1992). It's reasonable to imitate the step at machine speech recognition, discrete wavelet transform(DWT) is a good candidate method due to its universality in digital signal processing. The DWT is a special case of the Wavelet Transform (WT) that gives a concise time and frequency representation of a signal that may be computed quickly [11]. The accuracy 16 bit is well enough to build the wavelet spectrum of speech. Besides WT there is discrete Fourier transform(FT) in a family of frequency transformation methods. The crucial differences between DWT and DFT are the ability of DWT to localize time intervals with specific frequency patterns, in other words, at what scale the pattern occurred at an original signal, that solves the task of search speech parameters which are important for the human hearing system (Wang and Narayanan 2005). The model of DWT can be presented as

$$s(t) = \sum_i c_{m+1,i} \Phi_{m+1,i}(t),$$

where  $\Phi_{m+1,i}(t)$  is a  $i$ -th wavelet function at  $(m+1)$ -th scale level;  $s(t)$  is resulting signal function.

Additionally, there are coefficients of the lower level:

$$c_{m,n} = \sum_i h_{i-2n} c_{m+1,i}$$

$$d_{m,n} = \sum_i g_{i-2n} c_{m+1,i},$$

where  $h$  and  $g$  are the constants that depend on the pair of scale function  $\Phi$  and wavelet  $\Psi$ . In such a manner, the mentioned equations decompose the original signal by filtering it against the base wavelet function  $\Psi$ . In the pipeline of DWT constant coefficients are collected into a vector  $(d_m, d_{m-1}, d_{m-2}, \dots, d_1, c_1)$ . The coefficient of other scales calculated recursively according to the mentioned above iterative equations. As a result, DWT includes the hierarchical step of frequency pattern analysis that leads to a multi-resolution analysis of the original signal. The advantage of DWT is a fast computational scheme. The banking filter helps to generate the wavelet spectrum, which has a tree-like structure. In other words, there is the sequence of cascading filtering and downsampling operations. The root of the tree is wavelet coefficients of the original signal, downstream levels of the tree are wavelet coefficients after downsampling.

Johnson Ihieh Agbinya presented a voice compression approach based on wavelet techniques. Speech compression includes both voiced and unvoiced speech, as well as a variety of wavelet types. Wavelets are used in this procedure, and low-frequency coefficients are used. Energy in bands is used to detect the voiced and unvoiced parts of a speech signal. [12]

By breaking down the wavelet, S. Ratsameewichai, N. Theera-Umpon, J. Vilasdechanon, S. Uatrangjit, and K. Likit-Anurucks were able to separate the speech into low and high-frequency components. They then used the energy contour to determine the phoneme's limits. They experimented with 1,000 syllables of data collected from ten speakers. The accuracy rates are 96.0, 89.9, 92.7, and 98.9% for initial consonant, vowel, final consonant, and silence, respectively. [13]

Bartosz Zioko described the Wavelet tech-

nique in their publication, which is used to detect phonemes based on power variations. Using spectral analysis of speech, the information from the speech signals may be efficiently retrieved. The DWT can be used to perform spectral analysis. To determine the beginning and end of phonemes, the power is evaluated in several frequency sub-bands. Power transitions in wavelets can be used to detect the boundaries of phonemes. [14]

### Analysis via Hilbert-Huang Transform

The Hilbert – Huang transform (HHT) represents the decomposition of a signal into empirical modes (EM), followed by the application of the derived components of the Hilbert transform expansion to get integral information on the signal's amplitude-frequency-time parameters. The Empirical Mode Decomposition (EMD) method is intended for the analysis of non-stationary and non-linear processes. Compare with Fourier and wavelet analysis, EMD is direct, intuitive, adaptive with a posteriori determined basis that depends on the signal data and is built using the decomposition method. [15] The main advantage of this method is its high adaptability, which is manifested in the fact that the basic functions of sound decomposition are extracted directly from the original signal itself and allow only its inherent features to be taken into account [2].

HHT includes two main stages:

1. Decomposition of a signal into components [16]:

$$s(t) = \sum_{i=1}^{I-1} imf_i(t) + r_I(t),$$

where  $imf_i(t)$ -empirical modes (EM);  $r_I(t)$ -decomposition residual,  $i = 1, 2, \dots, I$ -number of EM.

2. Formation of the obtained empirical modes of the Hilbert spectrum [17]:

$$HHT(t) = \sum_{i=1}^T a_i^2(t) \cdot e^{q \int \omega_k(\tau) d\tau},$$

where  $a_i(t) = \sqrt{imf_i(t)^2 + IMF_i(t)^2}$ -modulus of the instantaneous value of the signal amplitude of each EM;  $imf_i(t)$ -EM of signal;  $IMF_i(t) = \frac{1}{\pi} \int \frac{imf_i(\tau)}{t-\tau} d\tau$ -Hilbert-coupled EM signal;  $\tau$ -time shift proportional to the phase of the signal;  $\omega(t) = 2\pi f j$ -cyclic frequencies of each EM;  $j$ -imaginary unit.

The values  $\alpha(t)$  and  $\omega(t)$  are determined from the analytical signal of  $Z_i(t) = \text{im}f_i(t) + j\text{IM}F_i(t)$  each EM.

The speech signal is represented in the frequency-energy-time domain as a consequence of HHT, which allows for the discovery of hidden modulations and areas of energy concentration, as well as the analysis of both global and local aspects of signals at lower computational costs.

#### Analysis via Hidden Markov Model-based techniques

Hidden Markov Models (HMM) are widely used in speech recognition tasks due to their high performance in recognition and relatively small computational complexity in the field of speech recognition. Nevertheless, techniques based on HMM are more practiced in the field of segmentation.

J. Dines, S. Sridharan, and M. Moody have discussed the features of their automatic speech segmentation system, which are used in their speech synthesis study. It was built using training procedures tuned for the segmentation job and a Hidden Markov Model phone recognizer, which identified the differences in voice segmentation estimation methodologies. The capacity of their technology to produce high-reliability speech segmentation is demonstrated through system evaluation. [18]

Techniques for improving the accuracy of automatic phonetic segmentation based on HMM acoustic-phonetic models were presented by A. Stolcke, N. Ryant, V. Mitra, J. Yuan, W. Wang, and M. Liberman. It was found that apply-

ing more powerful statistical models for border correction is more conditioned on phonetic context and duration variables enhanced test results. Moreover, the discovery of merging various acoustic front-ends resulted in an extra gain in accuracy, and that conditioning the combiner on phonetic context and side information improves outcomes, which reduced segmentation errors on the TIMIT corpus by nearly half, from 93.9 percent to 96.8 percent boundary correctness with a 20-ms tolerance. [19]

#### Conclusion

In this paper, methods for speech segmentation and hidden Markov model-based techniques are described. Among the investigated methods, two are chosen to be analyzed - the Hilbert-Huang transform and wavelet transform. The Fourier transform and parameterization with linear prediction coefficients are not suitable for non-stationary signals analysis. The Hilbert-Huang is less used compared with wavelet transform due to the number of its applications for solving practical problems. The most accurate and efficient methodology researched was the hidden Markov model. Consequently, the Markov model has to be observed wider for the speech segmentation field.

In addition, researches related to the segmentation of Kazakh speech have not been considered due to the less use. Nevertheless, the researches related to Russian speech have been analyzed recently. The methods discussed above can be applied for the segmentation of Kazakh speech.

#### REFERENCES

1. A. I. Topnikov. BBK 387-013ya73 T58 Rekomendovano Redakcionno-izdatel'skim sovetom universiteta v kachestve uchebnogo izdaniya. Plan 2018 goda. – 2018.
2. A. K. Alimuradov, P. P. Churakov. Obzor i klassifikaciya metodov obrabotki rechevyh signalov v sistemah raspoznavaniya rechi //Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol'. – 2015. – №. 2 (12).
3. D. Jones. et al. Measuring human readability of machine-generated text: three case studies in speech recognition and machine translation //Proceedings.(ICASSP'05). IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2005. – IEEE, 2005. – T. 5. – C. v/1009-v/1012 Vol. 5.
4. Hant E. Iskusstvennyj intellekt. 1978 g.- 558 s
5. A. E. Sakran. et al. A Review: Automatic Speech Segmentation //International Journal of Computer Science and Mobile Computing. – 2017. – T. 6. – №. 4. – C. 308-315.

6. K. Geetha, R. Vadivel. Phoneme Segmentation of Tamil Speech Signals Using Spectral Transition Measure //Oriental Journal of Computer Science and Technology. – 2017. – Т. 10. – №. 1. – С. 114-119.
7. O. A. Vishnyakova, D. N. Lavrov. Avtomaticheskaya segmentaciya rechevogo signala na baze diskretnogo vejvlet-preobrazovaniya //Matematicheskie struktury i modelirovanie. – 2011. – №. 2 (23).
8. I. Daubechies. Ten lectures on wavelets. – Society for industrial and applied mathematics, 1992.
9. D. Wang, S. Narayanan. Piecewise linear stylization of pitch via wavelet analysis //Ninth European Conference on Speech Communication and Technology. – 2005.
10. K. K. Tomchuk. Segmentaciya rechevyh signalov dlya zadach avtomaticheskoy obrabotki rechi : dis. – S.-Peterb. gos. un-t aerokosm. priborostroeniya, 2017.
11. G. Tzanetakis, G. Essl, P. Cook. Audio analysis using the discrete wavelet transform //Proc. Conf. in Acoustics and Music Theory Applications. – 2001. – Т. 66.
12. J. I. Agbinya. Discrete wavelet transform techniques in speech processing //Proceedings of Digital Processing Applications (TENCON'96). – IEEE, 1996. – Т. 2. – С. 514-519.
13. S. Ratsameewichai. et al. Thai phoneme segmentation using dual-band energy contour // Proceedings of the IEEK Conference. – The Institute of Electronics and Information Engineers, 2002. – С. 110-112.
14. B. Ziółko. et al. Wavelet method of speech segmentation //2006 14th European Signal Processing Conference. – IEEE, 2006. – С. 1-5.
15. Yu. E. Ul'yanova, R. G. Babenko, A. V. Chernov. Chastotno-vremennyye preobrazovaniya, ispol'zuemye v cifrovoj obrabotke signalov //Global'naya yadernaya bezopasnost'. – 2015. – №. 3 (16).
16. N. E. Huang. et al. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis //Proceedings of the Royal Society of London. Series A: mathematical, physical and engineering sciences. – 1998. – Т. 454. – №. 1971. – С. 903-995.
17. E. Huang. Hilbert-Huang Transform and its application. Interdisciplinary mathematical sciences / E. Huang. Huang, S. P. Samuel. Shen // Interdisciplinary Mathematical Sciences. Book 5. World Scientific Publishing Company. – Sep. 2005. – 324 p.
18. J. Dines, S. Sridharan, M. Moody. Automatic speech segmentation with hmm //Proceedings of the 9th Australian Conference on Speech Science and Technology. – 2002. – С. 544-549.
19. A. Stolcke. et al. Highly accurate phonetic segmentation using boundary correction models and system fusion //2014 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). – IEEE, 2014. – С. 5552-5556.

#### Information about authors:

1. Pak A.A. – Institute of Information and Computational Technologies, Institute of Information and Computational Technologies, st. Pushkin 125b, Almaty
2. Zhumageldikyzy A. – Kazakh-British Technical University, st. Tole bi 59, Almaty
3. Ermekova N.S. – Zhetysu University named after I.Zhansugurov, st. I. Zhansugurov 187a, Taldykorgan

## IDENTIFYING CUSTOMER BUYING PATTERNS USING MARKET BASKET ANALYSIS

RAKHMANALIYEVA K.

*Kazakh-British technical university, 050000, Almaty, Kazakhstan*

**Abstract.** Market Basket Analysis (MBA) is an approach that finds the strength of association between pairs of products that customers buy and can determine patterns of co-occurrence. The main aim of MBA is to determine customer buying behavior and predict next purchase. It can help companies to increase cross-selling.

To generate association rules, the Apriori algorithm employs frequently purchased item-sets. It is based on the idea that a frequently purchased item's subset is also a frequently purchased item. If the support value of a frequently purchased item-set exceeds a minimum threshold, the item-set is chosen. This paper observes the advantages of implementing MBA, algorithms that applies in this technique and ways to identify customer buying patterns.

**Key words:** Market Basket Analysis, Apriori algorithm, association rule, co-occurrence

## КЛИЕНТТЕРДІҢ САТЫП АЛУ ҮЛГІСІН АНЫҚТАУ ҮШІН НАРЫҚТЫҚ ҚОРЖЫНДЫ ТАЛДАУДЫ ҚОЛДАНУ

РАХМАНАЛИЕВА К.

*<sup>1</sup>Қазақстан-Британ техникалық университеті, 050000, Алматы, Қазақстан*

**Аңдатпа.** Нарық қоржынын талдау – бұл сатып алушылар сатып алатын тауарлардың жұптары арасындағы ассоциацияның мықтылығын айқындайтын және қатар жүру заңдылықтарын анықтайтын тәсіл. Нарық қоржынын талдаудың негізгі мақсаты клиенттердің сатып алу тәртібін анықтау және келесі сатып алуды болжау болып табылады. Бұл компанияларға кросс-сатылымды арттыруға көмектесе алады.

Ассоциация ережелерін құру үшін, Apriori алгоритмінде жиі сатып алынатын элементтер жиынтығы қолданылады. Бұл жиі сатып алынатын заттың ішкі жиыны да жиі сатып алынатын зат деген идеяға негізделген. Егер жиі сатып алынатын заттар жиынтығының қолдау мәні ең төменгі шектен асып кетсе, элементтер жиыны таңдалады. Бұл жұмыста нарық қоржынын талдауды іске асырудың артықшылықтары, осы техникада қолданылатын алгоритмдер және клиенттердің сатып алу заңдылықтарын анықтау тәсілдері көрсетілген.

**Түйінді сөздер:** нарық қоржынын талдау, априори алгоритмі, ассоциация ережесі

## ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИЗА РЫНОЧНОЙ КОРЗИНЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОДЕЛИ ПОКУПОК КЛИЕНТОВ

РАХМАНАЛИЕВА К.

*Казахстанско-Британский технический университет, 050000, Алматы, Казахстан*

**Аннотация.** Анализ рыночной корзины — это подход, который определяет силу связи между парами продуктов, которые покупают клиенты, и может определять закономерности совместного появления. Основная цель — определить покупательское поведение клиентов и спрогнозировать следующую покупку. Это может помочь компаниям увеличить объем перекрестных продаж.

Для создания ассоциативных правил алгоритм Apriori использует часто покупаемые наборы

предметов. Он основан на идее, что подмножество часто покупаемых товаров также является часто покупаемым товаром. Если значение поддержки часто приобретаемого набора предметов превышает минимальный порог, выбирается набор предметов. В этой статье рассматриваются преимущества внедрения анализа рыночной корзины, алгоритмы, применяемые в этой методике, и способы выявления моделей покупательского поведения клиентов.

**Ключевые слова:** анализ рыночной корзины, алгоритм априори, правило ассоциации.

## Introduction

Market Basket Analysis is a set of transaction data that used to identify customer attitude and determine his buying patterns. It goes by finding out the combination of things that occur together in transaction. It means that MBA lets retailers to determine relationships between things that customers purchase, find out the frequency in order to be able to predict when they will go together. These are the main benefits of MBA:

- Organizing store to increase income. Items that complement each other should be displayed together to make it easier for customers to notice them. This will determine how a store should be organized in order to maximize profits.
- Promotional message. Market basket research may increase the efficiency of any communication channel, including email, phone, social media, and direct salesperson offers. Using MBA data, you can recommend the next best product that a consumer is most likely to buy.
- Keep track of inventory. You may also estimate future purchases of clients based on MBA inputs over a period of time. You can estimate which items are likely to fall short based on your early sales data, and keep your stock in top shape.
- Content Positioning. The location of website content is critical for e-commerce enterprises. Conversions can be boosted if commodities are listed in the correct sequence. Online publishers and bloggers can utilize MBA to display content that customers are most likely to read next. This will lower bounce rates, increase engagement, and boost search results performance.
- Recommender Systems. Some well-known companies, such as Netflix, Amazon, and Facebook, already utilize recommendation algorithms. If you want to build an effective recommendation system for your business, you'll require market basket analysis to keep it running

smoothly. MBA can be used as a foundation for developing a recommendation engine.

Market Basket Analysis is very helpful in evaluating qualitative data. So, it is a basic technique which big retailers like Amazon and Flipkart use to understand clients shopping habits.

Although this work implies predictive market basket analysis, there is another type of MBA - differential market basket analysis. The difference between them is that predictive MBA is the type that helps to determine cross-sell, while differential MBA considers collecting data from different stores, different client's group during different times of the day, month or year. [1] It is important to note that in this research will be used predictive type of market basket analysis.

MBA also helps to develop and expand marketing approach, like:

- Changing the store layout according to trends
- Customer behavior analysis
- Catalog design
- Cross marketing on online stores
- What are the trending items customers buy?

It is important to note that retailing it is not the only area where MBA can be used. It can be involved in banking, business, bioinformatics, manufacturing industry. So, in [2] author implemented market basket analysis technology to one of Six Sigma's phases - Improve phases. It helps to improve behavior of customer by producing association rules between products. The received association is based on general rule induction. As a result, author formed two groups of customer and generated rules for each of them. Such implementation can be also used to target special offers. In addition of applying MBA in marketing, there is another work [3]. The paper provides more detail information about association rule and describe each step of ARM-Pre-

dictor algorithm that can be helpful in determining customer behavior. Authors also point that market basket analysis gives the understanding of customers purchase behavior. The concept of ARM-Predictor algorithm is cooperating Association Rule Miner, so it helps to establish strong relationship between goods stored in shops. The basis of algorithms that find association rules is different metrics like support, confidence, lift etc.

Professors T. Raeder and N. V. Chawlathe in [4] defined the function of market basket analysis as a determining actionable knowledge in transaction databases. Which means next case: a common stock sells a big set of products  $P$ . Define a *transaction*  $p \subseteq P$  as the set of items customer buys in a single trip to the store.  $T = \{p\}$  is the set of all transactions processed by the store in a certain time period in the transaction database of the store. However, authors took a different way to mining transaction data by representing data as a product network. So, authors try to develop the power and clarity of MBA by creating transactional data as a network. This approach can help to establish relationships between goods which is quite challenging with traditional association rules. So, authors stated that the network representation of transaction data lets using different algorithms once unavailable to the association rule community.

However, in [5] authors pointed that Apriori algorithm is the biggest improvement and easier to implement compared to other algorithms like FP-Tree Algorithm and RARM. In addition, professors Kronberger and Affenzeller [6] say that the main advantage of Apriori algorithm is the possibility of scaling big data bases with millions of items. On the other hand, researched from University of Chile [7], offer their own way of performing MBA. Their methodology produces effective and appropriate frequent item sets. It's based on graph mining techniques. Authors say that results from traditional algorithms like Apriori algorithm are meaningless since clusters were formed by enormous amount of different goods. As a result of this work were obtained 30 clusters while using k-means algorithm gave only 2 clusters.

Authors Hossain, Sarowar Sattar, Kumar

Paul used Apriori and FP Growth algorithms for market basket analysis. They proposed a new method for mining association rules that involves selecting a specific percentage of frequent items from their dataset. [8]

### Methodology

The common way of identifying the relationship between items is applying set of rules called Association rules. The idea of Association rules is giving result as rules in form If This (A) Then That (B). A and B are also known as an 'antecedent' and 'consequent'.

Commonly the relationship will be in the form of a rule: IF beer, no bar meal THEN crisps. The chance that a person will buy beer without a bar meal is cited to as the support for the rule. The confidence refers to the conditional probability that a consumer will buy crisps.

The proportion of transactions that include all of the items in an itemset is known as support. The higher the support the more frequently the itemset occurs. This value allows to determine the rules worth regarding further analysis. For example, in a total of 10,000 transactions, one would want to consider only the itemsets that appear at least 50 times, i.e., support = 0.005. If support value is low, it means that we do not have enough information an itemset about relationship between items and we can't do any conclusion.

$$Support = \frac{(A + B)}{TOTAL}$$

The likelihood that a transaction containing the items on the left-hand side of the rule (beer, bar meal) also contains the item on the right-hand side is called confidence (crisps). When the confidence is high, the chance that the item on the right-hand side will be purchased is bigger. In other words, expected the return rate is getting greater.

$$Confidence = \frac{(A + B)}{A}$$

Lift is the product of the probabilities of all the items in a rule appearing together divided by the product of the possibilities of the items on the left- and right-hand sides appearing as if they had no relationship. Overall, the strength of interaction between the goods on the left and right sides

of the law is summarized by raise. When the lift is large, then link between items is greater.[9]

$$Lift = \frac{\frac{(A+B)}{A}}{\frac{B}{Total}}$$

This method is quite easy on the mathematical level. It's also an unsupervised learning tool. Applying this tool requires minimal data preparation.

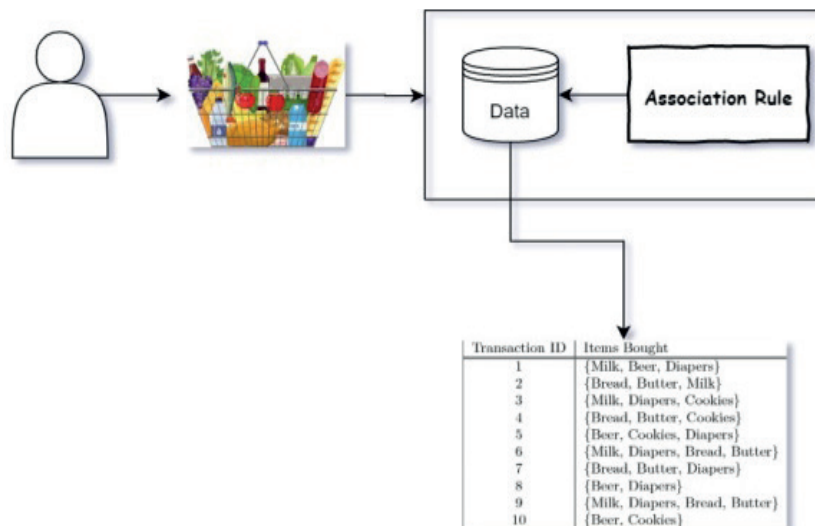


Fig. 1. Applying association rules

Apriori algorithm is useful tool in mining frequent itemset and defining association rule. This algorithm determines frequent specific items and extends them large itemset until itemsets appears more frequently in the database. Apriori is the algorithm that was first used in mining of frequent itemset. It was proposed by Agrawal

and Srikant in 1994. The alternative approach of this algorithm is joining and prune items in order to reduce looking space. The fundamental idea of Apriori algorithm is its anti-monotonicity of support measure. The implementation of Apriori algorithm includes steps illustrated in picture below [10]:

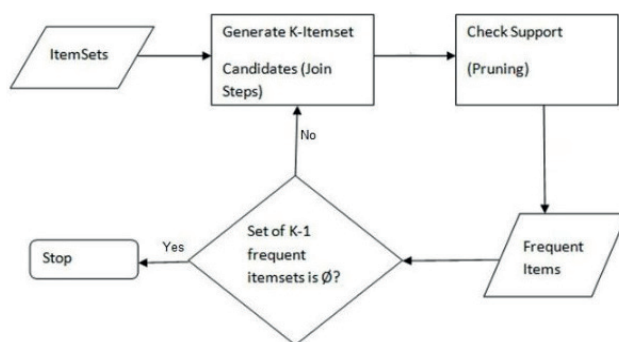


Fig. 2. Apriori algorithm steps

1) Determine the support of itemsets (of size  $k = 1$ ) in database. This step is called generating the candidate set.

2) Reduce the number of candidates set by excluding items with a support less than the given threshold.

3) Repeat the above steps until no more

itemsets can be generated by joining the frequent itemsets to form sets of size  $k + 1$ . Which means that support of formed sets should be less than given support. [11]

The next step is applying Apriori algorithms on dataset in Python. The dataset was taken from UCI Machine Learning repository.[12]

It contains information about all transactions between 01/12/2010 and 09/12/2011 for online retails. The implementation in Python requires certain libraries, in this case we used mlxtend, numpy and pandas libraries. Mlxtend implements a variation of algorithms and widely used in machine learning and data mining. We cleaned the data and splitted based on area of transaction. After that we defined function to make the data suitable, so we can build model. The part of code can be seen below. Here we build model and collect the inferred rules in a dataframe. [13]

```
# Building the model
frq_items = apriori(basket_Hong_Kong,
min_support = 0.05, use_colnames = True)
# Collecting the inferred rules
rules = association_rules(frq_items, metric
="lift", min_threshold - 1)
rules = rules.sort_values(['confidence', 'lift'],
ascending =[False, False])
print(rules.head())
```

In order to determine how association rule works we also conducted the survey. In this survey was applied Likert scale method. This method allows interviewees to show in what extend they agree or disagree with a particular statement. It's commonly used to get a more nuanced picture of people's attitudes and beliefs than a simple «yes/no» query. This method implies questions and 5 or 7 options to answer. So based on these answers we can measure the assumption. In this survey people were given 5 options to respond:

- strongly agree
- agree
- neutral
- disagree
- strongly disagree

A Likert scale also allows measuring other variations. For example, frequency, quality, importance, etc.

### Results

Implementing Apriori algorithm for Italian transaction showed that 'WOODLAND CHARLOTTE BAG' and 'ABC TREASURE BOOK BOX' paired together. So, we can assume that instead of plastic bag people prefer to use recycled bags in order to carry stuff, in this case is book. Besides, analyzing results of transaction from Britain there is a set of tea-plates. We also can assume that this set is result of local traditions.

Almost the same results we got from French transaction. Paper cups and paper and plates are bought together. The reason is also could be related to cultural features, like having family party with friends.

However, we could not observe the results from all regions. For example, while applying model for Japan there was memory error, since the data is too big.

It is also important to mention results of conducted survey. The survey was formed in order to implement Likert scale and to find out if people would buy the sets of products given in the table below together. So, we can approve or disapprove the association rate that given in Table 1. In this study were interviewed 53 people from 20 to 40 years old. Combinations were made from products that we often buy. The result of survey is shown in Fig. 3 below. Results present the percentage of people who agreed or disagreed with questions that were given in Google Form.

According to results it can be said that if people buy beer, they probably will buy cigarettes too, while the combination of products that people will not buy are milk & beer and cereals & cigarettes. It expected to prove the strong association between Milk and Bread, however, according to results we found out that association rate between these two items is 0.2. We can see that people in most cases will not buy given product together. So, it follows that expected results cannot be approved. During the survey gender, age, nationality or financial situation were not taken into account.

**Table 1. The association rate between products from given data**

| Products            | Association rate |
|---------------------|------------------|
| Milk and Bread      | 0,9              |
| Milk and Cereals    | 0,9              |
| Milk and Beer       | 0,5              |
| Milk and Chips      | 0,3              |
| Milk and Cigarettes | 0,2              |
| Bread and Cereals   | 0,5              |
| Beer and Chips      | 0,8              |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| Chips and Cigarettes | 0,4 |
| Beer and Bread       | 0,2 |
| Beer and Cigarettes  | 0,9 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| Cereals and Cigarettes | 0,3 |
| Bread and Chips        | 0,2 |

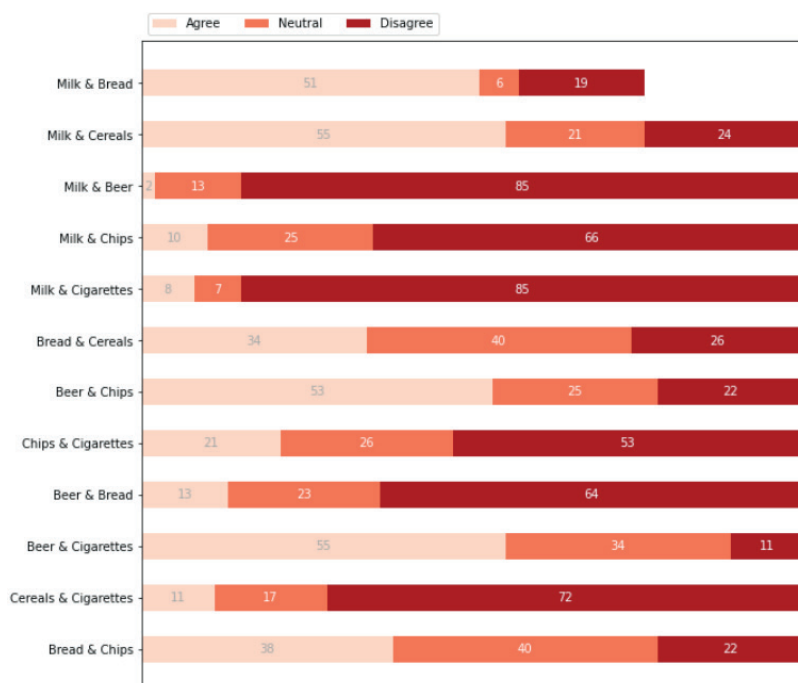


Fig. 3. Agree percentage

## Conclusion

In this paper, we did a research of what the Market Basket Analysis is, where it can be used and what is the profit of applying MBA for business, did a review of previous works of researches who offers a new approach of applying algorithms in order to improve results. We tried to apply association rule and Apriori algorithm in order to identify customer buying pattern and established the associations using Python and Mlxtend library. Identifying patterns may help in

- product placement
- point-of-sale
- customer retention

We also conducted the survey in order to approve the association rate of products by apply-

ing Likert scale method. The survey showed the principles of association rules.

At this step we applied algorithm on data from open source. However, since this data is quite old and the results cannot be used by retailers nowadays, next step is trying to find real data, so we can apply the methodology on them.

The major restriction of Apriori algorithm is time, it can be slow when the data is too big, and so it makes this approach less productive. It follows to necessity using other algorithms like FP-Tree Algorithm and compare the results. As a future work we are planning to identify customer buying patterns by applying Fuzzy logic in Market Basket Analysis.

## REFERENCES

1. Margaret Rouse Market Basket Analysis, <https://searchcustomerexperience.techtarget.com/definition/marketbasket-analysis>
2. A.Trnka *Market basket analysis with data mining methods: Six sigma methodology improvement* ICNIT 2010 - 2010 International Conference on Networking and Information Technology, 2010

3. Kaur, Manpreet Kang, Shivani *Market Basket Analysis: Identify the changing trends of market data using association rule mining* Procedia Computer Science, 2016
4. Raeder, Troy Chawla, V. Nitesh. *Market basket analysis with networks* Social Network Analysis and Mining, 2011
5. Borgelt, Christian *Frequent item set mining* Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, 2012
6. Kronberger, Gabriel Affenzeller, Michael *Market basket analysis of retail data: Supervised learning approach* Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 2012
7. F. Ivan. Videla-Cavieles, A. R' Sebastian 'ios *Extending market basket analysis with graph mining techniques: A real case* Expert Systems with Applications Volume 41, Issue 4, Part 2, March 2014, Pages 1928-1936
8. Maliha Hossain, A H M Sarowar Sattar, Mahit Kumar Paul *Market basket analysis Using Apriori and FP Growth Algorithm* 22nd International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT), 2019
9. Videla-Cavieles, F. R'Ivan ios, A.' Sebastian. *Extending market basket analysis with graph mining techniques: A real case* Expert Systems with Applications, 2014
10. *What is the Apriori algorithm?* <https://www.educative.io/edpresso/whatis-the-apriori-algorithm>
11. Lynsey McColl, *Market Basket Analysis: Understanding Customer Behaviour* <https://select-statistics.co.uk/blog/market-basket-analysisunderstanding-customer-behaviour/>
12. *Apriori Algorithm In Data Mining: Implementation With Examples* <https://www.softwaretestinghelp.com/apriori-algorithm/>
13. *Online Retail Data Set* <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/online+retail>

---

#### Information about author:

1. Rakhmanaliyeva K. – Kazakh-British Technical University

ҚАЗАҚСТАН-БРИТАН ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ХАБАРШЫСЫ

HERALD  
OF THE KAZAKH-BRITISH TECHNICAL UNIVERSITY

ВЕСТНИК  
КАЗАХСТАНСКО-БРИТАНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Ответственный за выпуск

Есбергенов Досым Бектенович

Редакторы

Скуратова Ирина  
Мазибаева Жанар

Компьютерный дизайн и верстка

Жадыранова Гульнур Даутбековна

Подписано в печать 09.09.2021 г.  
Тираж 300 экз. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага тип. Уч.-изд.л. 6,5 Заказ №169.

Редакция журнала «Вестник КБТУ» не несет ответственность за содержание публикуемых статей. Содержания статей целиком принадлежат авторам, и размещаются в журнале исключительно под их ответственность.