

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК АЛМАТИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Издается с июня 2008 года

УЧРЕДИТЕЛЬ

Некоммерческое акционерное общество  
«Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»

---

**Главный редактор** – Стояк В.В., канд. техн. наук, профессор

**Зам. главного редактора** – Жауыт А., доктор PhD

**Редакционная коллегия:**

Сагинтаева С.С., д-р экон. наук, канд. физ.- мат. наук, академик МАИН (Казахстан)

Гита Ревалде, доктор PhD, член-корреспондент Академии наук Латвии(Латвия)

Мустафин М.А., д-р техн. наук (Казахстан)

Анна Мутуле, доктор PhD (Латвия)

Авезова Н.Р., д-р, техн. наук (Узбекистан)

Обозов А.Д., д-р техн. наук (Киргизстан)

Франческо Сандоро, доктор PhD (Италия)

Орумбаев Р.К., д-р техн. наук (Казахстан)

Мунц В.А., д-р техн. наук (Россия)

Илиев И.К., д-р техн. наук (Болгария)

Галайко Дмитрий, доктор PhD, (Франция)

Потехин В.В., канд. техн. наук (Россия)

Жауыт Алгазы, доктор PhD (Казахстан)

Туманбаева К.Х., канд. техн. наук (Казахстан)

Цветков В.Ю., д-р техн. наук (Беларусь)

Такая Инамори, доктор PhD (Япония)

Кузнецов А.А., д-р техн. наук (Россия)

Алипбаев К.А., доктор PhD (Казахстан)

Кабдушев Б.Ж., канд. истор. наук (Казахстан)

Махмутов С.К., канд. истор. наук (Казахстан)

---

Технический редактор казахского языка

Алмухаметова Г.С.

Технический редактор русского языка

Ефимова А.Н.

Технический редактор английского языка

Сергеева Л.Д.

---

С содержанием журнала можно ознакомиться на сайте <http://aues.kz>

Подписаться на журнал можно в редакции журнала и по объединенному каталогу Департамента почтовой связи, подписной индекс -**74108**.

---

**Адрес редакции:** 050013, г.Алматы, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»

ул. Байтурсынулы, дом 126/1, офис А224

Тел.: 8 (727) 292 58 48, 708 880 77 99

E-mail: [vestnik@aues.kz](mailto:vestnik@aues.kz)

Тираж 200 экз.

Ответственный секретарь: Шубебаева Д.А.

«Вестник АУЭС», 2020



# **В Е С Т Н И К**

---

**АЛМАТИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ**

---

**№ 1(48)**

**2020**

---

**Научно-технический журнал  
Выходит 4 раза в год**

**Алматы**



**АУЭС**  
Образован в 1975

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

**057**  
КОД ВУЗА

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЛИЦЕНЗИЯ НА ОБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ №01377445 ОТ 4.08.2010. СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ АККРЕДИТАЦИИ № 000003

## БАКАЛАВРИАТ

- 5B060200 - Информатика
- 5B070200 - Автоматизация и управление
- 5B070300 - Информационные системы
- 5B070400 - Вычислительная техника и программное обеспечение
- 5B071600 - Приборостроение
- 5B071700 - Теплоэнергетика
- 5B071800 - Электроэнергетика
- 5B071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации
- 5B073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды
- 5B081200 - Энергообеспечение сельского хозяйства
- 5B074600 - Космическая техника и технологии
- 5B100200 - Системы информационной безопасности

## КОЛЛЕДЖ

- 0901000 - Электрооборудование электрических станций и сетей
- 0906000 - Теплоэнергетические установки тепловых энергетических станций

## ВОЕННАЯ КАФЕДРА

Министерство обороны РК выделяет квоту студентам АУЭС для получения специальности на военной кафедре, а также предлагает пройти курс «Молодого бойца».

## ЯЗЫКИ ОБУЧЕНИЯ



КАЗАХСКИЙ



РУССКИЙ



АНГЛИЙСКИЙ

## МАГИСТРАТУРА

- 6M070200 - Автоматизация и управление
- 6M071700 - Теплоэнергетика
- 6M071800 - Электроэнергетика
- 6M071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации
- 6M070400 - Вычислительная техника и программное обеспечение
- 6M070300 - Информационные системы
- 6M073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды
- 6M071600 - Приборостроение

## ДОКТОРАНТУРА

- 6D071700 - Теплоэнергетика
- 6D071800 - Электроэнергетика
- 6D071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации

- 1302000 - Автоматизация и управление
- 1304000 - Вычислительная техника и программное обеспечение
- 1305000 - Информационные системы
- 1306000 - Радиоэлектроника и связь

ИНОГОРОДНИМ ПРЕДОСТАВЛЯЕТСЯ ОБЩЕЖИТИЕ

### НАШИ КОНТАКТЫ:

- г. Алматы, ул. А. Байтурсынулы 126/1
- +7 (727) 292 0303
- aues1975@gmail.com



AUES University



AUES University



@aues\_university



Aues University

#АУЭС  
#AUES  
#AUPET  
#БУДНИАУЭС

A U E S . K Z

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ

**Рахимжан К.Б., Бахтияр Б.Т., Отынчиева М.Т., Сейдалиева А.Б.**  
Повышение эффективности водогрейных котлов.....6

**Шишкин А.А., Шишкин А.А., Душкина Н.Н.**  
Исследование нового технического решения для снижения содержания частиц золы в топочных газах пылеугольного котлоагрегата.....13

### ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

**Глущенко Т., Бедыч Т.**  
Жел энергетикалық қондырғылардың қуатын тұрақтандыру.....22

**Ильясов Р.М., Бердалиева А.А., Овчинников В.А., Файз Н.С., Апсеметова А.Т.**  
Генерация волн РОССБИ в приземном слое атмосферы для целенаправленного использования.....29

**Новикова М.А., Садовская А.С., Соколов С.Е., Соколова И.С., Сулейменова Д.Т.**  
Компенсация реактивной мощности и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях городского типа.....37

**Оразбаев Б., Тәңірбергенова А., Курмангазиева Л., Тулеуова Р., Оразбаева К.**  
Айқын емес шектеулер жағдайында өндірістік жоспарды оңтайландыру.....44

### РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

**Амреев М.Б., Якубова М.З., Касимов А.О.**  
Исследование надежности конфигурации на основе разработанной имитационной модели магистральной мультисервисной сети.....54

### АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

**Кухаренко Е.В., Оспанова Г.Ж.**  
К вопросу оценки качества нормативной базы.....62

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Mukhamadiyeva L., Shyntore G., Moldagulova A.**  
Face recognition with using a combined method.....68

**Shyntore G., Mukhamadiyeva L., Moldagulova A.**  
Data analysis of social networks by splitting into text and multimedia components.....74

<b>Хаирова Н., Колесник А., Мамырбаев О., Мухсина К.</b> Выровненный казахско-русский параллельный корпус, ориентированный на криминальную тематику.....	84
<b>Мамырбаев О., Шаяхметова А., Кыдырбекова А., Турдалыулы М.</b> Интегральный подход распознавания речи для агглютинативных языков.....	93
<b>Карменова М.А., Нугуманова А.Б., Тлебалдинова А.С.</b> Кластерный анализ данных в решении задач по оценке сейсмической уязвимости объектов городской среды.....	102
<b>Куликов В.П., Куликова В.П., Еркебулан Г.Т.</b> О применении Яндекс.XML и API Яндекс.Переводчика в системе идентификации паттернов полиязычных текстов.....	110
<b>Шахметова Г.Б., Сауханова Ж.С., Шарипбай А.А., Улюкова Г.Б.</b> Использование обратимых конечных автоматов в асимметричных криптосистемах .....	118
<b>Самигулина Г.А., Масимканова Ж.А.</b> Разработка программного обеспечения в JADE для мультиагентной системы на основе кооперативного алгоритма роя частиц с весом инерции.....	124
<b>Мазақов Т.Ж., Жомартова Ш.А., Зиятбекова Г.З., Kisala P., Тоғжанова К.О.</b> Топырақ бөгеттерінің бұзылу үрдісін зерттеуді дамыту.....	131

#### ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ

<b>Ахметов Б.Т.</b> Тенденции развития правового регулирования в области обращения с отходами потребления.....	138
---	-----



## ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ

ГРНТИ 44.31.31

**Р.К. Орумбаев, Б.Т. Бахтияр, М.Т. Отынчиева, А.Б. Сейдалиева**

НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева»,  
г. Алматы, Казахстан  
[orumbaevrk@mail.ru](mailto:orumbaevrk@mail.ru), [bahtyar.baljan@mail.ru](mailto:bahtyar.baljan@mail.ru), [cmara03@mail.ru](mailto:cmara03@mail.ru), [aiganym.sva@gmail.com](mailto:aiganym.sva@gmail.com)

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

**Аннотация.** В работе представлены конструктивные характеристики водогрейных котлов КВа-400, КВа-500 и ВВ-400 и виды исследованных конвективных вставок с целью повышения тепловой эффективности котлов. В статье рассматривается сокращение расхода котельных труб, производство которых требует больших энергетических и материальных затрат, путём совершенствования топочной и конвективной частей котла, что представляет важную задачу, особенно в условиях дефицита энергетических и финансовых ресурсов. А также даются расчёты повышения эффективности работы водогрейных котлов, которой можно добиться увеличением восприятия радиационных поверхностей нагрева за счёт применения двусветных экранов и конвективных поверхностей нагрева за счёт применения мембранных панелей, а для жаротрубных котлов – применением турбулизаторов различной конструкции в жаровых трубах.

В данной научной работе показаны расчётные и теоретические методы исследования интенсификации теплообмена и гидравлического сопротивления в прямых трубах с различными вставками и выступами, которые менее затратные по сравнению с экспериментальными работами в исследовательских лабораториях. Даны экспериментальные результаты сравнительных испытаний водогрейных котлов ВВ-400, КВа-400 и КВа-500, которые показали высокую эффективность работы спиралевидных вставок из проволоки диаметром 6 мм трубы с внутренним диаметром 40 миллиметров. Приведены экспериментальные результаты теплотехнических испытаний действующих котлов с использованием разных видов турбулизирующих поток вставок, и проведено сравнение коэффициентов теплопередачи с экспериментальными результатами других авторов со вставками в трубы.

**Ключевые слова:** водогрейные котлы, конвективные трубы, спиральные вставки.

#### Введение

В связи с существующими потребностями в Республике Казахстан в эффективных автономных источниках тепла возникает необходимость в приобретении и поставках заказчиком высокоэффективных экономичных и надёжных водогрейных котлов для работы на природном газе и лёгком жидком топливе с приемлемыми ценовыми предложениями. Высокая стоимость природного газа и лёгкого жидкого топлива в Республике Казахстан для малых водогрейных котлов мотивирует разработчиков и поставщиков такого оборудования на постоянной основе повышать экономичность и экологические показатели, которые также имеют сегодня наибольшую актуальность. Поэтому расширение номенклатуры разработанных и выпускаемых в производственных цехах ТОО «Казкотлосервис» новых эффективных водогрейных котлов серии КВа учитывает все современные аспекты и рыночные вызовы.

Известно, что конвективные поверхности нагрева водогрейных котлов являются одними из наиболее металлоёмких технических устройств. Будучи замыкающими поверхностями нагрева котла, конвективные поверхности определяют полноту

утилизации тепла продуктов сгорания в котлах. Одновременно с этим они подвержены процессам низкотемпературной, а для водогрейных котлов и высокотемпературной коррозии, в результате чего существенно снижается межремонтный период и увеличиваются затраты металла на замену конвективных поверхностей нагрева [1]. Это обусловлено во многом низкой тепловой эффективностью топочных экранов котлов. В зависимости от вида сжигаемого топлива топочные экраны воспринимают 40 - 50 % от полного количества теплоты, получаемой рабочей средой в котле. Средний эксплуатационный КПД водогрейных котлов в Республике Казахстан (РК) не превышает 88-89 % [2]. Поэтому совершенствование и оптимизация топочных экранов котлов путем широкого использования обратной стороны труб экранов, воспринимающих максимально возможное количество тепла в топке, может заметно сократить расход металла в конвективной части. Сокращение расхода котельных труб, производство которых требует больших энергетических и материальных затрат, путем совершенствования топочной и конвективной частей котла представляет важную задачу, особенно в условиях дефицита энергетических и финансовых ресурсов.

Повышения эффективности работы водогрейных котлов можно добиться увеличением восприятия радиационных поверхностей нагрева за счёт применения двусветных экранов и конвективных поверхностей нагрева за счёт применения мембранных панелей, а для жаротрубных котлов – применением турбулизаторов различной конструкции в жаровых трубах.

Специалисты ТОО «Казкотлосервис» продолжают модернизировать и усовершенствовать конструкции новых котлов серии КВа с Казахстанским содержанием более 65% с целью улучшения технических, экономических и экологических показателей. В ТОО «Казкотлосервис» разработана новая конструкция цилиндрического водогрейного котла ККС-КВа с коаксиальной двусветной топочной камерой для максимального использования поверхностей нагрева топки и увеличения теплосъема от светящегося факела.

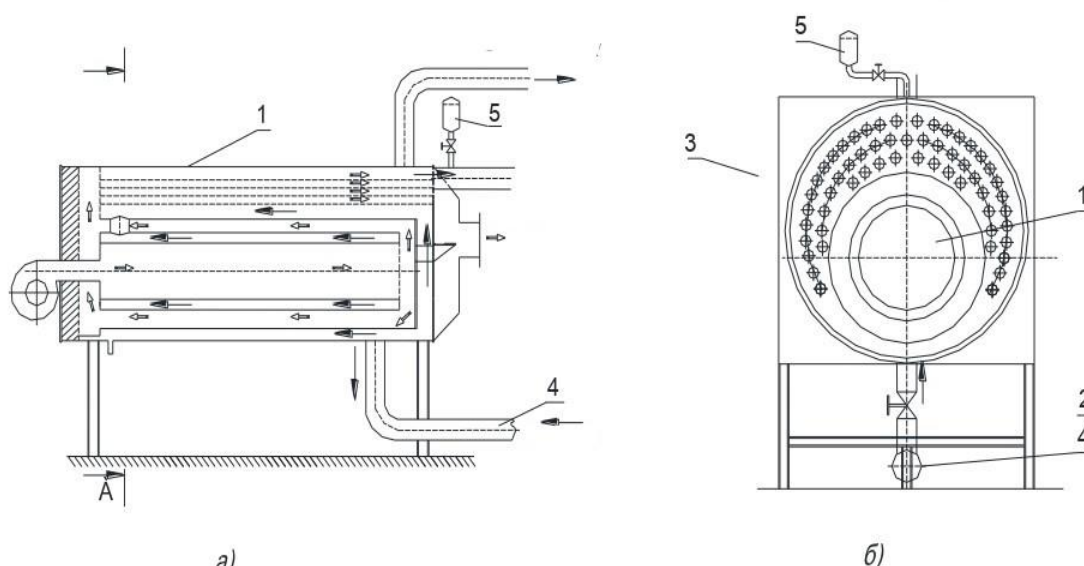


Рисунок 1 – Продольное сечение котла КВа-400

(1 – двусветная камера горения, 2 – жаровые трубы, 3 – внешний корпус котла, 4 – патрубков подвода воды, 5 – взрывной клапан)



В водогрейных котлах КВа-400, КВа-500, разработанных и изготовленных ТОО «Казкотлосервис», а также в котле ВВ-400 использованы новые конструктивные решения [3], [4], [5] и [9]:

– для интенсификации конвективного теплообмена дополнительно в новом котле серии КВа внутри всех продольных жаровых конвективных труб устанавливаются новые излучатели – витые ленточные вставки и вставки спиралевидного типа из стальной проволоки.

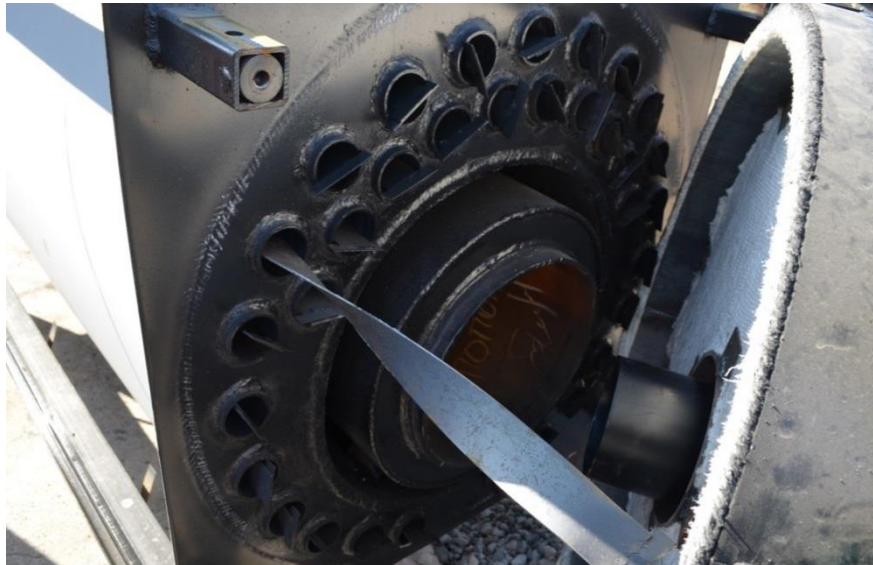


Рисунок 2 – общий вид витых ленточных вставок, установленных в котлах КВа-400 и КВа-500 в трубы  $\text{Ø}57 \times 3,5$



Рисунок 3 – процесс вставки спиралевидных вставок из стальной проволоки в жаровые трубы котла ВВ-400 в трубы  $\text{Ø}48 \times 4$

В таблице 1 приведены подробные расчётные характеристики стальных водогрейных котлов с жаровыми трубами КВа-400; КВа-500 с витыми ленточными вставками и ВВ-400 [9], [10] с пружинными винтовыми вставками, при работе на



дизельном топливе. Сравнение расчётных характеристик с результатами сравнительных межведомственных теплотехнических испытаний водогрейных котлов КВа-400, КВа-500 и ВВ-400 показывает практическое совпадение расчётных параметров с результатами испытаний. Коэффициенты теплоотдачи составили соответственно 26,4, 28,2 и 36,8 ккал/(м<sup>2</sup>×°С), а коэффициенты теплопередачи соответственно 32,9, 33,5 и 36,8 ккал/(м<sup>2</sup>×°С). Первые два значения соответствуют трубам с витыми ленточными вставками по рис. 2. Третья по порядку величина соответствует спиральным вставкам в трубах Ø48×4 мм. Выполненный подробный анализ тепловых расчётов водогрейных котлов КВа-400; КВа-500 и ВВ-400 с исследованием коэффициента теплоотдачи при продольном течении в трубе со спиралевидными пружинными вставками, коэффициента теплопередачи, теплового напряжения объёма топки с двусветным экраном, теплового напряжения конвективной поверхности с ленточными витыми вставками, отношений поверхностей нагрева конвективной Н<sub>к</sub> и радиационной Н<sub>р</sub> к общей поверхности нагрева котла по сравнению с тепловой производительностью N каждого из водогрейных котлов позволяет раскрыть механизм высокой тепловой эффективности как двусветных экранов, так и конвективных труб с витыми спиралевидными и витыми ленточными вставками.

Таблица 1 – Расчетные сравнительные параметры водогрейных котлов КВа-400, КВа-500 и ВВ-400.

Наименование показателя	КВа-400	КВа-500	ВВ-400
1.Тепловая мощность, МВт	367,28	0,471	0,423(0,423)
2.Объем топки котла V <sub>т</sub> , м <sup>3</sup>	0,224	0,275	0,332
3.Общая поверхность нагрева, м <sup>2</sup>	12,59	14,82	13,34
4.Расход дизельного топлива, кг/ч	36,75	43,5	35,1
5.Расход воды через котел, т/ч	18,37	32,5	41,06
6. КПД котла: дизел. топл. анализ и разные типы вставок (вст. спираль)	<b>88,6/88,6/87,6</b>	<b>88,49</b>	<b>89/88,4/ (93,4)</b>
7.Число конвективных труб, n (шт)	38 (57×3,5)	38(57×3,5)	33 (48×4)
8.Отношение поверхнос. Н <sub>рад</sub> /ΣН	0,178		0,19
9.Отношение поверхнос. Н <sub>кон</sub> /Н <sub>рад</sub>	4,6	5,95	4,23
10.Радиационная поверхность, м <sup>2</sup>	2,246	2,679	2,55
11.Сечение для газов в конвек. м <sup>2</sup>	0,0745	0,0745	0,0414
12.Скорость газов в конвект. м/с	9,6	10,6	13,11
13.Коэффициент теплоотдачи в трубе с жидким топл, ккал/(м <sup>2</sup> ×°С)	<b>26,4</b>	<b>28,2</b>	<b>36,8</b>
14.Коэфф.теплопередачи,ккал/м <sup>2</sup> °С	<b>32,9</b>	<b>33,5</b>	<b>39,3</b>
15.Тепловое напряж. конв. ккал/м <sup>2</sup>	16844	18583	17711
16.Тепловое напряж. объема вт/м <sup>3</sup>	1,66×10 <sup>6</sup>	1,6×10 <sup>6</sup>	1,38×10 <sup>6</sup>
17.Отношен.поверх. к мощности, ΣН /N, м <sup>2</sup> /МВт	34,3	31,46	31,5
18.Отношение Q <sub>конв</sub> / Σ Qв %	53,3	52,7	44,5
19.Отношение Q <sub>рад</sub> / Σ Q в %	46,7	47,3	55,5

Наибольший интерес представляют в таблице 1 строки 18 и 19, показывающие соотношение количества тепла, полученного конвективным теплообменом Q<sub>конв</sub>/ΣQ, отнесенное к общему количеству тепла ΣQ, воспринятого в котле, которое для всех исследованных котлов составило от 44,5% до 53,3%. При этом количество тепла, полученного радиационным теплообменом с применением двусветного экрана Q<sub>рад</sub>, относительного общего количества тепла ΣQ составило от 46,7% до 55,5%. Это показывает высокую тепловую эффективность применения двусветных экранов в

конструкциях котлов серии КВа с цилиндрическими топками. А также появляется возможность расчётным путём обосновывать и конструировать такие водогрейные котлы с учётом типа топлива и их характеристик. Более того, такие конструкции позволяют отдельно варьировать геометрическими параметрами не только конвективной, но и радиационной частью новых водогрейных котлов, с учётом значений  $Q_{\text{рад}}$  и  $Q_{\text{конв}}$  для каждого топлива.

Единственным существенным преимуществом таких известных фирм, как «VIESMANN», «Buderus» и других [5, 6, 7, 8, 9] является система автоматики с горелками и внешний дизайн. Однако, как показал длительный промежуток эксплуатации в Казахстане, сервисное обслуживание и ремонт такого зарубежного оборудования из-за достаточно дорогих запасных частей к таким автоматизированным системам, которые поставляются за отдельное финансирование, становится накладным. Это особенно существенно в период отопительного сезона, когда быстрая замена или ремонт котельного агрегата или автоматизированной горелки могут стать проблемными.

Аналогичные технические параметры зарубежных образцов жаротрубных водогрейных котлов остаются на уровне приведённых значений коэффициентов теплоотдачи для витой ленты 28,2 ккал/( $\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}$ ) и для спирали 36,8 ккал/( $\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}$ ), а коэффициентов теплопередачи соответственно для витой ленты 33,5 ккал/( $\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}$ ) и для проволочной спирали 39,3 ккал/( $\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}$ ), при тех же величинах критериев Рейнольдса  $Re$  для потока продуктов сгорания (газов) [5, 7, 8, 9]. Подробное сравнение котлов «Buderus» с исследуемыми котлами серии КВа показывает простоту в обслуживании котлов КВа с казахстанским содержанием, надёжность и высокий уровень тепловой эффективности котла, с возможностью варьирования конструктивной схемой котла для эксплуатации при сжигании разных видов топлива [9], [10] и [11].

Результат исследований на отдельной экспериментальной установке трубы с витой ленточной вставкой по аналогии (рис. 2): коэффициент теплоотдачи составил 40,4 ккал/( $\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}$ ) [6, 12]. Для гладкой прямой трубы на экспериментальной установке был получен коэффициент теплоотдачи 28,8 ккал/( $\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}$ ) при режиме течения  $Re = 10^4$  по работам [6] и [12]. Сравнение результатов по коэффициентам теплоотдачи в трубах со вставками показывает удовлетворительное совпадение с результатами других работ.

На современном этапе в работах такого рода активно используются расчётные и теоретические методы исследования интенсификации теплообмена и гидравлического сопротивления в прямых трубах с различными вставками и выступами, которые менее затратные по сравнению с экспериментальными работами в исследовательских лабораториях. Однако в обязательном порядке требуется сопоставлять и проводить сравнения полученных расчётным путём величин и коэффициентов с экспериментально полученными коэффициентами теплоотдачи и сопротивления с последующей корректировкой или уточнениями расчётной схемы или модели [6], [7], [8].

После проведённых сравнительных межведомственных теплотехнических испытаний совместно со специалистами кафедры ТЭУ НАО АУЭС, неоднократно проводились технические совещания с подробным анализом, обменом мнениями по отработке конструкций водогрейных котлов серии КВа. Руководство и инженерно-технический персонал ТОО «Казкотлосервис» продолжает совершенствовать и развивать дальше конструкции котлов с целью повышения КПД и применением современных автоматизированных пультов управления в комплекте с газо-жидкостными горелочными блоками и серийно их производить.

**Выводы.** Полученные предварительные экспериментальные результаты сравнительных испытаний водогрейных котлов ВВ-400, КВа-400 и КВа-500 показали высокую эффективность работы спиралевидных вставок из проволоки диаметром 6 мм в трубы с внутренним диаметром 40 мм. Однако установка в конвективные трубы котла

ВВ-400 витых ленточных вставок, аналогичных вставкам водогрейных котлов КВа-400 и КВа-500, не позволила показать и достичь показателей водогрейного котла КВа-400 и особенно котла КВа-500. Т.е. конструктивно водогрейные котлы КВа-400 и КВа-500 с двусветным коаксиальным экраном и тремя ходами по газовому тракту имеют больший потенциал по тепловой эффективности, и при определённом подходе у котлов ожидается более высокий КПД, чем у котлов серии ВВ-400.

В настоящее время планируется установка новых вставок в конвективные трубы для увеличения теплоотдачи более чем в 2,5 раза относительно прежних показателей.

Полученные новые экспериментальные результаты в испытательном центре ТОО «Казкотлосервис» планируется применить и учесть при изготовлении новых типоразмеров конвективных труб с оптимизированными вставками. Серийные водогрейные котлы КВа позволят в этом случае экономить до порядка 20 % от общего расхода металла труб при массовом производстве водогрейных котлов с новыми водо-водяными подогревателями.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Орумбаев Р.К., Сергеев В.В., Кибарин А.А., Орумбаева Ш.Р., Ходанова Т.В., Коробков М.С. Повышение эффективности и надёжности башенных водогрейных котлов ПТВМ-100 // Вестник АУЭС. – Алматы: НАО «АУЭС». – № 4 (31). – 2015. – С. 11-19.

[2] Дукенбаев К.Д. Энергетика Казахстана и пути её интеграции в мировую экономику. Гылым. - Алматы: 1996. - С. 530.

[3] Орумбаев Р.К., Кибарин А.А., Коробков М.С., Ходанова Т.В. Повышение эффективности и надёжности газомазутных водогрейных котлов систем теплоснабжения. Монография /// Алматы: АУЭС, 2017.

[4] R. Orumbaev, A. Volkov, V. Sergeev, A. Kibarin, T. Khodanova, M. Korobkov. Experimental and Model Researches of Hot-Water KVA Boilers of Heat Power up to 3.15 MW with Coaxial Double-Height Furnace Screen, Proceedings of The 7th International Conference & Workshop REMOO-2017, 10-12 May 2017, Venice/ Italy “Energy for Tomorrow”,- Get it Published, Germany, 2017, -p.28-38.

[5] Под редакцией Петухова Б.С., Шикова В.К. Справочник по теплообменникам // Том 1, Москва, 1987. С. 560

[6] Орумбаев Р.К., Коробков М.С., Ходанова Т.В. Экономические и экологические аспекты применения двусветных коаксиальных экранов в водогрейных котлах // Actual Problems of Economics. ISSN – 1993-6788. Киев. №2 (188), 2017. – С. 140-150.

[7] R. K. Orumbaev, A. A. Kibarin, Sh. R. Orumbaeva, M. S. Korobkov, T. V. Khodanova, A. F. Volkov, «To the question about thermal efficiency of double height screens in liquid fuel hot-water boilers up to 3,15 MW capacity», Full Papers Proceeding of International Conference & «Power plants 2016», November 2016, Zlatibor Serbia, -p. 967 – 973.

[8] Волков А.Ф., Орумбаев Р.К., Кибарин А.А., Коробков М.С., Ходанова Т.В. Результаты исследования водогрейного котла КВа-3,15 с коаксиальным двусветным экраном // Современные наукоемкие технологии. 2016. Часть 3 №12. - С. 468-474.

[9] Официальный сайт компании «Viessman»: <https://www.viessmann.kz>.

[10] Хаустов С.А., Заворин А.С. Современные тенденции проектирования жаротрубных котлов // Вестник науки Сибири, 2014. №2 (12). - С. 21-28.

[11]. Хаустов С.А., Заворин А.С. Дальнобойность факела в жаровых трубах котлов // Промышленная энергетика. – 2014. - №10. – С. 16-20.

[12]. Красникова О.К. Показатели эффективности конвективных теплообменных поверхностей. // Сборник докладов третьей Всесоюзной научно-технической конференции «Криогенная техника – 82», 1983. - С. 13 – 19.

## СУ ЖЫЛЫТУ ҚАЗАНДЫҚТАРЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

**Р.К. Орумбаев, Б.Т. Бахтияр, М.Т. Отынчиева, А.Б. Сейдалиева**

«Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КеАҚ,  
Алматы қ., Қазақстан  
[orumbaevrk@mail.ru](mailto:orumbaevrk@mail.ru), [bahtyar.baljan@mail.ru](mailto:bahtyar.baljan@mail.ru), [cmara03@mail.ru](mailto:cmara03@mail.ru), [aiganym.sva@gmail.com](mailto:aiganym.sva@gmail.com)

**Аңдатпа.** Мақалада КВа-400, КВа-500 және ВВ-400 су жылыту қазандықтарының конструктивтік сипаттамалары және қазандықтардың жылу тиімділігін арттыру мақсатында конвективті тәжірибелердің түрлері ұсынылған.

Бұл мақалада энергетикалық және қаржылық ресурстардың тапшылығы жағдайында аса маңызды болып табылатын қазандық құбырларының шығынын барынша азайту мәселесі, қазандықтың отын жағатын және конвективті бөліктерін жетілдіру үшін жұмсалатын энергетикалық және материалдық шығындар қарастырылған. Сондай-ақ су жылыту қазандарының жұмыс тиімділігін арттыру есебі берілген, ол мембраналық панельдерді қолдану арқылы екі түсті экрандар мен конвективті жылу беттерін қолдану есебінен қыздырудың радиациялық жылуын қабылдауды арттырып, ыстық құбырларда әр түрлі құрылымдағы турбулизаторларды қолдану арқылы мақсатқа қол жеткізуге болатындығы баяндалған.

Осы ғылыми жұмыста зертханалардағы тәжірибелік жұмыстар кезінде салыстырмалы түрде шығынның аз болатыны баяндалған. Өртүрлі қондырмалар мен құбырларда жылу алмасу түрлері мен гидравликалық кедергіні күшейтудің есептік және теориялық әдістері көрсетілген. ВВ-400, КВа-400 және КВа-500 су жылыту қазандықтарын салыстырмалы түрде сынау арқылы жүргізілген тәжірибелік жұмыстардың нәтижелері берілген. Шағын жылу қазандықтарын жасайтын зертханаларда істеп тұрған қазандықтардың жылу техникалық сынақтарының тәжірибелік нәтижелері келтірілген және басқа авторлардың құбырларға байланысты енгізген тәжірибелік жұмыстарымен жылу беру коэффициенттерін салыстырылған.

**Тірек сөздер:** су жылыту қазандықтары, конвективті құбырлар, спиральды қондырғылар.

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF HOT WATER BOILERS

**R.K. Orumbaev, B.T. Bahtiar, M.T. Otyunchiyeva, A.B. Seidalieva**

Non-profit JSC “Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev”, Almaty, Kazakhstan

[orumbaevrk@mail.ru](mailto:orumbaevrk@mail.ru), [bahtyar.baljan@mail.ru](mailto:bahtyar.baljan@mail.ru), [cmara03@mail.ru](mailto:cmara03@mail.ru), [aiganym.sva@gmail.com](mailto:aiganym.sva@gmail.com)

**Abstract.** The design characteristics of the KVA-400, KVA-500 and VV-400 boilers and the types of investigated convective inserts in order to increase the thermal efficiency of the boilers are presented in the article. The reduction of boiler pipe consumption is discussed. Their production requires large energy and material costs by improving the furnace and convection parts of the boiler and represents an important task, especially in conditions of a shortage of energy and financial resources. As well as calculations of increasing the efficiency of boilers are given in the article. This can be achieved by increasing the perception of radiation heating surfaces through the use of double-screen and convective heating surfaces, the use of membrane panels, and for fire tube boilers, and the use of turbulators of various designs in flame tubes. In this article, calculation and theoretical methods for studying the intensification of heat transfer and hydraulic resistance in straight pipes with various inserts and protrusions are shown. They are less expensive compared to experimental work in research laboratories. Experimental results of comparative tests of boilers VV-400, KVA-400 and KVA-500 are given. They showed the high efficiency of the spiral-shaped inserts made of wire with a diameter of 6 mm in pipes with an inner diameter of 40 millimeters. The experimental results of thermal engineering tests of existing boilers using different types of flow-turbulent inserts are given. A comparison of heat transfer coefficients with experimental results of other authors with inserts in pipes is proposed.

**Keywords:** hot water boilers, convection pipes, spiral inserts.



## ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ

МРНТИ 532.547.4+621.928.93

А.А. Шишкин<sup>1,2</sup>, А.А. Шишкин<sup>1,2</sup>, Н.Н. Душкина<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ТОО «КазНИИ энергетики имени акад. Ш.Ч.Чокина», г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», г. Алматы, Казахстан

### ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ЧАСТИЦ ЗОЛЫ В ТОПОЧНЫХ ГАЗАХ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО КОТЛОАГРЕГАТА

**Аннотация.** В статье приведены результаты численного исследования эффективности улавливания золы уноса на начальном участке газохода котельного агрегата с применением предложенного авторами золоулавливающего устройства. На основе анализа результатов сделан вывод о возможности использования данного устройства для отделения наиболее крупной фракции золы уноса, что позволит снизить абразивный износ теплообменных поверхностей котельного агрегата.

**Ключевые слова:** котельный агрегат, дымовые газы, зола уноса, эффективность улавливания частиц золы, снижение абразивного воздействия.

При использовании в теплоэнергетике высокзолых углей проектные системы золоулавливания часто не обеспечивают требуемой эффективности очистки дымовых газов от частиц золы, в результате чего в окружающую среду выбрасываются повышенные объемы летучей золы. Помимо этого наносится ущерб теплообменному оборудованию из-за абразивного износа и образования отложений зольных частиц [1].

Известные технические решения для золоулавливания предназначены, в основном, для снижения выбросов частиц золы в окружающую среду, и не оказывают влияния на повышение эффективности теплообмена и абразивный износ поверхностей теплообмена.

Известны также предложенные ранее решения [2-4] для снижения содержания зольных частиц в топочных газах до попадания их в конвективную шахту теплообмена. Общими недостатками данных устройств являются громоздкость конструкции, а также отсутствие сведений по эффективности их работы по результатам их исследований.

Предпосылками к поиску новых решений являются имеющееся несоответствие между нормативными требованиями к работе пылеугольных ТЭС на Экибастузском угле и их недостаточной технико-экономической и экологической эффективностью, снижение влияния высокой зольности (более 40%) и абразивных свойств Экибастузского угля технологическими средствами.

Предлагаемое золоулавливающее устройство (ЗУУ) [5] размещается в канале верхнего газохода 1 котла между топкой 2 и конвективной шахтой 3 с теплообменниками 4 (рисунок 1а). Верхняя поверхность канала 1 конфузorno-диффузорной формы 5-6-7 образует в области пережима 6 участок сепарации частиц со сквозным поперечным зазором 12 в основании 9, сообщенным с пылевой камерой 13 и накопительным бункером (не показан). Работа ЗУУ состоит в следующем. Топочные газы на входном участке 5 ускоряются к пережиму 6 канала 1. При обтекании топочными газами закругленной вершины 11 взвешенные в потоке частицы под действием центробежной силы перемещаются к основанию канала и одновременно



перемещаются в направлении движения потока. Частицы с меньшей массой, в основном, выносятся из участка сепарации, а более крупные частицы достигают основания канала и через поперечный сквозной зазор 12 попадают в пылевую камеру 13 и затем в накопительный бункер. Топочные газы с уменьшенным содержанием частиц после участка сепарации 6 и участка 7 канала 1 поступают в конвективную шахту теплообмена 3.

В результате снижается также абразивное воздействие на поверхности теплообмена в конвективной шахте и образование на них плотных зольных отложений.

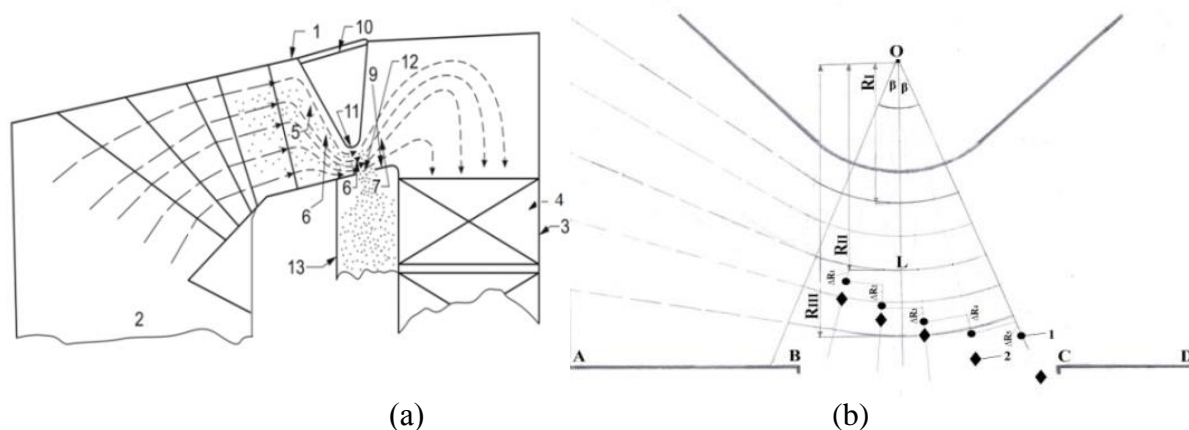


Рисунок 1: (а) - общая схема работы золоулавливающего устройства; (б) - схематическое изображение процесса перемещения частиц разных фракций на участке сепарации: 1- мелкие фракции, 2 - крупные фракции.

### Цель и задачи и метод исследования

Для практической реализации данного решения необходимо исследование влияния конструктивно-режимных параметров с целью определения оптимальных совокупностей конструктивно-режимных параметров ЗУУ. Исследование проведено методом математического моделирования с использованием программного модуля ANSYSfluent.

Для этого были решены следующие задачи: расчет конструктивных и режимных параметров ЗУУ; выбор и апробирование математических моделей движения несущей и дисперсной среды и турбулентности с выбором перспективных для дальнейшей работы.

По своим геометрическим, режимным параметрам канал газохода модели и состав топочных газов, концентрация и фракционный состав зольных частиц были идентичными условиям в верхнем газоходе натурального котлоагрегата П-57Р, работающего на высокозольном Экибастузском угле.

Расчет объемных расходов продуктов сжигания в газоходе котельного агрегата П-57Р (500 МВт) при сжигании Экибастузского угля зольностью 40% выполнен в соответствии с нормативным методом [6].

Таблица 1 – Фракционный состав золы уноса Экибастузского угля в газоходе котла [7]

Фракция частиц, micron	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100
Средний размер частиц, micron	2.5	7.5	15	25	35	50	70	80
Содержание по массе, %	6	9	46	21	8.3	6.7	3	≈1

Для выполнения исследований приняты следующие упрощающие допущения:

– для частиц несферической формы в качестве расчетных диаметров принимаются их эквивалентные диаметры [8]; – массы частиц, соответствующие отдельным фракциям



частиц определялись через значения эквивалентных диаметров частиц и среднюю плотность частиц золы данного угля  $2000 \text{ kg/m}^3$  (Таблица 2):

Таблица 2 – Средние массы частиц в дисперсном распределении

Эквивалентный диаметр зольных частиц, $\mu\text{m}$	2.5	7.5	15	25	35	50	70	90
Соответствующая масса частицы $10^{-12}$ , kg	0.0163	0.441	3.530	16.35	44.90	131	359	763

Таблица 3 Динамическая вязкость топочных газов при температуре  $T = 700-900^\circ\text{C}$ 

Температура газов, $T(^\circ\text{C})$	700	800	850	900
Динамическая вязкость, $\mu$ (kg/m·s)	$4.1 \times 10^{-6}$	$4.42 \times 10^{-6}$	$4.55 \times 10^{-6}$	$4.68 \times 10^{-6}$
Плотность топочных газов, (kg/m <sup>3</sup> )	0.363	0.330	0.315	0.301

Общая эффективность сепарации зольных частиц принималась равной массовой доле уловленных частиц, (достигающих основания пылевой камеры) от исходного общего массового содержания частиц в дисперсном потоке в газоходе.

### Основные положения используемых математических моделей

Как известно, течения вязкой жидкости, описываются системой уравнений Навье-Стокса, а для расчетов турбулентных течений применяются полуэмпирические модели турбулентности с использованием подхода Рейнольдса, состоящего в решении осредненных уравнений Навье-Стокса. Для моделирования турбулентного течения газовой фазы использовалась стандартная двухпараметрическая  $k$ - $\epsilon$  модель, а для моделирования пристеночных течений применен метод пристеночных функций, связывающих параметры течения с расстоянием от стенки. В этом случае метод пристеночных функций представляет собой решение для упрощенных случаев турбулентного течения. В основе упрощения лежат допущения о наличии локального равновесия энергии турбулентных пульсаций и вязкой диссипации, а также о постоянстве касательного напряжения вдоль слоя потока.

Для решения уравнения переноса энергии используется метод с разбиением расчетной области на контрольные объемы и интегрированием исходных уравнений сохранения по каждому контрольному объему для получения конечно-разностных соотношений [9].

В качестве модели движения дисперсной фазы для описания движения частиц выбран метод Лагранжа. Для анализа влияния турбулентности проведено статистическое осреднение по большому числу частиц, начинающих свое движение с одного места. Для моделирования влияния турбулентных пульсаций газа на смещение частиц использовался подход, основанный на моделировании смещения частицы относительно осредненного движения. В модели пренебрегалось влиянием частиц на турбулентные свойства несущей газовой среды. Влияние частиц на осредненное движение газа учитывалось на основе метода PSI-cell, предложенного Кроу [10]. Система дифференциальных уравнений является стандартной и заложена в пакет ANSYS FLUENT.

### Верификация модели

Численная методика тестировалась на известных результатах исследования [11] классической задачи о течении двухфазного потока за обратным уступом. Наши условия и условия работы [11] соответствуют автомодельной области по числу Рейнольдса.

Для выбора модели турбулентности были произведены тестовые расчеты течения без частиц с использованием стандартной  $k$ - $\epsilon$  модели, модели  $k$ - $\epsilon$ Chen и модели Ментора MSST. Вблизи уступа все три модели показали примерно одинаковый результат. Существенные различия проявляются на удалении от уступа, где лучше всего показала себя стандартная  $k$ - $\epsilon$  модель, которая была выбрана для дальнейших расчетов.

Для моделирования движения частиц проведено тестирование по Эйлеру и Лагранжу. На приведенном ниже рисунке 2 приведены рассчитанные поля скорости несущей газовой фазы и частиц, из которых видно, каким образом меняются скорости несущей газовой среды и твердых частиц за обратным уступом. При равной скорости обеих фаз дисперсного потока перед уступом, после него скорость несущей газовой фазы резко снижается, а скорость частиц сохраняет высокое значение на большем расстоянии.

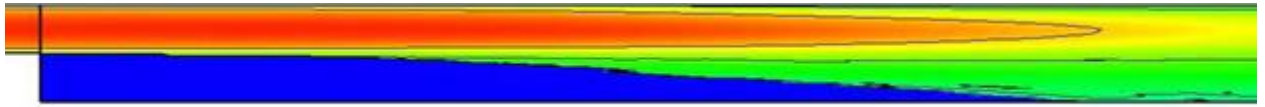


Рисунок 2 – Сравнение полей скорости несущей фазы (сверху) и частиц (снизу)

**Вариации геометрических параметров газохода с ЗУУ**

В процессе моделирования было рассмотрено шесть базовых вариантов с геометрическими параметрами, приведенными в таблице 4 и на рисунке 3а.

Таблица 4 – Исследуемые варианты конструктивно-режимных параметров

Варианты комбинаций параметров ЗУУ	Высота зауженного участка канала $h$ , m	Угол наклона верхней поверхности на входе	Радиус обтекаемой вершины $R$ , m	Ширина зазора в пылевую камеру, m
Конструктивные параметры ЗУУ				
1	2.5	45°	1.2	1.0
2	2.5	60°	1.2	0.7
3	2.5	45°	1.2	0.5
4	1.5	45°	1.2	0.3
5	1.0	45°	1.2	0.3
6	1.0	45°	0.9	0.3

Геометрия расчетной области в разрезе и в изометрии представлена на рисунке 3 (а, б). Расчетная сетка содержала около миллиона неструктурированных многогранных ячеек.

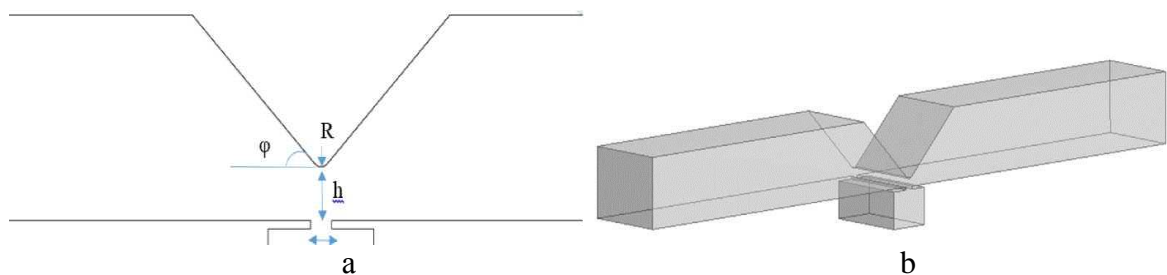


Рисунок 3 – Варьируемые параметры вариантов (а) и геометрия расчетной области (б)

Высота канала соответствовала высоте канала натурального газохода (9.6 m), а его ширина – соответственно 12 m. В качестве начальных условий задавались следующие значения: скорость потока на входе – 6.35 m/s; концентрация частиц на входе – 14.4 g/m<sup>3</sup>. Плотность частиц – 2 g/cm<sup>3</sup>; температура топочных газов – 850°С, фракционный состав частиц золы уноса Экибастузского угля в газоходе котла приведен выше в таблице 2.

**Результаты исследования**

Ниже приведены результаты по влиянию конструктивно-режимных параметров ЗУУ на изменение аэродинамической структуры и иных характеристик дисперсного потока, а также на эффективность улавливания зольных частиц. Результаты представлены в виде распределений характеристик потока топочных газов на участке сепарации частиц и ниже

по течению от него. Количественные показатели данных характеристик отражены в цветовой шкале.

*Вариант 1*

На рисунках 4-7 представлены результаты по распределению различных характеристик дисперсного потока на участке газохода с ЗУУ, соответствующие варианту 1 (табл. 4).

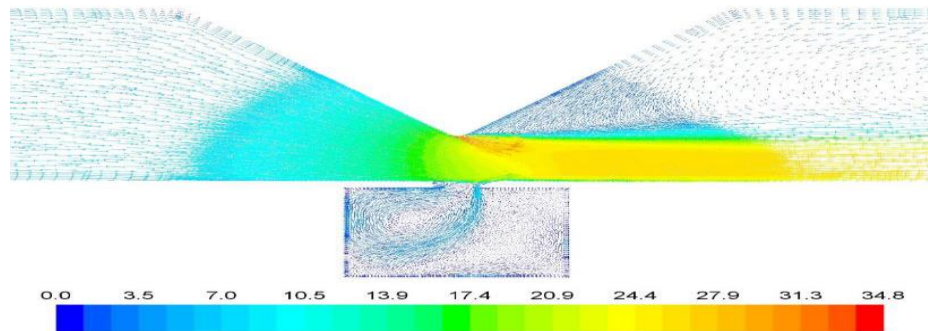


Рисунок 4 – Векторное поле скорости газа, м/с

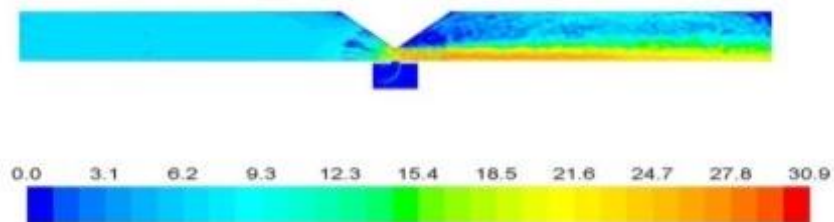


Рисунок 5 – Поле скорости частиц, м/с

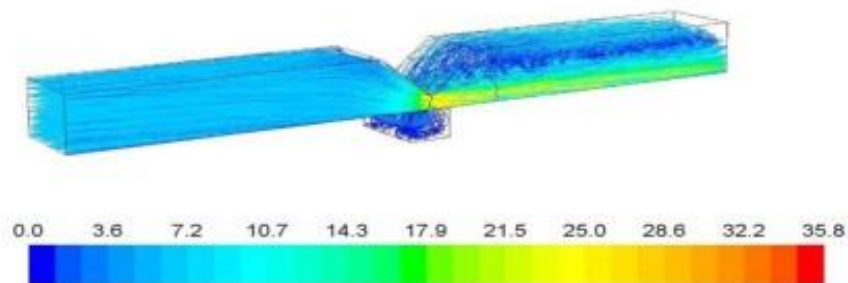


Рисунок 6 – Треки частиц

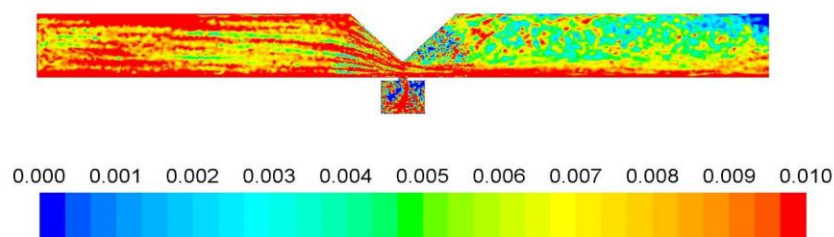


Рисунок 7 – Концентрация частиц,  $\text{kg/m}^3$ .

Из результатов по данному варианту видно, что на участке сепарации частиц происходит изменение аэродинамической структуры дисперсного потока (рисунки 4–7). Важной особенностью при этом является повышение концентрации частиц у основания газохода, сохраняющееся на значительном удалении от участка сепарации (рисунок 7), и

возникновение зон рециркуляции в канале за участком сепарации (рисунки 4–7) и в пылевой камере (рисунки 4 и 6). Что касается эффективности сепарации частиц, при варианте 1 она в соответствии с принятым выше критерием улавливания составила около 2.9% от общего массового расхода частиц в газоходе.

*Вариант 2*

Вариант 2 отличается от варианта 1 углом наклона верхней стенки газохода на входном и выходном участках. Из сравнения результатов расчетов (рис. 4 и рис.7) видны отличия в движении дисперсной среды в пылевой камере. В варианте 2 заметно смещение зоны рециркуляции газов от стенки к центру камеры (рисунок 8) и некоторое снижение процента сепарации частиц в пылевую камеру (2.7%).

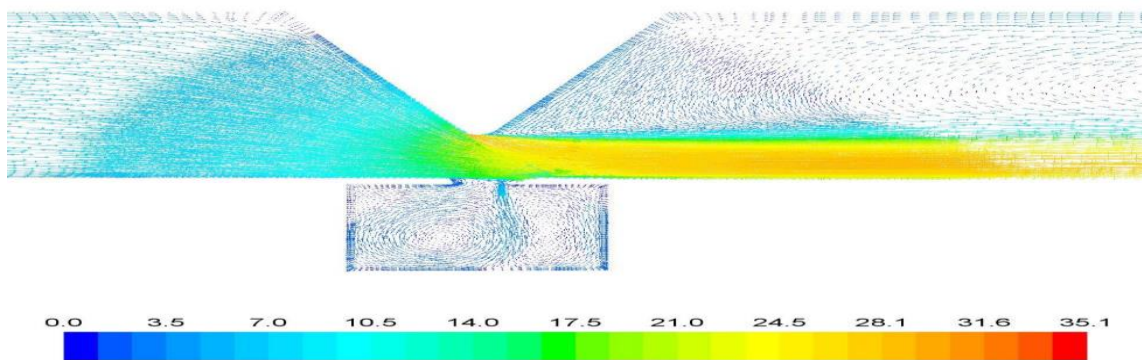


Рисунок 8 – Векторное поле скорости газа, м/с

*Вариант 3*

В варианте 3 рассмотрено влияние ширины зазора в пылевую камеру на процесс сепарации частиц сопоставлением результатов для вариантов 1 и 3. Анализ не показал значительного влияния данного параметра на характеристики движения полидисперсного потока, за исключением менее выраженной вихревой структуры в пылевой камере варианта 3 (рисунок 9) и некоторого повышения процента сепарации частиц в пылевой камере по сравнению с вариантом 1. Увеличение процента улавливания при меньшем размере зазора в пылевую камеру можно объяснить снижением обратного выноса частиц из пылевой камеры. Эффективность сепарации частиц по массе составила около 3%.

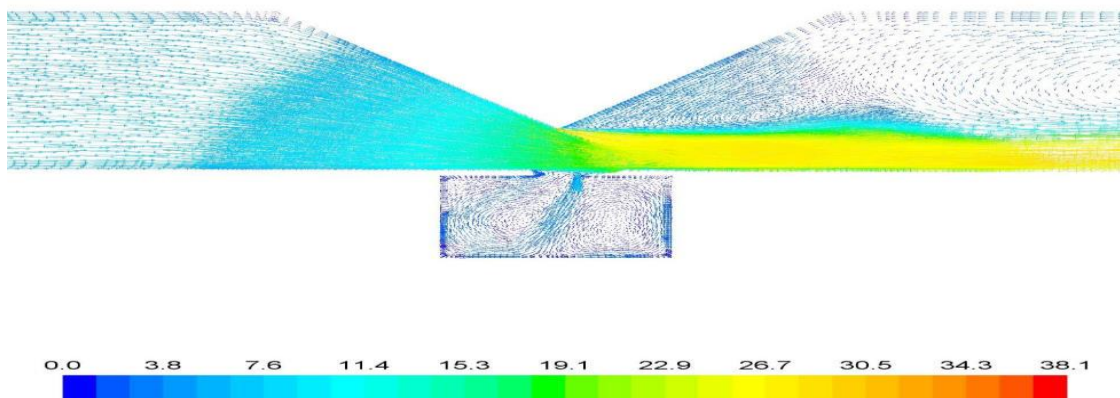


Рисунок 9 – Векторное поле скорости газа, м/с

*Вариант 4*

Основным отличием варианта 4 от рассмотренных выше является расстояние от обтекаемой вершины до основания канала и меньшей шириной зазора в пылевую камеру. Отмечено большее ускорение потока после зауженного участка и повышенная локальная концентрация зольных частиц у основания канала после суженного участка (рисунки 10 и



11), а также отличие в циркуляции потока в пылевой камере в виде разделения зоны циркуляции на две отдельные зоны. При этом процент сепарации составил 2.9 % по массе.

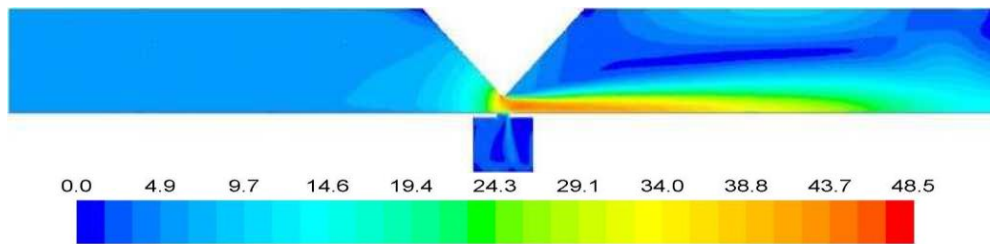


Рисунок 10 – Модуль вектора скорости газа, м/с

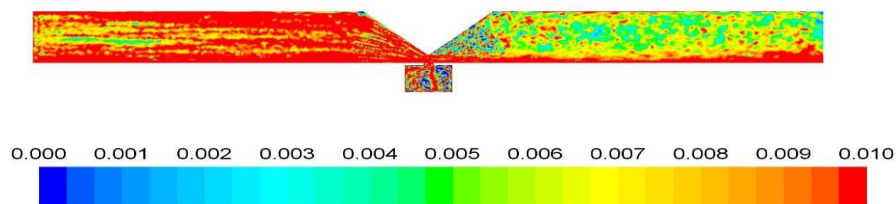


Рисунок 11 – Концентрация частиц,  $\text{kg/m}^3$

#### Вариант 5

В варианте 5 расстояние от обтекаемой вершины до основания снижено до 1 м. Установлено, что для варианта 5 дальнейшее снижение данного расстояния привело к разделению вихря в объеме пылевой камеры на два отдельных вихря (рисунок 12), а процент сепарации частиц при этом снизился до 2.5% по массе.

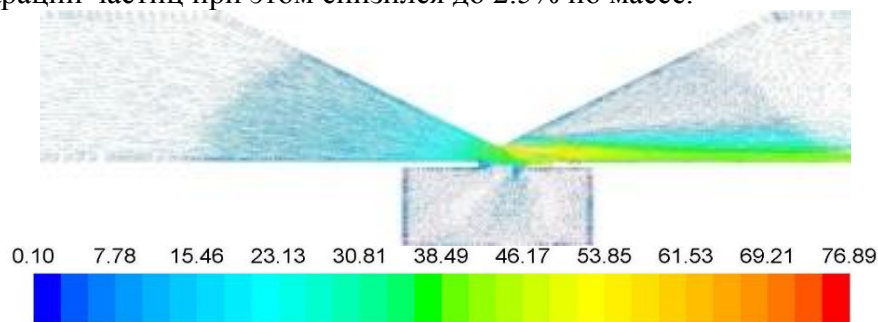


Рисунок 12 – Векторное поле скорости газа, м/с

#### Вариант 6

Данный вариант от предыдущего варианта 5 отличается радиусом обтекаемой вершины. В указанных пределах различие в данных параметрах не оказало заметного влияния на изменение характеристик потока и эффективность сепарации частиц.

#### Выводы

Результаты иллюстрируют происходящие перестройки в аэродинамической структуре несущей и дисперсной фаз при изменении конструктивных параметров ЗУУ. Отмечен ряд характерных закономерностей в структуре дисперсной фазы, из которых к наиболее существенным могут быть отнесены:

1. Перестройка полей скорости и концентрации частиц после зауженного участка канала приводит к существенному возрастанию концентрации частиц у основания канала, которое сохраняется на значительном удалении потока от участка сепарации.

2. Результаты показали, что создаваемые в пылевой камере вихревые структуры могут препятствовать осаждению частиц в камере и способствовать обратному выносу частиц в канал, что может оказаться причиной низкой эффективности золоулавливания. В

связи с этим было проведено экспериментальное исследование с целью поиска путей повышения эффективности предложенного решения. Результаты этой работы предполагается представить в следующих публикациях.

Исследование выполнено по гранту 5088/GF4 Комитета науки МОН РК.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- [1] Алияров Б. К. Освоение сжигания Экибастузского угля на тепловых электрических станциях. – Алматы: Гылым, 1996. - 271 с.
- [2] Пузырев Е.М., Кисляк С.М., Ильин Ю.М. Уловитель частиц - Патент РФ № 2071008, МКИ: P22B37/10/1996.
- [3] Резник В.А., Прокофичев Н.Н., Александрович Е.И. Поворотный пылегазопровод. - Патент РФ № 2059932, МКИ: P23L5/00/1996.
- [4] Сухинин В.И., Распутин О.В., Обухов И.В. Жалюзийный сепаратор. - Патент РФ № 2190158, МКИ: P23B02/2002.
- [5] Шишкин А. А., Шишкин А. А. Золоулавливающее устройство Шишкина. - Патент РК № 27945, F23 J 15/00, опубл. 25.12.2013.
- [6] Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод.- Под ред. Н. В. Кузнецова и др. - М., 1973, 295 с.
- [7] Щинников П. А. Природоохранные технологии ТЭС и АЭС, Гл.4.3 Удаление твердых частиц из дымовых газов. - Конспект лекций 2002, 87 с.
- [8] <https://www.sunspire.ru/articles/part7/>
- [9] Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. - М.: Энергоатомиздат, - 1984. 152 с.
- [10] Crow C.T. Sharma M.P., Stock D.E. The particle-Source-In Cell (PRICELL).- Model for gas droplet flows.-Journal of fluid Engineering, 1077, Pages 325-332.
- [11] Ruck B., Makiola B. Particle dispersion in single-sided backward-facing step flow.- Int. J. Multiphase Flow Vol.14 No. 6, 1988, Pages 787-800.

## **REFERENCES**

- [1] Aliyarov, B.K., (1996) Mastering of the Burning of Ekibastuz Coal at Thermal Power Plants, Almaty, Kazakhstan:
- [2] Puzyrev, E.M., Kislyak, S.M., and Ilyin, Yu.M., (1996) Particle Trap, Patent 2071008, fi led July 4, 1994, and issued December 27, 1996.
- [3] Reznik V.A., Prokofichev, N.N., and Aleksandrovich, E.I., (1996) Turning Pulverized-Fuel and Gas Conduit of Boiler, Russian Patent RU2059932C1,
- [4] Sukhinin, V.I., Rasputin, O.V. and Obukhov, I.V., (2002) Louver-Type Separator, Russian Patent RU2190158C1, accessed September 30, 2019,
- [5] Shishkin, A.A. and Shishkin, A.A., (2013) Shishkin's Ash Capturing Device, Patent KZ27945, fi led May 31, 2012, and issued December 25, 2013.
- [6] Kuznetsov, N.V. and ouhtr (1973) Thermal Calculation of Boiler Units, The Normative Method, Moscow: Energiya Press.
- [7] Schinnikov, P.A., (2002) Capturing Solids from Flue Gas, in Environmental Technologies of Thermal Power Plants and Nuclear Power Plants, Kaliningrad, Russia: Kaliningrad State Technical University, p. 87.
- [8] <https://www.sunspire.ru/articles/part7/>
- [9] Patankar, S.V., (1980) Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, Series on Computational Methods in Mechanics and Thermal Sciences, New York: Hemisphere Publ. Co.



[10] Crow C.T. Sharma M.P., Stock D.E. The particle-Source-In Cell (PRICELL).- Model for gas droplet flows.-Journal of fluid Engineering, 1077, Pages 325-332.

[11] Ruck B., Makiola B. Particle dispersion in single-sided backward-facing step flow.- Int. J. Multiphase Flow Vol.14 No. 6, 1988, Pages 787-800.

## ШАҢ-КӨМІР ҚАЗАНДЫҒЫ ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ОТТЫҚ ГАЗДАРЫНДАҒЫ КҮЛ ҚҰРАМЫН АЗАЙТУҒА АРНАЛҒАН ЖАҢА ТЕХНИКАЛЫҚ ШЕШІМДЕРДІҢ ЗЕРТТЕЛУІ

А.А. Шишкин<sup>1,2</sup>, А.А. Шишкин<sup>1,2</sup>, Н.Н. Душкина<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Академик Ш.Ч.Шокин атындағы ҚАЗҒЗЭИ ЖШС, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КеАҚ,  
Алматы қ., Қазақстан

**Аңдатпа.** Мақалада авторлар ұсынған күл ұстағыш құрылғыны қолдана отырып, қазандық агрегатының газ түтікшесінің бастапқы бөліміне күлдің сіңуінің тиімділігін сандық зерттеу нәтижелері келтірілген. Бұл құрылғының құрылымдық-пайдалану параметрлерінің күл бөлшектерін ұстау тиімділігіне әсерін бағалау нәтижелері берілген. Нәтижелерді талдау негізінде осы құрылғыны қазандық агрегаттың жылу алмасу беттерінің абразивті тозуын азайтуға мүмкіндік беретін күлдің ең үлкен бөлігін алу үшін пайдалануға болады деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

**Тірек сөздер:** қазандық агрегат, түтін газы, күл шығару, күл бөліктерін ұстау тиімділігі, эффективность улавливания частиц золы, абразивті әсерді төмендету.

## INVESTIGATION OF NEW TECHNICAL SOLUTION FOR REDUCTION OF ASH PARTICLES CONTENT IN COMBUSTION GASES OF PULVERIZED COAL BOILER

A.A. Shishkin<sup>1,2</sup>, A.A. Shishkin<sup>1,2</sup>, N.N. Dushkina<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>LLP “Kazakh Research institute of Energy named after Academician Sh. Ch. Chokin”,  
Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup> Non-profit JSC “Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named  
after Gumarbek Daukeev”, Almaty, Kazakhstan

**Abstract.** In the article the results of a numerical study of the efficiency of entrainment of fly ash in the initial section of the gas duct of a boiler unit using the ash collecting device proposed by the authors are presented. The results are based on the analysis; a conclusion was made about the possibility of using this device for separating the largest fraction of fly ash. This will reduce the abrasive wear of the heat transfer surfaces of the boiler unit.

**Key words:** boiler unit, flue gas, fly ash, the efficiency of collecting particles of ash, abrasive reduction.



## ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

МРНТИ 44.01.91

Т. Глущенко<sup>1</sup>, Т. Бедыч<sup>2</sup>

<sup>1</sup>А. Байтурсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті, Қостанай, Қазақстан

<sup>2</sup>Міржакып Дулатов атындағы Қостанай инженерлік-экономикалық университеті,  
Қостанай, Қазақстан

tatyana194@inbox.ru, tbedych@mail.ru

### ЖЕЛ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ ҚУАТЫН ТҰРАҚТАНДЫРУ

**Аңдатпа.** Авторлар қоршаған ортаны, энергия мен энергияны үнемдеуді және тұтынушылардың тәуелсіздігін дәстүрлі электрмен жабдықтау жүйесінен қорғауға бағытталған ауылдық жерлерде автономды электрэнергияжүйелерін пайдаланудың талдауы мен алғышарттарын ұсынады. Материал жаңғыртылатын энергияны пайдаланудың әлемдік тәжірибесі мен қазіргі тенденцияларға негізделген. Мақала Солтүстік Қазақстанға қолданылатын автономды электрэнергиялық жүйесінде жел мен күн энергиясын пайдалануды негіздейді. Жел электр станциялары мен фотоэлектрлік түрлендіргіштердің бірлескен қолданылуы қарастырылады, бұл жаңғыртылатын энергия көздерінен энергия ағынын әр түрлі биіктіктер мен төмен деңгейлермен тұрақтандыруға мүмкіндік береді, өйткені жел энергиясы қыста және жазда басым болады. Солтүстік Қазақстан жағдайында автономды электрэнергиясымен жабдықтау жүйесіне күн және жел энергиясын қосымша пайдалану көрсетілген, бұл жаңғыртылатын энергияның негізгі жетіспеушілігін - уақытында тұрақсыздықты жояды. Жел электр станциялары шығаратын қуаттылықтың жылдық кестесі және фотоэлектрлік түрлендіргіштің қуатының кестесі келтірілген. Автономды электрэнергиястанциясының жалпы қуаттылығына Қостанай облысындағы елді мекендердің жүктеме кестесімен салыстыру жасалады, бұл жаңғыртылатын энергия көздерінен автономды электрэнергияжүйесін пайдалану мүмкіндігін қамтамасыз етеді, осылайша елді мекеннің энергетикалық автономиясықамтамасыз етіледі.

**Тірек сөздер:** күн энергиясы, жел энергиясы, қуатты тұрақтандыру, автономды электрэнергияжүйесі.

#### Кіріспе

Бірнеше жүз ватт-тан бірнеше жүз киловатқа дейінгі қуаты бар автономды энергия қондырғылары экономиканың түрлі секторларында және географиялық аймақтарда кеңінен сұранысқа ие болып табылады, онда орталықтандырылған энергиямен жабдықтау жүйелерінен тыс халықтың көп саны тұрады. Бүгінде автономды тұтынушыларды энергиямен жабдықтау негізінен жанармаймен дизель-генераторлардың көмегімен қамтамасыз етіледі, оларды пайдалану отынды мерзімді жеткізу мен қызмет көрсетуге жұмсалатын үлкен шығындармен байланысты. Жоғарыда аталғандардан басқа мұндай қондырғыларды пайдаланудың қосымша теріс факторлары бар, оларға қоршаған ортаға және шу шығаратын өнімдердің шығарындылары жатады. Қоршаған ортаның отын контейнерлерімен ластануы маңызды экологиялық мәселе болып табылады.

Соңғы уақытта аралас дизель-жел немесе дизель-фотоэлектрлік автономды энергия қондырғылары кеңінен қолданылады, оларда жаңғыртылатын көздерді пайдалану органикалық отынды үнемдеуге мүмкіндік береді. Алайда мұндай техникалық шешімдер

мәселені түбегейлі шешпейді. Айта кету керек, олар тасымалданатын органикалық отынмен дәстүрлі қондырғыларға тән елеулі кемшіліктердің көпшілігіне алып келеді.

Мақаланың мақсаты тек жаңғыртылатын энергия көздерінде жұмыс істейтін автономды энергия қондырғыларын құру мүмкіндігін талдау. Ең әмбебап және барлық жерде қолжетімді күн және жел энергиясы басым.

### Материалдар мен тәсілдер

Ғылыми зерттеу барысында гипотезаны тексеру үшін әдістер қолданылды:

1. Жалпы ғылыми әдіс: зерттеу мәселесі бойынша әдеби көздерді талдау, эмпирикалық және теориялық деректерді жинақтау және жүйелеу;

2. Статистикалық деректерді өңдеу үшін эмпирикалық әдіс – математикалық өңдеу әдісі қолданылды.

Қазақстанда күн және жел энергиясының едәуір қоры бар. Күн энергиясының ресурстарын бағалау тұрғысынан алғанда, ең объективті болып жер бетінде күн радиациясының келуі туралы мәліметтер, кеңістікте бағытталған оңтайлы (яғни күн сәулесінің ең көп жиналуын қамтамасыз ететін). Күн коллекторлары мен фототүсіргіштер әдетте қозғалыссыз (Күнді бақылау жүйесінсіз) қабылдау бетін оңтүстікке бағдарлай отырып орнатылады. Бұл ретте жергілікті жердің кеңдігіне және қондырғыны пайдалану кезеңіне байланысты жыл бойы пайдалану кезінде шамамен ені, ал маусымдық (жылдың жылы кезеңі) – ені-10–15° тең қабылдағыштың көкжиекке еңісінің оңтайлы бұрышы бар. Бұл ретте әрбір географиялық нүкте қабылдағыштың көкжиекке еңісінің өзінің оңтайлы бұрышына сәйкес келетінін атап өткен жөн. Қазақстан Күн энергиясының үлкен ресурстарына ие екені белгілі.

Елдегі күн энергиясының ықтимал өндірілуі жылына 2,5 млрд кВт \* с бағаланып отыр. Күн көрісі басым аудандарға жылына Қазақстан аумағының 70% - ға жуығы жатады. Мұнда күн сәулесінің ұзақтығы 2800-ден 3000 сағатқа дейін өзгереді, бұл аумаққа күн радиациясының жылдық кірісі кемінде  $19 \cdot 10^{17}$  ккал құрайды, бұл 270 млрд.т. тең [1].

Жел энергиясына қатысты, Қазақстан аумағының 50% - ы желдің орташа жылдық жылдамдығы 4-5 м/с, ал бірқатар аудандар жел жылдамдығы 6 м/с және одан жоғары, бұл жел энергетикасын пайдалану үшін өте жақсы алғышарттарды алдын ала анықтайды. Сарапшылардың бағалауы бойынша, Қазақстан, жел энергетикасын дамыту үшін ең қолайлы жағдайлары бар әлем елдерінің бірі. Өте күшті желдер Каспий маңы, Қазақстанның орталығы мен солтүстігінде, Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысында орналасқан.  $10 \text{ МВт/км}^2$  деңгейінде ЖЭС қуатының тығыздығы мен едәуір бос кеңістіктердің болуын ескере отырып, Қазақстанда бірнеше мың МВт ЖЭС қуатын орнату мүмкіндігін болжауға болады. Кейбір мәліметтер бойынша Қазақстанның теориялық жел өті жылына шамамен 1820 млрд.кВт·сағ құрайды. Жоңғар қақпасында өте жоғары жел өті бар. Желдің орташа жылдық жылдамдығы мұнда 50 метр биіктікте 9,7 м/с, ал жел ағынының тығыздығы шамамен  $1050 \text{ Вт/м}^2$  құрайды. Бұл электр энергиясының белгіленген қуаты кВт-на 4400 кВт·с электр энергиясын өндіруге мүмкіндік береді, бұл орынды жел энергетикасының мақсаттары үшін бірегей етеді. Алматы қаласынан 150 км қашықтықта Іле Алатауы мен Жетісу жоталары арасында орналасқан Шелек дәлізі, сондай-ақ 50 метр биіктікте және жел ағынының тығыздығы шамамен  $510 \text{ Вт/м}^2$  болатын желдің орташа жылдық жылдамдығы 7,8 м/с болатын жақсы жел өті бар, бұл ЖЭС-тің белгіленген қуатының әрбір кВт-на шамамен 3200 кВт / с электр энергиясын өндіруге мүмкіндік береді. Бұл Еуропадағы жақсы жел орындарымен салыстыруға болады. Екі орын да, Жоңғар қақпасы мен Шелек дәлізі электр энергиясының үлкен тапшылығы бар аудандарда орналасқан, бұл осы жерлерде ЖЭС құрылысын тартымды етеді [2].

Күн және жел энергиясының елеулі кемшілігі энергетикалық ағындардың салыстырмалы төмен тығыздығы (күн энергиясы үшін орташа жылдық қуаты 200-250

Вт/м<sup>2</sup> аспайды, ал жел үшін (желдің орташа жылдамдығы 8-9 м/с кезінде), сондай-ақ олардың тұрақсыз және маусымдық және ауа райы жағдайларына тәуелділігі болып табылады.

Уақыт бойынша өзгертін үрдістер үшін (мысалы, су, жел және тәуліктің әр уақытында өзгеруі мүмкін) нүктесінде (бір режимде) қуат бойынша бағалардың дұрыс еместігін атап өту қажет.

Энергиямен қамтамасыз етудің орталықсыздандырылған жүйелерін құру кезінде тұтынушыларды электр энергиясымен қамтамасыз ету міндеті туындайды, оның өлшемдері қажетті талаптарды қанағаттандырады. Бұл мәселе жаңғыртылатын табиғи ресурстардың механикалық энергиясын пайдаланатын дәстүрлі емес көздер базасында жүйелерді құру кезінде аса өткір байқалады [3].

Электрмен жабдықтаудың автономды жүйелерінің негізгі мәселесі жаңғыртылатын энергия ағынының тұрақсыздығы болып табылады. Қостанай облысының елді мекені негізінде энергияны тұрақтандырудың ықтимал нұсқасын қарастырайық.

Метеодеректерді негізге ала отырып, Қостанай облысы үшін желдің орташа жылдамдығы 4,4 м/с тең, жел генераторын орнату және пайдалану үшін рұқсат етілген болып саналады [4].

Жел тізімімен дамитын қуатты анықтаймыз [5] өрнектеме бойынша:

$$P_{вк} = \rho \frac{A}{2} \cdot v^3 \cdot \zeta \quad (1)$$

мұндағы  $\rho$  - ауа тығыздығы кг/м<sup>3</sup>;

$A$  - жел илеу қанаттарымен қармау беті, м<sup>2</sup>;

$v$  - осы өңір үшін жел жылдамдығы, м/с;

$\zeta$  - жел энергиясын пайдалану коэффициенті =0,59.

Жел илегіш қанаттарымен қармау беті өрнекте орналасқан:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = 0,78 \cdot D^2 \quad (2)$$

мұндағы  $D$  - жел шоғырының диаметрі, м.

Есептеу үшін генерация қуатын қабылдаймыз жел генераторы, қуаты 100 кВт. ротордың диаметрі 25 м.

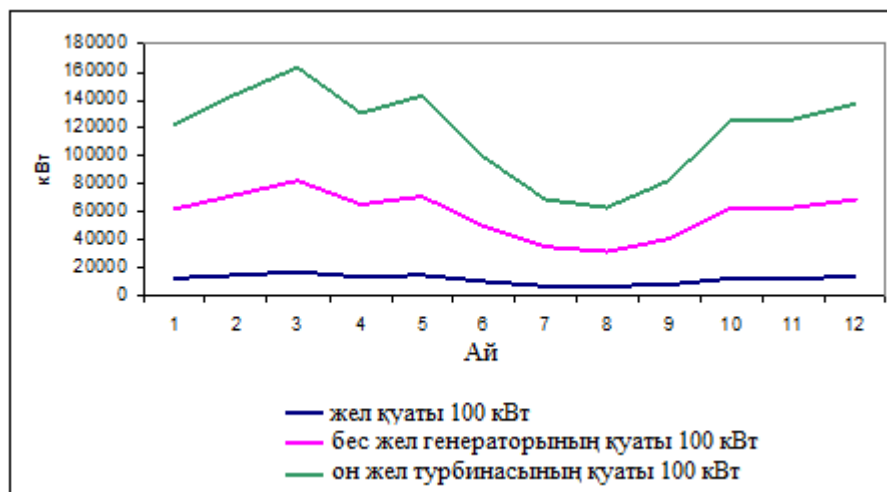
Есеп қаңтар ай үшін жасалады  $\rho = 1,48$  кг/м<sup>3</sup>. Деректерді формулаға кіргіземіз (1):

$$P_{вк} = 1,48 \frac{0,78 \cdot 25^2}{2} \cdot 4,3^3 \cdot 0,59 = 16922,5 \text{ Вт/сағ}$$

Сонымен қатар, Жылдың басқа айларына 1; 5 және 10 жел генераторларын қабылдап, есептейміз.

### Нәтижелері

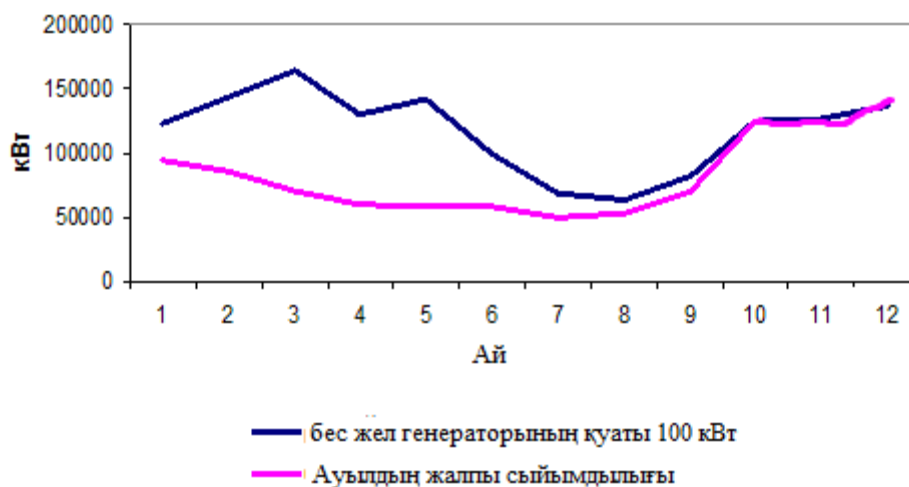
Есептеу нәтижелері кестеде берілген (сурет 1) генерацияланатын қуаттың бір, бес және он жел генераторларынан тұратын қондырғылары.



Сурет 1 - Жел генераторымен өндірілетін қуаттардың жылдық кестесі 100 кВт.

Бұл кестеде жел генераторлары шығаратын ең жоғары қуат Наурызға сәйкес, ал ең төменгі қуат – тамызға сәйкес[6].

Осылайша, егер он жел генераторларының генерацияланатын қуатын және Қостанай облысының Красная Пресня к.тұтынылатын қуатын салыстырсақ, жел генераторлары осы елді мекеннің қажеттіліктерін толық жабады дей аламыз (сурет 2).

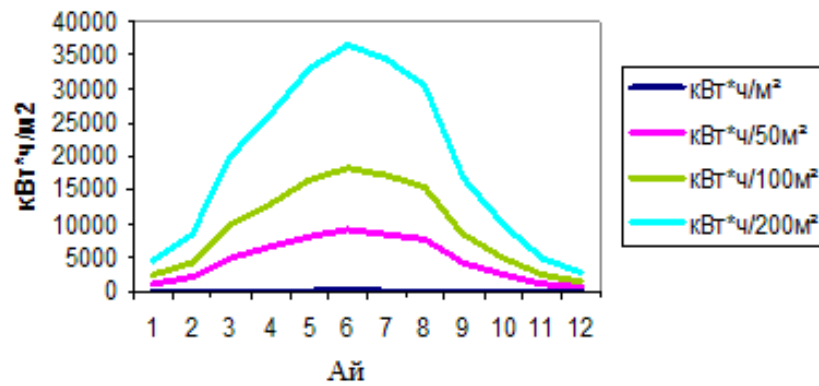


Сурет 2–10 жел генераторының қуаттылық кестесі 100 кВт және елді мекеннің жиынтық жүктемесі.

Бірақ, жел қондырғыларының қуатын есептеу кезінде жел жылдамдығының орташа мәні қолданылды. Сондықтан, елді мекеннің үздіксіз электрмен жабдықталуын қамтамасыз ету үшін автономды энергия жүйесі үшін күн фотоэлектр панелдерін (ФЭП) қолданамыз.

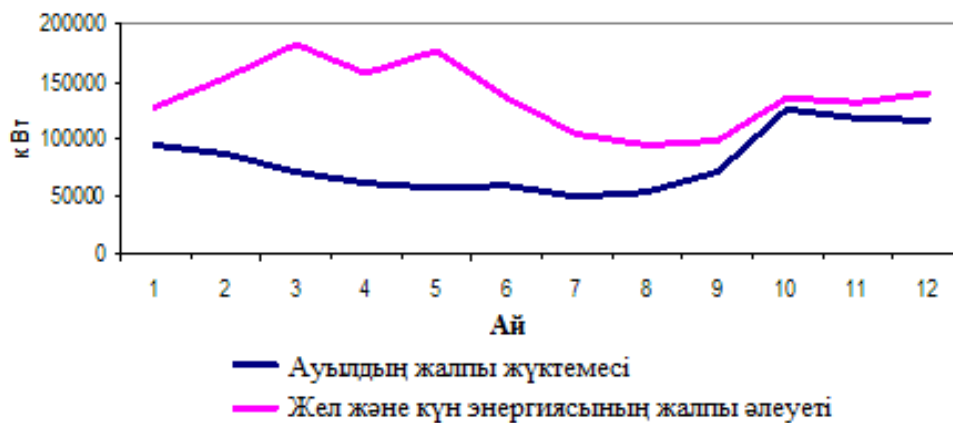
Күн панельдерінің қуатын таңдау елді мекеннің географиялық жағдайына қарай жүргізіледі. Аймақ үшін есептеу кезінде ұзақ кезеңдегі күн белсенділігі туралы статистикалық мәліметтер талданды. Алынған мәліметтер негізінде жер бетінің шаршы метріне күн ағынының орташаланған қуаты анықталды [5].

50 м<sup>2</sup>, 100 м<sup>2</sup>, 200 м<sup>2</sup> болатын күн панельдерінің қуатын есептеу негізінде осы елді мекен үшін ықтимал қуаттардың кестесі салынды (сурет 3).



Сурет 3– Әр түрлі алаңдардағы ФЭП қуаты

Жел қондырғылары мен ФЭП генерацияланатын қуаттарының кестелері оларды автономды энергия жүйесінде бірлесіп пайдалану жаңғыртылатын энергия ағындарын тұрақтандыру мәселесін шеше алатынын көрсетеді (сурет.4).



Сурет 4– Елді мекен жүктемесінің бір жылдағы жел және күн әлеуетінің жиынтық жүктемесі

### Қорытынды

Мақала авторлары Солтүстік Қазақстан үшін күн және жел энергиясының ресурстарын бағалауға тырысты. Жүргізілген есептеулер негізінде осы аймақ үшін жаңғыртылатын энергия көздеріне негізделген автономды энергия жүйелерін пайдалану нақты деп айтуға болады. Энергияның екі түрін бірлесіп пайдалану автономды электр энергиясының автономды жүйесінде өндірілетін қуатты тұрақтандырады және дәстүрлі энергияны пайдаланбай, елді мекенді толығымен энергиямен қамтамасыз етеді.



## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

[1] Хоу, Ю. Виду, Руксандра; Строев, Питер, Методы накопления солнечной энергии // Исследования в области промышленной и инженерной химии. 50, N 15, 2017, стр. 8954-8964

[2] Возобновляемые источники энергии 2013. Глобальный отчет о состоянии. Сеть по политике в области возобновляемых источников энергии в XXI веке. [www.ren21.net](http://www.ren21.net).

[3] Электроэнергетика глазами молодежи: научные труды IV Международной научно-технической конференции, вып.2, Новочеркасск, 14-18 октября 2013 г. / Министерство образования и науки Российской Федерации, Южно-Российское государство Политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платы. - Новочеркасск: Лик, 2015. - 462 с.

[4] Сысоев В.К., Пичхадзе, К.М. Фельдман Л. Я.; Арапов Е.А.; Лузянин А.С. Разработка концепции космической солнечной электростанции // Солнечные системные исследования Вып. 46, N 7, 2017, с. 548-554

[5] Тлеуов А.Х. Нетрадиционные источники энергии: Учебное пособие. - Астана: Фолиант, 2009. - 248 с.

[6] Стычинский З.А., Воропай Н.И., Возобновляемые источники энергии: теоретические основы, технологии, технические характеристики, экономика. Отто-фон-Герике-Университет Магдебурга, Магдебург 2010, 223 с.

## REFERENCES

[1] Khou, YU; Vidu, Ruksandra; Stroyev, Piter, Metody nakopleniya solnechnoy energii // Issledovaniya v oblasti promyshlennoy i inzhenernoy khimii. 50, N 15, 2017, str. 8954-8964

[2] Vozobnovlyayemyye istochniki energii 2013.Global'nyy otchet o sostoyanii. Set' po politike v oblasti vozobnovlyayemykh istochnikov energii v XXI veke. [www.ren21.net](http://www.ren21.net).

[3] Elektroenergetika glazami molodezhi: nauchnyye trudy IV Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, vyp.2, Novochoerkassk, 14-18 oktyabrya 2013 g. / Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii, Yuzhno-Rossiyskoye gosudarstvo Politekhnicheskiiy universitet (NPI) im. M.I. Platy. - Novochoerkassk: Lik, 2015. - 462 s.

[4] Sysoyev V.K. ; Pichkhadze, K. M. ; Fel'dman L. YA. ; Arapov Ye.A. ; Luzyanin A.S. Razrabotka kontseptsii kosmicheskoy solnechnoy elektrostantsii // Solnechnyye sistemnyye issledovaniya Vyp. 46, N 7, 2017, s. 548-554

[5] Tleuov A.KH. Netraditsionnyye istochniki energii: Uchebnoye posobiye. - Astana: Foliant, 2009. - 248 s.

[6] Stychinskiy Z.A., Voropay N.I. Vozobnovlyayemyye istochniki energii: teoreticheskiye osnovy, tekhnologii, tekhnicheskkiye kharakteristiki, ekonomika. Otto-fon-Gerike-Universitet Magdeburga, Magdeburg 2010, 223 s.

## STABILIZATION OF POWER OF WIND POWER INSTALLATIONS

**T. Glushchenko<sup>1</sup>, T. Bedych<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Kostanay State University named after A. Baitursynov,  
Kostanay, Kazakhstan

<sup>2</sup>Kostanay Engineering and Economic University named after  
Myrzhakypa Dulatova, Kostanay, Kazakhstan

tatyana194@inbox.ru, [tbedych@mail.ru](mailto:tbedych@mail.ru)

**Adstarct.** The authors provide an analysis and prerequisites for the use of autonomous electric power systems in rural areas, aimed at protecting the environment, energy conservation and consumer independence from the traditional power supply system. The material is based on world experience in the use of renewable energy and current trends. The use of wind and solar energy in an autonomous electric power system in relation to Northern Kazakhstan is justified in the article. The balanced use of wind power plants and photovoltaic converters is considered. This makes it possible to stabilize energy flows from renewable energy sources with various annual maximums and minimums, since wind energy predominates in winter and solar in summer. The complementary use of solar and wind energy for an autonomous power supply system in northern Kazakhstan is shown. This eliminates the main disadvantage of renewable energy - instability over time. Annual graphs of the generated power by wind power plants and graphs of the power of photovoltaic converters are given. A comparison of the total capacity of an autonomous electric power installation with the load schedule of a settlement in the Kostanai region, proving the possibility of using an autonomous electric power system from renewable energy sources, is presented. This provides energy autonomy of the village.

**Key words:** solar energy, wind energy, power stabilization, autonomous electric power system.

## СТАБИЛИЗАЦИЯ МОЩНОСТИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Т. Глущенко<sup>1</sup>, Т. Бедыч<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова,  
Костанай, Қазақстан

<sup>2</sup>Костанайский инженерно-экономический университет имени Мыржакыпа Дулатова,  
Костанай, Қазақстан  
[tatyana194@inbox.ru](mailto:tatyana194@inbox.ru), [tbedych@mail.ru](mailto:tbedych@mail.ru)

**Аннотация.** Авторами приведен анализ и предпосылки использования автономных электроэнергетических систем в сельской местности, направленный на охрану окружающей среды, энергоресурсосбережение и независимость потребителей от традиционной системы электроснабжения. Материал опирается на мировой опыт использования возобновляемой энергии и современные тенденции. В статье обосновано использование энергии ветра и энергии Солнца в автономной электроэнергетической системе применительно к Северному Казахстану. Рассмотрено совместное использование ветроэнергетических установок и фотоэлектрических преобразователей, позволяющее стабилизировать потоки энергии от возобновляемых источников энергии с различными годовыми максимумами и минимумами, так как в зимний период преобладает ветровая энергия, а в летний период – солнечная. Показано взаимодополняющее использование энергии солнца и энергии ветра для автономной системы электроснабжения в условиях Северного Казахстана, что позволяет устранить основной недостаток возобновляемой энергии – нестабильность во времени. Приведены годовые графики генерируемой мощности ветроэнергетическими установками и графики мощности фотоэлектрических преобразователей. Приведено сравнение суммарной мощности автономной электроэнергетической установки с графиком нагрузки населенного пункта Костанайской области, доказывающее возможность применения автономной электроэнергетической системы от возобновляемых источников энергии, тем самым обеспечивая энергетическую автономность населенного пункта.

**Ключевые слова:** энергия солнца, энергия ветра, стабилизация мощности, автономная электроэнергетическая система.



## ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

МРНТИ 44.39.03

УДК 621.311.001

**Р.М. Ильясов, А.А. Бердалиева, В.А. Овчинников, Н.С. Файз, А.Т. Апсеметова**

Южно-Казахстанский государственный университет имени М.О. Ауэзова, г.Шымкент,  
Казахстан

[irm50@mail.ru](mailto:irm50@mail.ru), [aydin\\_01@mail.ru](mailto:aydin_01@mail.ru), [nkt285@mail.ru](mailto:nkt285@mail.ru), [nursultan90faiz@mail.ru](mailto:nursultan90faiz@mail.ru),  
[aaizgan@mail.ru](mailto:aaizgan@mail.ru)

### ГЕНЕРАЦИЯ ВОЛН РОССБИ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ ДЛЯ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

**Аннотация.** В данной статье сделан обзор известных моделей, описывающих изменения профиля скорости ветра на разных уровнях в пограничном слое над шероховатыми поверхностями. Приведены уравнения, описывающие профиль ветра в приземном слое. Показаны отношения, связывающие параметры профиля ветра между собой. Проведен анализ возможности искусственной генерации локальных вихревых атмосферных потоков для повышения эффективности работы мощных ветроэнергетических установок. В этом направлении исследованы известные волны Россби, частота которых меньше частоты вращения планеты  $\omega_0$  и инерционные волны, частота которых близка к  $\omega_0$ . Совместно эти волны могут образовывать уединенные вихри с радиусами большими радиуса (скорости Россби). В работе приведены математические модели, описывающие волны во вращающейся атмосфере. Выявлена зависимость этих волн от высоты пограничного слоя атмосферы. Проведен математический анализ возникновения одиночного вихря. Получено уравнение по форме сходное с уравнением изменения плотности плазмы под влиянием высокочастотного давления ленгмюровских волн. Решение этого стационарного уравнения позволило получить уравнение для амплитуды скорости вихря. При определенных соотношениях параметров, входящих в это уравнение, можно получить решение, характерное свойствам земного тайфуна. Тайфун представляет собой систему очень сильных ветров, дующих по спирали вокруг безветренного центра.

Большой интерес представляет искусственная генерация таких локальных вихрей для повышения эффективности работы мощных ветроэнергетических установок в плане концентрации энергии воздушного потока в плоскости ометаемой поверхности установки, а также временной стабильности его параметров в пространстве.

**Ключевые слова:** поверхность, турбулентные пульсации, искусственная генерация, волны Россби.

#### Введение

Изучение динамики изменения профиля скорости ветра над поверхностью является актуальным для промышленной ветроэнергетики.

Профиль скорости ветра зависит от подстилающей поверхности, например в работе [1], было смоделировано поле ветра на разных уровнях в пограничном слое над большим промышленным городом.

В работе [2] представлено исследование закономерностей изменения скоростей ветра в зависимости от рельефа, типа и шероховатости подстилающей поверхности.

В приземном подслое (до 100 метров [3]) длина пути смещения растет с высотой, а наиболее простая связь, предложенная Прандтлем, выглядит следующим образом:

$$l = \chi z \quad (1)$$

где  $l$  – длина пути смешения,  $z$  – высота,  $\chi$  – безразмерная постоянная Прандтля, значение которой установлено экспериментально из аэродинамических измерений и равна 0,38.

При таком определении пути смешения получается логарифмический профиль скорости в приземном подслое [5]:

$$u - u_1 = \frac{V_*}{\chi} \ln \frac{z}{z_1} \quad (2)$$

где  $u$  – скорость ветра,  $u_1$  – скорость ветра на некоторой высоте  $z_1$ ,  $V_* = \chi z \frac{\partial u}{\partial z}$  – динамическая составляющая скорости.

Подстилающие поверхности под приземным слоем обычно являются шероховатыми. Шероховатость  $z_0$  вводится из соображений, что вследствие неровностей подстилающей поверхности средняя скорость обращается в нуль не на самой подстилающей поверхности, а выше ее, на некотором уровне  $z_0$ , ниже которого имеют место только турбулентные пульсации.

Тогда, заменив в (2)  $z_1 = z_0$ ,  $u_1 = 0$ , получим

$$u = \frac{V_*}{\chi} \ln \frac{z}{z_0} \quad (3)$$

Коэффициент турбулентности имеет следующее выражение:

$$k = \chi V_* z \quad (4)$$

Введем:

$$\frac{k_1}{\chi^2} \ln \left( \frac{h}{z_0} \right) = V_g (\cos \alpha - \sin \alpha) k_1 = \chi V_* \quad (5)$$

где  $k_1$  – значение коэффициента турбулентности на единичной высоте  $z = 1$  м, следовательно:

$$k = k(z) = k_1 z \quad (6)$$

Для предотвращения бесконечности логарифма на высоте равной 0 уравнение профиля скорости ветра запишется в виде:

$$u = \frac{k_1}{\chi^2} \ln \left( \frac{z + z_0}{z_0} \right) \quad (7)$$

Пограничным слоем атмосферы называется слой от подстилающей поверхности до уровня порядка 1-1,5 км [4].

Скорость ветра в приземном слое описывается логарифмическим законом:

$$V = \frac{k_1}{\chi^2} \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \quad (8)$$

При  $z < h$  [4] составляющие скорости в приземном подслое будут иметь следующий аналитический вид:

$$\left\{ \begin{aligned} u &= \frac{k_1}{\chi^2} \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \cos(\alpha), \\ v &= \frac{k_1}{\chi^2} \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \sin(\alpha) \end{aligned} \right. \quad (9)$$

где  $\alpha$  – угол между направлением геострофического ветра и ветра в приземном подслое, при  $z < h$ .

Параметры профиля ветра в приземном слое описываются следующими уравнениями

$$u = \frac{k_1}{\chi^2} \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \cos(\alpha), \quad v = \frac{k_1}{\chi^2} \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \sin(\alpha)$$

При  $z > h$

$$u = V_g - \frac{k_1}{\chi^2} \sqrt{\frac{k_1}{2h\omega_z}} \exp \left( -\sqrt{\frac{\omega_z}{k_1 h}} (z-h) \right) \cos \left[ \sqrt{\frac{\omega_z}{k_1 h}} (z-h) + \frac{\pi}{4} - \alpha \right]$$

$$v = \frac{k_1}{\chi^2} \sqrt{\frac{k_1}{2h\omega_z}} \exp \left( -\sqrt{\frac{\omega_z}{k_1 h}} (z-h) \right) \sin \left[ \sqrt{\frac{\omega_z}{k_1 h}} (z-h) + \frac{\pi}{4} - \alpha \right]. \quad (10)$$

При этом параметры профиля ветра связаны между собой следующими соотношениями

$$\alpha = \frac{\pi}{4} - \delta, B = \frac{k_1}{\chi^2} \sqrt{\frac{k_1}{2h\omega_z}}, \operatorname{ctg} \alpha = 1 + 2 \sqrt{\frac{h\omega_z}{k_1}} \quad (11)$$

где  $B$  – обобщённый параметр профиля ветра в приповерхностном слое

$$\frac{k_1}{\chi^2} \ln \left( \frac{h}{z_0} \right) = V_g (\cos \alpha - \sin \alpha). \quad (12)$$

#### Материалы и методы исследования

В длинноволновом пределе в атмосфере известны три типа колебаний: волны Россби, частота которых меньше частоты вращения планеты  $\omega_0$ , инерционные волны, частота которых близка к  $\omega_0$  и длинноволновые гравитационные волны, с частотой  $\omega \gg \omega_0$ . Волны Россби и инерционные волны могут образовывать уединенные вихри с размерами, большими радиуса Россби, вращающиеся и перемещающиеся в направлении против вращения планеты. Скорость их порядка дрейфовой скорости (скорости Россби). Такие вихри соответствуют тайфунам на Земле и возникают из-за закручивания ветра силой Кориолиса, и надолго сохраняют свою форму. В работе [6] получена следующая система уравнений, описывающая волны во вращающейся атмосфере, глубина которой много меньше длины волны:

$$\frac{dv}{dt} = -gH_0 \nabla h + f [v\xi] \quad (13)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \operatorname{div} v (1+h) = 0 \quad (14)$$

где  $v$  – горизонтальная составляющая скорости атмосферы;

$f = 2\omega_0 \sin \alpha$  где  $\alpha$  – широтный угол;

$\xi$  – единичный вектор вдоль вертикали;

$g$  – ускорение силы тяжести;

$H_0$  – глубина однородной атмосферы;

$h = (H - H_0) / H_0$  – относительное возмущение глубины атмосферы.

В этой модели атмосфера представляется как несжимаемая жидкость постоянной глубины  $H_0$ . Дисперсионное уравнение малых колебаний имеет вид:

$$\omega(1 + k^2 r_0^2 - \omega^2 / f^2) = -k_\varphi \mathcal{D}_* \quad (15)$$



где  $r_0 = (gH_0)^{1/2} / f$  ;  
 $\mathcal{G}_* = gH_0 / 2\omega_0 R \sin^2 \alpha$   
 $r_0$  – радиус Россби, а  $\mathcal{G}_*$  – дрейфовая скорость Россби;  
 $R$  – радиус планеты;  
 $k_\varphi$  – проекция волнового вектора колебаний на параллель.

Уравнение (15) описывает две ветви. Ветвь, частота которой меньше  $f$ , соответствует волнам Россби:

$$\omega = -\frac{k_\varphi \mathcal{G}_*}{1 + k^2 r_0^2} \quad (16)$$

При частотах много больше  $f$  имеем гравитационные волны на мелкой воде. При  $\omega \sim f$  получается дисперсионное уравнение инерционных волн в мелкой вращающейся атмосфере.

$$\omega = f \left( 1 + \frac{k^2 r_0^2}{2} \right). \quad (17)$$

В работе [7] показано, что волны Россби могут образовывать уединенный вихрь. Для выведения упрощенного уравнения, описывающего только волны Россби. Разложим уравнение (13) в ряд по степеням  $\omega/f$ :

$$v = g \frac{H_0}{f} [\xi \nabla h] - g \frac{H_0}{f^2} \nabla \frac{\partial h}{\partial t} - r_0^2 \frac{\partial \nabla h}{\partial t} - f r_0^4 ([\xi \nabla h] \nabla) \nabla h + \dots \quad (18)$$

Подставляя (18) в (13) и опуская малые члены, получим искомое замкнутое уравнение относительно  $h$ :

$$\frac{\partial}{\partial t} (h - r_0^2 \Delta h) - \frac{\mathcal{G}_*}{R} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left( h + \frac{h^2}{2} \right) = f r_0^4 ([\xi \nabla h] \nabla) \Delta h \quad (19)$$

### Результаты и обсуждение

Анализируя уравнения (16) и (19) видно, что волны Россби похожи на дрейфовые волны в плазме. Это определяется тем, что во вращающейся атмосфере и замагниченной плазме действуют силы Кориолиса и силы Лоренца, которые близки по своим свойствам. При этом роль радиуса Лармора играет радиус Россби. Уравнение (19) имеет стационарное решение:

$$h = F \left( \varphi + \frac{ut}{R}, \alpha \right),$$

где  $F$  удовлетворяет уравнению:

$$r_0^2 \Delta F = \left( 1 - \frac{\mathcal{G}_*}{u} \right) F - \frac{3\mathcal{G}_*}{2u} F^2 + F_1 \left( F - \frac{u}{2\mathcal{G}_*} \right), \quad (20)$$

где  $F_1$  произвольная функция, которая должна быть равна нулю для уединенного вихревого решения.

Постоянная  $u/R$  есть угловая скорость перемещения вихря вдоль параллели. Если размеры вихря много меньше  $R$ , тогда в нулевом приближении  $\mathcal{G}_*$  можно считать

постоянной. В этом случае получим решение, зависящее только от расстояния  $r$  в горизонтальной плоскости до центра вихря:

$$F = \frac{2r_0}{3L} G\left(\frac{r}{L}\right) \quad (21)$$

где  $L$  – характерный размер вихря.

Колебания с частотой  $\omega \sim f$  (инерционные волны) также могут образовывать одиночный вихрь. Основным фактором при этом является высокочастотное давление, приводящее к образованию потенциальной ямы на волнах Россби. Это препятствует дисперсионному расплыванию инерционных волн и приводит к образованию одиночного вихря. Введем переменные:

$$\begin{aligned} A &= \text{div} \mathcal{G}, \\ B &= \text{rot}_\xi \mathcal{G}, \\ P &= h \mathcal{G}, \\ N &= \mathcal{G} \nabla \mathcal{G}. \end{aligned} \quad (22)$$

Будем считать, что все переменные зависят от времени в виде

$$A = A_0 + A_1 \exp(ift) + A_2 \exp(i2ft) + \dots + A_n \exp(inft) \quad (23)$$

Предполагая, что первая гармоника значительно больше остальных в линейном приближении имеем

$$\begin{aligned} h_1 &= iA_1 / f, \\ B_1 &= iA_1. \end{aligned} \quad (24)$$

Первая гармоника оказывает высокочастотное давление на атмосферу. Вследствие этого глубина атмосферы меняется на величину  $h_0$  и ее можно вычислить из уравнения непрерывности (14).

$$\frac{\partial h_0}{\partial t} - \mathcal{G}_* \frac{\partial h_0}{\partial \varphi} - r_0^2 \Delta \frac{\partial h_0}{\partial t} = \mathcal{G}_* \frac{\partial |\mathcal{G}_1|^2}{\partial \varphi gH_0}. \quad (25)$$

Считая, что вихрь бежит со скоростью  $c$  вдоль параллели,  $\frac{\partial}{\partial t}$  можно заменить на  $\frac{c \partial}{\partial \varphi}$ .

Тогда

$$r_0^2 \Delta h_0 = \left(1 - \frac{\mathcal{G}_*}{c}\right) h_0 - \frac{\mathcal{G}_*}{c} \frac{|\mathcal{G}_1|^2}{gH_0}. \quad (26)$$

Это уравнение по форме сходно с уравнением изменения плотности плазмы под влиянием высокочастотного давления ленгмюровских волн [8].

Решая стационарное уравнение (26) в результате преобразования которого, получаем уравнение для амплитуды скорости вихря.

$$(1 + h_0) \Delta_{m-1} u = \frac{2\Omega f u}{g H_0} - 3 \frac{\partial u}{\partial r} \frac{\partial h_0}{\partial r} - \frac{(m-1)}{r} u \frac{\partial h_0}{\partial r} +$$

$$+ \frac{1}{r^{1-m}} \int r^{1-m} dr \left( \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{m-1}{r} u \right) \Delta h_0 \quad (27)$$

Решение этого уравнения при  $m = 0$  показывает, что линии тока вихря расположены по спиралям, вдоль которых происходит осцилляция с атмосферы с частотой  $f$ . При  $m = 0$  эти осцилляции происходят в фазе. Если в вихре  $m = 1$ , то в диаметрально противоположных точках вихря осцилляции скорости атмосферы происходят в противофазе. Характерное значение радиуса Россби и дрейфовой скорости определяется эффективной высотой однородной атмосферы. Дрейфовая скорость примерно равна 20-50 м/сек., что соответствует его скорости распространения.

### Выводы

В атмосфере Земли наблюдаются уединенные вихри, размер которых порядка радиуса Россби, что много больше глубины самой атмосферы. К таким вихрям, прежде всего, следует отнести тропические циклоны или тайфуны, образующиеся в атмосфере Земли.

Для практического применения уединенных вихрей, в целях повышения эффективности работы мощных ветроэнергостановок, необходимо проведение дальнейших исследований по двум направлениям:

- условия возникновения таких вихрей, их большое время жизни по сравнению с характерным временем периода вращения планеты и методы их разрушения;
- методы искусственной генерации уединенных вихрей в приземном слое атмосферы, способы дистанционного управления аэродинамическими параметрами вихря, а также его стабилизация в пространстве.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Berdaliyeva A.A., Ovchinnikov V.A., Jakenova B.J., Faiz N., Inga Konstantinaviciute. Remote measurement of parameters of near-surface turbulent air flows for wind turbines of medium and high power with active aerodynamic blade surfaces. «Industrial technology and engineering», №2 (27). 2018. – p. 37-42.

[2] Млявая Г.В. Влияние параметров шероховатости подстилающей поверхности на скорость ветра // Ecologia și Geografia. Buletinul AȘM. Științele vieții. 2014. № 2(323). С. 181-187.

[3] Chitrakar S., Thapa B.S., Dahlhaug O.G. Numerical and experimental study of the leakage flow in guide vanes with different hydrofoils // Journal of Computational Design and Engineering, 2017, vol. 4, no.3. С. 218 - 230.

[4] Belonenko T. V., Bashmachnikov I. L., Kubryakov A. A. Horizontal advection of temperature and salinity by Rossby waves in the North Pacific // Intern. J. Remote Sensing. 2018. No. 39. Iss. 8. P. 2177–2188.

[5] Lukianova R., Kozlovsky A., Shalimov S., Ulich T., Lester M. Thermal and dynamical perturbations in the winter polar mesosphere-lower thermosphere region associated with sudden stratospheric warmings under conditions of low solar activity // Journal of Geophysical Research: Space Physics, 2015. Volume 120, Issue 6, pp. 5226-5240.

[6] Laskar, F. I., and D. Pallamraju (2015), Does sudden stratospheric warming induce meridional circulation in the mesosphere thermosphere system? // J. Geophys. Res. Space Physics, 119, 10,133–10,143, doi:10.1002/2014JA020086.

[7] Miyoshi, Y., H. Fujiwara, H. Jin, and H. Shinagawa (2015), Impacts of sudden stratospheric warming on general circulation of the thermosphere // J. Geophys. Res. Space Physics, 120, 10,897–10,912, doi:10.1002/2015JA021894.

[8] Pedatella, N. M., and A. Maute (2015), Impact of the semidiurnal lunar tide on the midlatitude thermospheric wind and ionosphere during sudden stratosphere warmings// J. Geophys. Res. Space Physics, 120, 10,740–10,753, doi:10.1002/2015JA021986.

## REFERENCES

[1] Berdaliyeva A.A., Ovchinnikov V.A., Jakenova B.J., Faiz N., Inga Konstantinaviciute. Remote measurement of parameters of near-surface turbulent air flows for wind turbines of medium and high power with active aerodynamic blade surfaces. «Industrial technology and engineering», №2 (27). 2018. – p. 37-42.

[2] Mlyvay G.V. Vliynie pfrfmetrov sherohovatosti podstilayuschei poverhnosti na skorost vetra ветра // Ecologia și Geografia. Buletinul AȘM. Științele vieții. 2014. № 2(323). C. 181-187.

[3] Chitrakar S., Thapa B.S., Dahlhaug O.G. Numerical and experimental study of the leakage flow in guide vanes with different hydrofoils // Journal of Computational Design and Engineering, 2017, vol. 4, no.3. C. 218 - 230.

[4] Belonenko T. V., Bashmachnikov I. L., Kubryakov A. A. Horizontal advection of temperature and salinity by Rossby waves in the North Pacific // Intern. J. Remote Sensing. 2018. No. 39. Iss. 8. P. 2177–2188.

[5] Lukianova R., Kozlovsky A., Shalimov S., Ulich T., Lester M. Thermal and dynamical perturbations in the winter polar mesosphere-lower thermosphere region associated with sudden stratospheric warmings under conditions of low solar activity// Journal of Geophysical Research: Space Physics, 2015. Volume 120, Issue 6, pp. 5226-5240.

[6] Laskar, F. I., and D. Pallamraju (2015), Does sudden stratospheric warming induce meridional circulation in the mesosphere thermosphere system? // J. Geophys. Res. Space Physics, 119, 10,133–10,143, doi:10.1002/2014JA020086.

[7] Miyoshi, Y., H. Fujiwara, H. Jin, and H. Shinagawa (2015), Impacts of sudden stratospheric warming on general circulation of the thermosphere // J. Geophys. Res. Space Physics, 120, 10,897–10,912, doi:10.1002/2015JA021894.

[8] Pedatella, N. M., and A. Maute (2015), Impact of the semidiurnal lunar tide on the midlatitude thermospheric wind and ionosphere during sudden stratosphere warmings// J. Geophys. Res. Space Physics, 120, 10,740–10,753, doi:10.1002/2015JA021986

## МАҚСАТТЫ БАҒЫТТА ҚОЛДАНУ ҮШІН АТМОСФЕРАНЫҢ ЖЕР АСТЫ ҚАБАТЫНДА РОССБИ ТОЛҚЫНЫН ГЕНЕРАЦИЯЛАУ

**Р.М. Ильясов, А.А. Бердалиева, В.А. Овчинников, Н.С. Файз, А.Т. Апсметова**

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент қ.,  
Қазақстан

[irm50@mail.ru](mailto:irm50@mail.ru), [aydin\\_01@mail.ru](mailto:aydin_01@mail.ru), [nkt285@mail.ru](mailto:nkt285@mail.ru), [nursultan\\_90faiz@mail.ru](mailto:nursultan_90faiz@mail.ru),  
[aaizgan@mail.ru](mailto:aaizgan@mail.ru)

**Аңдатпа.** Бұл мақалада жердің бұдыр қабаттарынан жоғары орналасқан жерге жақын қабаттардың әр түрлі деңгейлерінде желдің жылдамдық профилінің өзгерісін сипаттайтын белгілі модельдерге шолу жасалған. Жерге жақын орналасқан қабаттардағы желпрофильдерін сипаттайтын теңдеулер келтірілген. Жел профильдерінің өлшемдерін өзара байланыстыратын

катынастары көрсетілген. Жоғары қуаттағы жел генераторларының жұмыс істеу тиімділігін арттыру үшін жергілікті, құйынды атмосфералық ағындарды жасанды түрде генерациялау мүмкіндіктеріне сараптама жүргізілген. Осы бағытта белгілі Россби толқындары зерттелген, өз кезегінде толқындар жиілігі планетаның айналу жиілігінен аз  $\omega_0$ , және жиілігі  $\omega_0$  жақын инерциялық толқындардан тұрады. Өз кезегінде екі толқын біріге отырып радиусы жоғары (Россби жылдамдығы) біріктірілген құйындарды құрайды. Ғылыми мақалада айналмалы атмосферада толқындарды сипаттайтын математикалық модельдер келтірілген. Ғылыми мақалада Россби толқындары біріктірілген құйын құрай алатыны көрсетілген. Тек Россби толқындарын сипаттайтын ықшамдалаған теңдеулер есептеу барысында шығарылды. Өз кезегінде мұндай толқындардың атмосфераның шектік қабатындағы биіктігіне тәуелді екені анықталды. Бұл жерде Лармор радиусының орнына Россби радиусы қолданылады. Сондай-ақ жекелеген құйындардың пайда болуына да математикалық сараптамалар жүргізілді. Ленгмюровтік толқындардың жоғарғы жиіліктегі қысымы әсерінен плазма қабатының тығыздығының өзгерісін сипаттайтын теңдеулерге ұқсас болып келеді. Өз кезегінде осы стационарлы теңдеудің арқасында желдің құйынын сипаттайтын амплитудаға теңдеулер шығарылды. Осы теңдеудің құраушысы болып табылатын белгілі бір өлшемдердің қатынасы кезінде жердің тайфунына сипаттас шешімдер алуға болады. Тайфун желсіз орталықта спираль бойынша тұратын өте күшті жүйе болып табылады. Өз кезегінде осындай жергілікті құйындарды тудыратын және жел энергетикасындағы қондырғылардың тиімділігін арттыратын жасанды генерациялау үлкен қызығушылық тудырады.

**Тірек сөздер:** қабат, жел, турбуленттік пульсациялар, жасанды генерациялау, Россби толқындары.

## RUSSBY WAVE GENERATION IN THE SURFACE LAYER OF THE ATMOSPHERE FOR TARGETED USE

R.M. Ilyasov, A.A. Berdaliyeva, V.A. Ovchinnikov, N.Faiz, A.T. Apsemetova

M.Auezov South Kazakhstan State University, Shimkent, Kazakhstan  
[irm50@mail.ru](mailto:irm50@mail.ru), [aydin\\_01@mail.ru](mailto:aydin_01@mail.ru), [nkt285@mail.ru](mailto:nkt285@mail.ru),  
[nursultan\\_90faiz@mail.ru](mailto:nursultan_90faiz@mail.ru), [aaizgan@mail.ru](mailto:aaizgan@mail.ru)

**Abstract.** In this article, an overview of known models describing changes in the wind velocity profile at different levels in the boundary layer over rough surfaces is made. Equations describing the wind profile in the surface layer are given. Relationships relating wind profile parameters to each other are shown. An analysis of the possibility of artificial generation of local vortex atmospheric flows to increase the efficiency of powerful wind power installations has been carried out. In this direction, the famous Rossby waves are investigated. Their frequency is less than the frequency of rotation of the planet. The frequency of inertial waves is close to. Together, these waves can form solitary vortices with radii of large radius (Rossby velocity). Mathematical models describing waves in a rotating atmosphere are given in the article. The dependence of these waves on the height of the atmospheric boundary layer is revealed. A mathematical analysis of the appearance of a single vortex is carried out. An equation in form similar to the equation for a change in plasma density under the influence of high-frequency pressure of Langmuir waves is obtained. The solution of this stationary equation made it possible to obtain an equation for the amplitude of the vortex velocity. With certain ratios of parameters included in this equation, a solution characteristic of the properties of the terrestrial typhoon can be obtained. A typhoon is a system of very strong winds blowing in a spiral around a calm center.

The artificial generation of such local vortices to increase the efficiency of powerful wind turbines in terms of the concentration of air flow energy in the plane surrounding the surface of the installation, as well as the temporal stability of its parameters in space, is of great interest.

**Keywords:** surface, turbulent pulsations, artificial generation, Rossby waves.





## ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

ГРНТИ 44.29.37

М.А. Новикова<sup>1</sup>, А.С. Садовская<sup>1</sup>, С. Е. Соколов<sup>2</sup>, И. С. Соколова<sup>2</sup>, Д.Т. Сулейменова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ТОО «Фирма «Казэнергонадка», г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева»,

г. Алматы, Казахстан

[duriyasuleimenova@mail.ru](mailto:duriyasuleimenova@mail.ru)

### КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ И СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ГОРОДСКОГО ТИПА

**Аннотация.** Приведены данные по анализу мероприятий по снижению потерь в электрических сетях городского типа. Показано, что основным мероприятием по снижению потерь электроэнергии является компенсация реактивной мощности, которая пока не находит широкого применения. Показано, что компенсация реактивной мощности является системной многоуровневой задачей, причем наиболее реальным является уровень компенсации на шинах ТП 6-10/0,4 кВ с выбором мощности нерегулируемых конденсаторных батарей по минимальному летнему значению реактивной мощности.

**Ключевые слова:** компенсация, потери, конденсаторные батареи, нормирование потерь.

Как известно, наиболее эффективным мероприятием по снижению технических потерь является компенсация реактивной мощности с помощью батарей статических конденсаторов (БСК). Во многих странах дальнего зарубежья степень компенсации реактивной мощности составляет не менее 0,6 КВар на 1 кВт, а в отдельных компаниях США и Японии даже 1 кВар на 1 кВт установленной мощности. Что касается коэффициента реактивной мощности  $\text{tg}\varphi$  в режиме максимальных нагрузок, то в США, Японии и большинстве европейских стран его оптимальное значение в зависимости от номинального напряжения сети должно поддерживаться на уровне  $\text{tg}\varphi = 0,2-0,4$ , что соответствует  $\cos\varphi = 0,98-0,92$ .

В странах СНГ и, в частности, в Казахстане использование конденсаторных батарей оставляет желать лучшего. Причинами такого положения являются не только нежелание вкладывать средства в мероприятия, не приносящие быстрой прибыли, но и отсутствие понятной и конкретной оценки их технико-экономической эффективности.

Этому вопросу посвящено много публикаций, однако вопрос рассматривается в общем виде, как это сделано в работе [1], где показаны значения реактивной мощности (РМ) в зависимости от  $\cos\varphi$ , значения потерь при неизменной активной мощности при различных  $\cos\varphi$ , и результаты расчета технико-экономической эффективности для ВЛ 0,4 кВ в зависимости от стоимости потерь, длины линии и величины реактивной мощности при различной протяженности линий, не давая конкретных рекомендаций где, как и сколько реактивной мощности можно или нужно скомпенсировать.

Поскольку максимальный эффект при КРМ будет иметь место при максимальном приближении компенсирующих устройств к потребителю, для распределительных сетей городского типа задача компенсации реактивной мощности может быть решена путем выбора места, типа, мощности и места установки БСК (квартира, этаж, подъезд, дом,

фидер 0,4 кВ и шины ТП), при этом наиболее целесообразным по техническим условиям является размещение БСК на каждом ТП.

Использование автоматически регулируемых БСК хотя и позволяет обеспечить максимальный уровень компенсации реактивной мощности, но их установка в распределительных сетях городского типа вряд ли целесообразна и по стоимости, и по надежности, и по условиям эксплуатации.

Анализ имеющихся графиков нагрузки распределительных ТП г. Алматы с коммунально-бытовой нагрузкой показал, что реальным решением задачи КРМ является компенсация базовой части реактивной мощности на каждом ТП, которая определяется ее минимальным значением летнего режима, с установкой нерегулируемых конденсаторов (НБСК) соответствующей мощности.

Хотя многочисленные расчеты, проведенные в Алматинском Университете энергетики и связи по использованию НБСК в распределительных городских сетях и многочисленные публикации показывают, что КРМ обеспечивает снижение потерь электроэнергии не менее чем на 10-20%, определение экономической эффективности, понятной для РЭКов и оправдывающее приобретение НБСК, сталкивается с явной неопределенностью.

Согласно тарифу на 01 января 2019 года (<https://www.esalmaty.kz/ru/rates-and-services/tariff-structure>) «АлматыЭнергоСбыт» производит покупку только активной электроэнергии у АО «Алматинские электрические станции», Мойнакской ГЭС, расположенной в Алматинской области, и у Экибастузских ГРЭС-1 и ГРЭС-2 по средней цене 7,39 тенге за кВтчас, а услуги по передаче электроэнергии оплачиваются по договорам с АО «КЕГОК», АО «АЖК» и АО «КТЖ» по средней цене 6,94 тенге за кВт час. С учетом снабженческих и других надбавок отпускной тариф составляет 17,81 тенге за кВт час. С учетом НДС, который включает в себя и компенсацию всех потерь на передачу и распределение.

При этом складывается парадоксальная ситуация.

**Во-первых**, покупается только активная мощность, а реактивная фигурирует только в неявном виде в качестве составляющей суммарных потерь электроэнергии.

**Во-вторых**, поскольку потери в электрических сетях оплачиваются потребителем, то у РЭКов нет явных материальных стимулов для установки БСК, и сегодня компенсация реактивной мощности в распределительных сетях городского типа напряжением 6-10 - 0,4 кВ типа практически не применяется.

**В-третьих**, имеет место неопределенность оценки экономической эффективности компенсации реактивной мощности.

Рассмотрим упрощенную схему фидера 10 кВ, характерную для коммунально-бытовой нагрузки, и суточные графики нагрузок ТП-101/1 РЭС-5 г. Алматы (рисунки 1, 2).

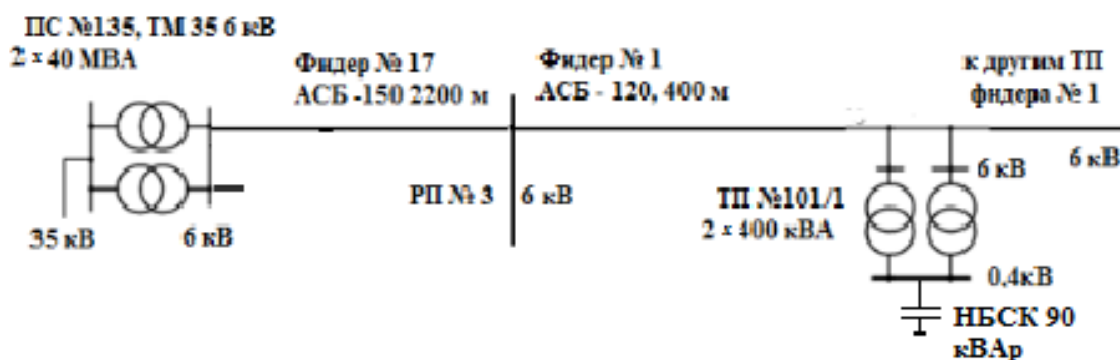
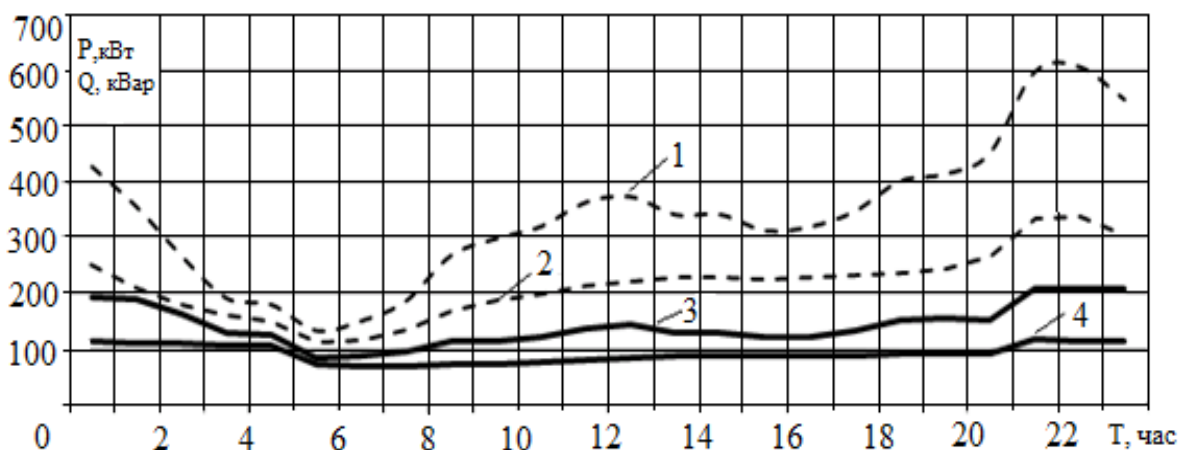


Рисунок 1 – Упрощенная однолинейная схема сети 10 кВ

Поскольку речь идет о компенсации базовой части, то за основу взят график реактивной мощности ТП летнего сезона, для которого возможны несколько вариантов мощности и комплектования нерегулируемых БСК: 1 Вариант –  $Q_{НБСК}=110$  кВар - 50 и 60 кВар; 2 Вариант –  $Q_{НБСК}=100$  кВар – 2x50 кВар; 3 Вариант –  $Q_{НБСК}=90$  кВар – 50 и 40 кВар; 4 Вариант –  $Q_{НБСК}=80$  кВар – 2x40 кВар; 5 Вариант –  $Q_{НБСК}=70$  кВар – 30 и 40 кВар



1 – активная мощность зимнего сезона; 2 – активная мощность летнего сезона; 3 – реактивная мощность зимнего сезона; 4 – реактивная мощность летнего сезона.

Рисунок 2 – Графики нагрузок

Как показали расчеты, лучшим является вариант 3, при котором потери уменьшаются почти на 15 % на величину 15199 кВтч. При установке на шинах 0,4 кВ НБСК суммарной мощностью 90 Квар. Принимаем стоимость НБСК Усть-Каменогорского конденсаторного завода равной 610 000 тенге (стоимость НБСК 40 кВар – 280 000 тенге и НБСК 50 кВар -330 000 тенге). Если принять за тариф составляющую на передачу электроэнергии - 6,94 тенге за 1 кВт.час, то срок окупаемости составит 5,78 лет, что не так хорошо, хотя и приемлемо.

С учетом повышения пропускной способности по активной мощности на те же 15199 кВт час, то согласно тарифу на покупку 7,39 тенге за 1 кВт.час (без учета дополнительных потерь на передачу этой электроэнергии), срок окупаемости составит 2,8 лет.

Согласно годовому плану закупок товаров, работ и услуг на 2019 год (<https://www.azhk.kz/ru/zakupki/godovoj-plan-zakupok>), АО «АЖК» покупает

электроэнергию для компенсации нормативных потерь при передаче электроэнергии и электроэнергию для собственного пользования по тарифу 8,89 (без НДС) тенге на кВтчас. Очевидно, эти затраты вкладывается и в тариф на передачу электроэнергии для ТОО «АлматыЭнергоСбыт».

Если принять за стоимость 1 квт.часа величину 8,89 тенге, то с учетом повышения пропускной способности срок окупаемости составит 2,46 года. Очевидно, это и будет наиболее правильной оценкой эффективности применения КРМ.

К сожалению, методика расчета стоимости потерь электроэнергии, входящая в структуру тарифа, и кто кому и как платит и в ТОО «АлматыЭнергосбыт» и в АО «АЖК» является коммерческой тайной. Поэтому конкретная оценка экономической эффективности применения НБСК, и кто ее получит, является неопределенной задачей, что не способствует внедрению конденсаторных батарей.

Попытки установления законодательных отношений в части потребления реактивной энергии (мощности) в Казахстане основывались на применении таких документов: «Инструкции по системному расчёту компенсации реактивной мощности в электрических сетях», утвержденной Госэнергонадзором 14.05.91 г.; а также Прейскурант 09-01-05 «Тарифы на электрическую и тепловую энергию» 1992 года и дополнительный Прейскурант 09-01-05-1993/2 «Тарифы на электрическую и тепловую энергию»; а также «Правила пользования электрической энергией» от 7 декабря 2000 года. Все эти республиканские документы устанавливали скидки и надбавки к тарифам на активную энергию за использование реактивной энергии.

Однако п. 108 «Правил ...», указывающих на применение скидок (надбавок) за потребление (генерацию) реактивной энергии вошел в противоречие с «Гражданским кодексом РК», не предусматривающим увеличение цены (тарифа) товара, и поэтому все скидки и надбавки были отменены. Здесь следует отметить, что это касалось промышленных предприятий.

Также одной из причин отсутствия в распределительных сетях конденсаторных батарей является и существующий порядок нормирования потерь в Казахстане.

Внедрение метода «бенчмаркинга», недостатки и неприемлемость которого подробно рассмотрены [2] и распространены регулирующим органом в последние годы, не состоялось. Нормирование потерь до сих пор осуществляется в соответствии с «Порядком нормирования потерь в Казахстане», утвержденным Минэнерго РК еще в 2005 году, предполагающим ежегодный расчет и утверждение норматива на основании пакета документов, в котором должны быть представлены:

1. Ежемесячное ведение режимов работы линий и анализ баланса активной и реактивной электроэнергии по классам напряжения, расчет и анализ составляющих потерь в каждом элементе сети, а также всех составляющих НХПЭ.

2. Разработка структурно-балансовой модели потокораспределения, которая позволяет проверить балансы (по зафиксированным документам) и зависимости (расчеты) потерь и рассчитать нормативные коэффициенты электрической сети по потерям (НХПЭ), а также определение абсолютных и относительных величин потерь электроэнергии за базовый период и на прогнозируемый периоды.

3. Сравнительный анализ перетоков и расчетных потерь электроэнергии и др.

Как видно, и в этом случае вопросы целесообразности и необходимости КРМ не оговариваются.

При этом основным недостатком такого нормирования потерь электроэнергии в сетях региональных компаний на долгосрочный период (3-5 лет) является неопределенность прогноза передачи электроэнергии по сетям каждого класса напряжения, формируемым потребителем. Вследствие этого среднегодовой

утвержденный норматив потерь электроэнергии на 3-5 лет не соответствует нормативу в летние месяцы и зимние месяцы, что создает большие проблемы с налоговыми органами, требующими ежеквартального, а то и ежемесячного сравнения фактических потерь со среднегодовым, утвержденным нормативом.

Ранее проверкой нормативных потерь электроэнергии занимались эксперты, имеющие специальное разрешение Минэнерго, а окончательное утверждение нормативов потерь производилось Департаментом электроэнергетики Минэнерго. После чего документы по нормированию и нормативы потерь предоставлялись в АРЕМ. Минэнерго также отслеживало документы по балансам и потреблению электроэнергии на энергетических предприятиях.

В настоящее время Министерство Энергетики Казахстана анализом и нормированием потерь электроэнергии в электрических сетях не занимается. В 2015 приказом Министра по инвестициям и развитию РК от 31 марта № 394 право устанавливать субъектам естественных монополий нормативы технических потерь, а также сроки и величину их снижения дано «Комитету по регулированию естественных монополий и защиты конкуренции (КРЕМ) Министерства национальной экономики Республики Казахстан».

Поэтому при защите норматива потерь электроэнергии предприятиям трудно доказать экономистам КРЕМ, что линии работают в неоптимальных режимах (малая нагрузка трансформаторов при большой длине линий), малые сечения линий при большой нагрузке, отсутствие шунтирующих реакторов, отсутствие компенсации реактивной мощности у потребителя и т.д.).

Необъективность, а часто – некомпетентность, проводимой экспертизы нормативов потерь электроэнергии в сетях Уполномоченным органом, как правило, не имеющим специалистов в области потерь электроэнергии и рассматривающим техническую сущность этого показателя только со стороны финансовой политики, приводят к тому, что величина нормативных потерь электроэнергии осуществляется по директивному принципу. В результате часто имеет место снижение величины нормативных потерь электроэнергии по директивному принципу.

Существующий порядок нормирования потерь и по форме, и по содержанию требует существенной переработки и усовершенствования, особенно в части разработки механизма материального стимулирования РЭКов, не только за выполнение нормативов, но и за разработку и реализацию программ по компенсации реактивной мощности.

В работе [3], где дается подробный анализ состояния вопроса о КРМ в России и сравнение с зарубежным опытом, определено понятие энергетической эффективности электрических сетей, как комплекса не только снижения потерь, надежности и качества электроснабжения, а также повышения пропускной способности. Кроме того, показано, что компенсация реактивной мощности является наиболее эффективным и универсальным мероприятием, одновременно влияющим на все четыре показателя. Там же сформулированы и предложения, которые сводятся к необходимости внесения в правила оптового и розничного рынков электроэнергии и в постановления правительства РФ дополнительных требований по реактивной мощности и экономическому стимулированию по ее передаче и распределению, необходимости разработки отраслевого стандарта по оценке экономического эффекта от установки и ввода в работу средств компенсации реактивной мощности и разработки и внедрения коэффициентов к тарифам на электроэнергию за компенсацию реактивной мощности и качество электроэнергии и многого еще. Эти предложения обусловлены отсутствием и существенным отставанием от современного уровня методической и нормативно правовой базы, а также и отсутствием централизованной системы управления реактивной мощностью.



Примерно такая же ситуация в части нормирования потерь и компенсации реактивной мощности имеет место и в Казахстане, что требует разработки соответствующих документов, программ и нормативов на законодательном уровне.

### **Выводы**

1. Компенсация реактивной мощности является универсальным показателем энергетической эффективности электрических сетей в части снижения потерь, повышения надежности и качества электроснабжения, а также повышения пропускной способности

2. Необходимо установление четких законодательных отношений всех субъектов рынка в части передачи и потребления реактивной мощности и порядка нормирования потерь электроэнергии как для промышленных предприятий, так и для распределительных сетей коммунально-бытового характера.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

[1] Железко Ю.С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 175 с.

[2] Воротницкий В.Э., Калинин М.А., Апрыткин В.Н. Мероприятия по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях энергоснабжающих организаций. Энергосбережение, 2000, № 3, с. 53-55.

[3] Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии. Руководство для практических расчетов. М.: ЭНАС, 2009. 456 с.

[4] Воротницкий В.Э. Энергетическая эффективность и компенсация реактивной мощности в электрических сетях. Проблемы и пути решения. Энергосовет № 47 весна 2017. 44 с.

[5] Овсейчук В.В, Трофимов Г.Г, Кац А.М и др. Компенсация реактивной мощности. К вопросу о технико-экономической целесообразности. Новости электротехники 2008 №4 (52).

### **REFERENCES**

[1] Zhelezko. Ju.S. Vybora meroprijatij po snizheniju poter' jelektrojenergii v jelektricheskikh setjah. - M.: Jenergoatomizdat, 1989. – 175 s.

[2] Vorotnickij V.Je., Kalinkina M.A., Aprjatkin V.N. Meroprijatija po snizheniju poter' jelektrojenergii v jelektricheskikh setjah jenergosnabzhajushhijh organizacij. Jenergosberezhenie, 2000, № 3 s 53-55.

[3] Zhelezko Ju.S. Poteri jelektrojenergii. Reaktivnaja moshhnost'. Kachestvo jelektrojenergii. Rukovodstvo dlja prakticheskijh raschetov. M.: JeNAS, 2009. 456 s.

[4] Vorotnickij V.Je. Jenergeticheskaja jeffektivnost' i kompensacija reaktivnoj moshhnosti v jelektricheskikh setjah. Problemy i puti reshenija. Jenergosovet № 47 vesna 2017, str. 44.

[5] Ovsejchuk V.V, Trofimov G.G, Kac A.M i dr. Kompensacija reaktivnoj moshhnosti. K voprosu o tehniko-jekonomicheskoi celesoobraznosti. Novosti jelektrotehniki 2008 №4 (52)

## ҚАЛАЛЫҚ ҮЛГІДЕГІ ЭЛЕКТР ЖЕЛІЛЕРІНДЕ РЕАКТИВТІ ҚУАТТЫ ӨТЕУ ЖӘНЕ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫНЫҢ ШЫҒЫНДАРЫН АЗАЙТУ

Новикова М.А., Садовская А.С., Соколов С. Е., Соколова И. С., Сулейменова Д.Т.

«Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КеАҚ,  
Алматы қ., Қазақстан  
[duriyasuleimenova@mail.ru](mailto:duriyasuleimenova@mail.ru)

*Аннотация.* Қалалық үлгідегі электр тораптарындағы шығындарды азайту шараларын талдау деректері келтірілген. Электр энергиясының шығындарын азайту бойынша негізгі іс-шаралардың бірі – бүгінде кең қолданыс таппаған реактивті қуатты өтеу екендігі көрсетілген. Реактивті қуатты өтеу – жүйелік көпденгейлі міндет, соның ішінде реактивті қуатты ең төменгі жаздық мәніне сәйкес реттелмейтін конденсаторлық батареямен 6-10/0,4 кВ ТҚС шиналарында өтеу ең нақты шара екендігі көрсетілген.

*Тірек сөздер:* өтемақы, шығын, конденсаторлық батарея, шығындарды нормалау.

## REACTIVE POWER COMPENSATION AND REDUCTION OF LOSSES OF ELECTRICITY IN ELECTRIC NETWORKS OF A CITY TYPE

M.A. Novikova, A.S. Sadovskaya, S. E. Sokolov, I. S. Sokolova, D.T. Suleimenova

Non-profit JSC “Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after  
Gumarbek Daukeev”, Almaty, Kazakstan  
[duriyasuleimenova@mail.ru](mailto:duriyasuleimenova@mail.ru)

*Annotation.* Data on the analysis of measures to reduce losses in urban electric networks are given in the article. The main measure to reduce electricity losses is reactive power compensation, which is not yet widely used. Compensation of reactive power is a multi-level systemic task, and the most real is the level of compensation on 6-10 / 0.4 kV busbars with a choice of power of unregulated capacitor banks according to the minimum summer value of reactive power.

*Key words:* compensation, losses, capacitor banks, loss rationing.



## ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

МРНТИ 27.47.19

**Б. Оразбаев<sup>1</sup>, А.Тәңірбергенова<sup>2</sup>, Л. Курмангазиева<sup>3</sup>, Р. Тулеуова<sup>4</sup>, К. Оразбаева<sup>5</sup>**

<sup>1,2</sup>Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

<sup>3</sup>С.Утебаев атындағы Атырау мұнай газ университеті, Атырау қ., Қазақстан

<sup>4</sup>Х.Досмухамедов атындағы Атырау мемлекеттік университеті, Атырау қ., Қазақстан

<sup>5</sup>Қазақ экономика, қаржы және халықаралық сауда университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан  
[batyr\\_o@mail.ru](mailto:batyr_o@mail.ru), [alua\\_15\\_1982@mail.ru](mailto:alua_15_1982@mail.ru), [kurmangazieval@mail.ru](mailto:kurmangazieval@mail.ru), [tuleuovar@mail.ru](mailto:tuleuovar@mail.ru),  
[kulman\\_o@mail.ru](mailto:kulman_o@mail.ru)

### **АЙҚЫН ЕМЕС ШЕКТЕУЛЕР ЖАҒДАЙЫНДА ӨНДІРІСТІК ЖОСПАРДЫ ОҢТАЙЛАНДЫРУ**

**Аңдатпа.** Айқынсыз сипатталатын шектеулері бар өндіріс жоспарларын тиімділеу есептері әр түрлі математикалық бағдарламалау есептері ретінде қойлымдары алынып, оларды шешу үшін модификацияланған бас өлшем принципі негізінде эвристикалық тәсіл жасақталған. Бастапқы көпөлшемді есептерді бір өлшемді есепке келтірудің негізгі жолдары қарастырылған. Айқынсыз шектеулермен сипатталатын өндірістік жоспарды тиімділеу есебі негізгі өлшем әдісін айқынсыз жағдайға түрлендіру жолымен айқынсыз математикалық бағдарламалау есебі келтірілген және қойлымы алынған есепті шешуге ұсынылған эвристикалық әдістің кезеңдерінің сипаттамасы берілген. Есепті шешуге ұсынылған әдіс тиімділеу және қажетті шешімді қабылдау кезінде сараптамалық бағалау әдісін, сарапшылар және шешім қабылдаушы мамандар білімдері, тәжірибесі және түйсігі түріндегі айқынсыз ақпаратты пайдаланады. Жұмыстың теориялық нәтижелері жасанды алмаздан жасалатын бұрғылау қашауларын өндіруде айқынсыз шектеулері бар өндіріс жоспарын жасауда тәжірибеде қолданыс тауып, іске асырылған. Жасақталған айқын емес әдістеме көмегімен түрлі бұрғылау қашауларын өндіруден күтілетін кәсіпорынның айлық пайдасы, анық әдістемеден түсетін пайдадан артық болатыны есептелген.

**Тірек сөздер:** айқынсыз шектеу, айқынсыз математикалық бағдарламалау, айқынсыз ақпарат, өндірістік жоспар.

### **Кіріспе**

Әдетте өндірістік нысандардың жұмысы негізінен айқынсыз ортада жүреді, басқаша айтқанда, өндірістік нысанның жұмысы айқын емес ақпарат арқылы сипатталады. Сол сияқты тиімді өндірістік жоспарларды құру есебі де көп өлшемдер және айқын емес ақпарат арқылы сипатталуы мүмкін. Көп өлшеммен және айқынсыздықпен сипатталатын мұндай есептерді айқынсыз математикалық бағдарламалау (АЕМБ) есептері ретінде қоюға болады [1]. Айқынсыздықтың түрлі көздерін (өлшемдерде, шектеулерде, олардың маңыздылықтарында т.б.) үйлестіру жолымен түрлі АЕМБ есептерін алуға болады [1–3]. Сызықтық программалау есептері шешімінің сезімталдығын талдау бойынша Данцигтің жұмыстарында өндірістік нысандар тәрізді күрделі жүйелердің белгісіздігі кезінде тиімділеу есептерін шешу әдістемелері зерттелген [3]. Белгісіздік мәселелерін стохастикалық бағдарламалау тәсілдері жайында зерттеулерде ықтималдар теориясы әдістері арқылы шешуге ұсыныстар берілген [4]. Аталған зерттеулерде бастапқы ақпарат шумдалған болғанда жұмысқа қабілетті тиімділеу тәсілдерін жасақтау мәселелері талқыланды және пайдаланатын ақпараттың белгілі ықтималдық сипаттамаларымен салыстырғанда шешім дәлдігін талдау мәселелері қарастырылған.

Өндірісте жоспарларды құрғанда мамандардың жоспары жайлы тұжырымдамасы, тәжірибесі мен білімі айқын емес ақпарат түрінде қалыптасып қолданылады. Айқынсыз ақпарат жоспар құрушы маманның тиімді жоспар жайлы шешімі мен ұғымын білдіреді. Сонымен бастапқы айқын емес ақпаратты шешім қабылдау барысында қолдану айқынсыздықта көпөлшемді оңтайландыру әдістемелерінің туындауына алып келді [1,5]. Бастапқы ақпараттың жетіспеушілігі мен белгісіздік жағдайларында аталған есептерді шешуде белгілі ықтималдық әдістер мен математикалық статистика әдістері [6], немесе айқын емес жиындар тәсілдері аппараты [1,5,7] қолданады. Ықтималдық тәсілдері объективті ықтималдықтың таралуының тығыздық функциясын анықтау мен қолдануға негізделген және жеткілікті деңгейде зерттелген. Алайда бұл тәсілдерді қолдану ықтималдар теориясы аксиомалары орындалғанда ғана ақталады [8]. Айқынсыздықта оптималдау, не шешім қабылдау есептеріне, оны қабылдаушы адамның ой-пікірі тәрізді субъективті ақпаратты қолданатын есептер жатады. Сондықтан тиімді өндіріс жоспарын анықтау есебін көпөлшемді оңтайландыру, шешім қабылдау яғни математикалық бағдарламалау есептеріне келтіруге болады [9]. [10,11] жұмыстарында математикалық бағдарламалау есептерін АЕМБ есептер класына жалпыламалау мәселелері қарастырылған. Мысалы, АЕМБ есебін шешу үшін Белман-Заде тәсілдемесіне негізделген әдіс ұсынылған. Бұл тәсілдемені қолданудың негізгі мәселесі баламаларды таңдауда жатыр. Бұл мәселені шешуде айқын емес жиындар аппаратын қолдануға болады. Айқын емес жиындардағы  $\alpha$  деңгейлі жиын айқын емес есептерді айқын есептерге айналдырып, белгілі тәсілдер көмегімен шешуге мүмкіндік береді, бірақ алынған айқын есептің көлемі  $\alpha$  қималары артқан сайын ұлғаяды, үлкен есептеу ресурстарын талап етеді және бұл әдісте жиналған айқын емес ақпараттың біразы жоғалады.

### Материалдар мен әдістер

Барлық айқынсыз шектеулерді бір кезде қанағаттандыру мақсатында зерттеу жұмысында берілген айқынсыз шектеулі есептерді шешу барысында олардың айқынсыздығын ескере отырып, АЕМБ есебін адекватты қою мен тиімді шешу тәсілі ұсынылады. Ұсынылатын тәсілде, есеп тәжірибеде орын алатын өндірістік жағдайды ескере отырып қойылады және оны шешу үрдісінде ымыралық сызбалардың түрлі нұсқасы көпөлшемді мәселелерді шешу үшін қолданылады, сонымен қатар шешім қабылдаушы тұлғаны (ШҚТ) қанағаттандыратын шешім ізделеді. Мұндай тәсілдеме ШҚТ-ға өндірісте орын алған жағдайға және қол жетімді ақпаратқа байланысты және түрлі шешімдерді салыстыра отырып, ең тиімдісін таңдап алуға мүмкіндік береді.

АЕМБ есебі түрінде айқынсыздықта, көпөлшемді оңтайлау есептерінің қалыптасуы мен жалпы қойымын келтірейік. Бастапқы бірнеше шектеулі және көпкритерилі оңтайлау есебін бір өлшемді (өлшемдерді тұқырту, не бас өлшемдер тәсілі арқылы), айқын емес шектеулері бар есепке келтіріп, қою мүмкін болатын жағдайды қарастырайық. Есепті формализациялау үшін келесі белгімелерді енгіземіз:  $\mu_0(x)$  – нормалданған критерий, немесе  $\mu_0(x) = \varphi(\mu_0^i), i = \overline{1, m}$  – локалді критерилер тұқыртылуы;  $\mu_q(x), q = \overline{1, L}$  – айқын емес шектеулердің орындалу деңгейлерін бағалайтын тиістілік функциялар; Сонда қабылданған белгімелерді қолдана отырып жалпы АЕМБ есебін келесідей түрде жазуға болады:

$$X = \left\{ x : \arg \max_{x \in \Omega} \mu_q(x), q = \overline{1, L} \right\}$$

Алынған АЕМБ есебі айқын өлшем мен белгісіз шектеулер жағдайында, шектеулерді қажетті деңгейде қанағаттандыра отырып, өлшемнің ең жоғарғы мәнін табуға ұмтылуды сипаттайды. Егер айқынсыз шектеулердің орындалу деңгейлерін бағалайтын

тиістілік функциялары қалыпты болса, онда АЕМП есебін келесі оңайтылған түрде жазуға болады:

$$\max_{x \in X} \mu_0(x) \quad (1)$$

$$X = \{x : x \in \Omega \wedge \mu_q(x) = 1, q = \overline{1, L}\} \quad (2)$$

(1)–(2) есебі қойлымынан айқын, яғни кәдімгі оңтайлау есебінің алынғаны көрінеді. Егер мақсаттық функция  $\mu_0(x)$  мен тиістілік функциялары  $\mu_q(x), q = \overline{1, L}$  ойыс болса. Ал  $X$  жиыны дөнес болса (1)–(2) есебін белгілі математикалық бағдарламалау әдістері арқылы шешу мүмкіндігі туады.

Өндірістік есептерді шешуде, орын алған шектеулердің барлығын бірдей қанағаттандыратын вектор  $x = (x_1, \dots, x_n)$  болмауы, яғни  $X$  жиыны бос жиын болуы мүмкін. Бұл жағдайда АЕМБ есебін айқындықта қою дұрыс емес, өйткені оның шешімі болмайды. Яғни шешілетін АЕМБ есебін, оның шектеулерінің айқынсыздығын ескеріп, айқын емес ортада қою керек. Сонымен қатар есепті қоюда барлық айқынсыз шектеулерді бір уақытта берілген деңгейде қанағаттандыру үшін ымыралық сызбаларды айқынсыздыққа бейімдеу қажет болады.

### Нәтижелер мен талқылау

$L$  айқын емес шектеулері бар оптималдау есебін бас критерий принципін қолданып қою және шешу тәсілдемесін қарастырайық.  $\mu_0(x)$  – нормалданған оңтайлау өлшемі,  $I_R = \{1, \dots, L\}$  – сарапшылар тағайындаған шектеулердің басымдылық қатары, ал  $\mu_q^R, q = \overline{1, L}$  – ШҚТ тағайындайтын шектеулердің шектік мәндері болсын. Сонда АЕМБ есебі қойлымын келесі түрде жазуға болады:

$$\max_{x \in X} \mu_0(x) \quad (3)$$

$$X = \{x : x \in \Omega \wedge \arg(\mu_q(x) \geq \mu_q^R), q = \overline{1, L}\} \quad (4)$$

(3)–(4) есебінің шешуде айқынсыз шектеулердің қажетті деңгейлерде орындалуын және өлшемнің ең жоғарғы мәнін қамтамасыз ететін өлшемдер, яғни шешімдер  $x(\mu_1^R, \dots, \mu_L^R)$  берілген  $\mu_1^R, \dots, \mu_L^R$  шектік мәндерге тәуелді болатыны түсінікті.

Жоғарыда алынған (3)–(4) қойлымындағы АЕМБ есебін шешу үшін келесі эвристикалық әдісті ұсынуға болады:

### АЕБКП (айқын емес бас өлшем принципі) тәсілі

1. Айқын емес шектеулерге ШҚТ басымқылар қатарын ендіреді:  $I_R = \{1, \dots, L\}$ .
2. Айқын емес шектеулерді сипаттайтын терм-жиын  $T(X, Y)$  анықталып, айқын емес шектеулердің орындалуын бағалайтын тиістілік функциялары тұрғызылады:  $\mu_q(x), q = \overline{1, L}$ .
3. ШҚТ шектеулер үшін бастапқы шектік мәндерін тағайындайды:  $\mu_q^{R(l)}, q = \overline{1, L}, l = 1$ .
4. Мақсатты функцияны максималдылау есебі  $\mu_0(x)$  рұқсат етілген шешімдер жиынында (3) шешіледі, яғни, қойылған айқын емес шектеулерді ескере отырып, ағымдағы шешімдер анықталады:  $x(\mu_q^{R(l)}, \mu_0(x(\mu_q^{R(l)})), \mu_1(x(\mu_1^{R(l)})), \dots, \mu_L(x(\mu_L^{R(l)})))$
5. Алынған ағымдағы шешімдерді талдау және тиімді шешімді таңдау үшін ШҚТ-ға ұсынылады. Егер шешімдер ШҚТ-ны қанағаттандырса, онда ол соңғы, яғни оңтайлы шешімді қабылдайды және оларды шығару үшін 7-тармаққа өтеміз.
6. Ағымдағы шешімдер ШҚТ-ны қанағаттандырмаған жағдайда, ол  $\mu_q^{R(l)}, l = l + 1$  жаңа мәндер енгізеді, яғни шешімді жақсарту үшін олардың мәндерін түзейді. Одан кейін жаңа шешімдерді анықтау 4-тармақтан бастап қайта басталады.



7. ШҚТ-ны қанағаттандырған соңғы шешімдер: өлшемнің ең жоғарғы мәні  $\mu_0(x^*(\mu_q^{R(l)}))$  айқынсыз шектеулердің қажетті деңгейде орындалуын  $\mu_1(x^*(\mu_q^{R(l)})), \dots, \mu_L(x^*(\mu_q^{R(l)}))$  қамтамасыз ететін  $x^*(\mu_q^{R(l)}), q = \overline{1, L}$  – шешімдер шығарылады.

Айқынсыздықта оптималдау есебін шешудің жоғарыда ұсынылған тәсілін айқын емес шектеулермен сипатталатын өндірістік жоспарды оптималдау есебін шешуде қолданайық. Атырау мұнай бұрғылау құрал-жабдықтарын шығаратын зауыттың бұрғылау қашауларының екі типін  $D_1$  және  $D_2$  өндіреді. Қашауларды өндіру үрдісі жасанды алмазға (шикізат) және станоктарды өңдеу уақытын ескеретін айқын емес шектеулер арқылы сипатталады.

$D_1$  типті әр қашауды өндіру үшін жуықша 4 кг, ал  $D_2$  типті қашауды өндіруге 5 кг жасанды алмаз қажет. Зауыт өз жеткізушілерінен айына 100 кг дейін жасанды алмаз ала алады. Әр  $D_1$  типті қашауды жасау үшін станоктарда 12,5 сағат, ал әр  $D_2$  типті қашауды өндіру үшін – 10 сағат жұмыс уақыты қажет. Айына станоктарда 240 сағатқа дейін жұмыс жасау мүмкіндігі бар. Егер әр  $D_1$  типті қашауды өндіргеннен зауытқа 5 мың шартты бірліктегі (ш.б., мысалы доллар), ал әр  $D_2$  типті қашауды өндіргеннен 7 мың ш.б. пайда түсетін болса, зауыт айына қанша  $D_1$  және  $D_2$  типті қашауды өндіру қажеттігін анықтау, яғни өндірістік жоспар құру керек.

Формализацияланған есептің математикалық қойымын тұжырымдайық.  $x_1$  мен  $x_2$  – сәйкесінше айына өндірілетін  $D_1$  және  $D_2$  типті қашаудың саны болсын. Өндірістің оңтайлы жоспарын, яғни, зауыттың айлық пайдасын  $f(x_1, x_2)$  арттыратын  $x_1$  мен  $x_2$  тиімді мәндерін табу керек. Жоғарыда келтірілген деректер мен ақпарат негізінде, айлық пайдакелесі өрнекпен анықталуы мүмкін:

$$f(x) = 5x_1 + 7x_2 \quad (5)$$

Өрнек (5) максимизациялануы тиіс өлшем болып табылады. Сонымен бір өлшемді оңтайлау есебі алынды. Егер максаттық функциялар бірнешеу болса, онда оларды тұқырту арқылы бір өлшемге келтіруге болады деп есептейміз.

Өлшемнен пайданы арттыру үшін, өндірілетін өнімдердің, яғни қашаулардың санын  $(x_1, x_2)$  арттыру керек екені түсінікті. Алайда, мәселе мынада, бұл  $x_1, x_2$  айнымалыларын арттыру шикізат пен өңдеу уақытымен шектелген. Бұл шектеулер айқын емес сипатталған.  $x_1$  мен  $x_2$  айлық өндірілетін қашаулардың санын білдіретіндіктен, 1- және 2-типті қашаулар саны оң сан болуы керек екені түсінікті, яғни

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \quad (6)$$

Бұрғылау қашауларын өндіруге қажетті жасанды алмаз (шикізат) бен бұйымдарды өңдеуге қажетті уақытқа қойылған айқынсыз шектеулерінің математикалық жазбалары:

$$4x_1 + 5x_2 \lesssim 100 \text{ (жасанды алмаз)} \quad (7)$$

$$12.5x_1 + 10x_2 \lesssim 250 \text{ (өңдеу уақыты)} \quad (8)$$

Алынған математикалық жазбалар, оптималды өндірістік жоспарды анықтау есебіне, әр типтегі қашаулардың оптималды санын, яғни бір уақытта теріс еместік шарттары (6) мен айқын емес (7), (8) шектеулерін қанағаттандыратын және  $f(x)$  (5) критеріінің максимумын қамтамасыз ететін  $x_1$  мен  $x_2$  анықтауға алып келеді.

Сонымен (5)–(8) оптималдау есебін АЕМП есебі түрінде жазуға болады:

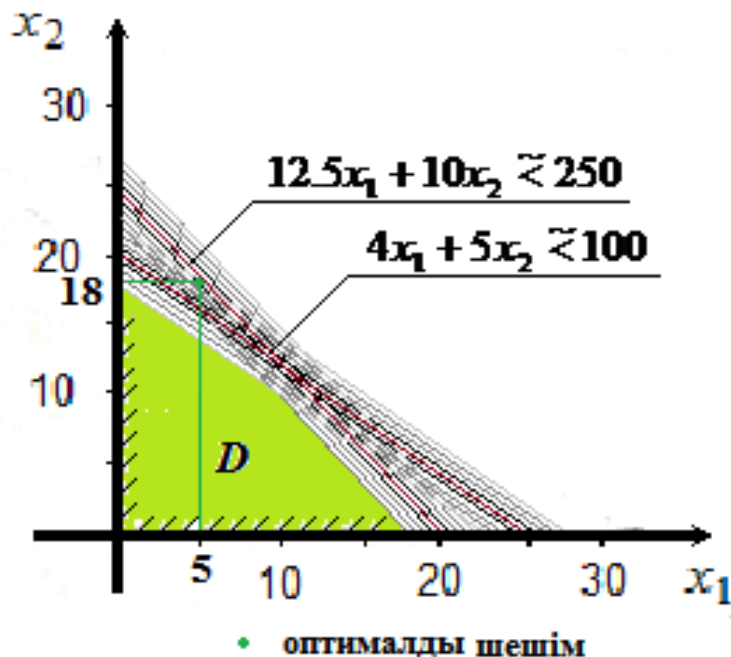
$$f(x) = 5x_1 + 7x_2 \quad (9)$$

$$4x_1 + 5x_2 \lesssim 100 \quad (10)$$

$$12.5x_1 + 10x_2 \lesssim 250 \quad (11)$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \quad (12)$$

Сызықтық АЕМБ есебі (9)–(12) алынды. Есепті графикалық бейнелеу үшін теріс еместік (12), және (10), (11) айқын емес шектеулер шарттарымен анықталатын шешімдердің рұқсат етілген облысын тұрғызамыз (сурет 1).



Сурет 1 – Айқын емес шектеулі АЕМБ есебінің иллюстрациясы

$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$  (10) шектеулері шешім бірінші квадрантта жататынын білдіреді. Басқа шектеулер үшін сызықтар тұрғызайық. Шикізатқа қойылған (10) шектеуін график түрінде алу мақсатында координаттары  $(0; 20)$  және  $(25; 0)$  болатын 2 нүктені, яғни  $x_1$  және  $x_2$  арасын түзу сызық арқылы қосамыз. Нәтижесінде  $4x_1 + 5x_2 \leq 100$  шектеуінің айқынсыз сызықтары алынады. Жазықтықтың қай бөлігі айқын емес теңсіздікпен анықталатынын білу мақсатында координаталары  $(30, 30)$  болатын кез-келген нүкте қойып, тексереміз. Бұл кезде қайшылық  $4x_1 + 5x_2 = 4 \cdot 30 + 5 \cdot 30 = (120 + 150) > 100$  болғандықтан, бұл айқын емес теңсіздік координаттары  $(30, 30)$  нүктесі болмайтын жарты жазықтықты анықтайды. Осыған ұқсас (11) айқын емес шектеу үшін айқын емес сызық пен анықталатын жазықтығы табылған. Тұжырымдалған бұрғылау қашауларын өндіру жоспарын оптималдау, олардан келетін пайданың ең жоғарғы мәнін, айқынсыз шектеулердің қажетті орындалу деңгейлерінде қамтамасыз ететін бұрғылау қашауларын өндіру жоспарын табу есебін шешу үшін түрлі әдісті қолдануға болады, бірақ олар түрлі нәтиже береді.

Бірінші әдісте айқынсыз шектеулердің орнына қатаң шектеулер қабылдай отырып, АЕМБ кәдімгі математикалық бағдарламалау есебі түрінде қойылады:

$$\begin{aligned} f(x) &= 5x_1 + 7x_2 \rightarrow \max \\ 4x_1 + 5x_2 &\leq 100 \\ 12.5x_1 + 10x_2 &\leq 250 \\ x_1 \geq 0, x_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

Алынған қойлымда өлшемді сипаттайтын функция, сондай-ақ шектеулік функциялардың екеуі де сызықтық функциялар болғандықтан, есепті шешуде белгілі симплекс тәсілі жүзеге асырылған Manager бағдарламалар дестесі қолданылған.

*Нәтижелерді талдау.* Бұл тәсілдеме арқылы алынған нәтижелер мыналарды көрсетеді: берілген қатаң шектеулер кезінде, егер зауыт айына  $D_2$  типті қашаудың 20 данасын ( $x_2=20$ ) өндірсе, ал  $D_1$  типті қашауды өндірмесе ( $x_1=0$ ), онда зауыт бұрғылау қашауларын өндіруден ең көп, яғни айына 140 мың ш.б. пайда түсіреді. Басқа варианттардың бәрінде бұл пайда төмендеуі болады.

2. Енді шектеулердің айқын еместіктерін ескере отырып, АЕМБ тәсілдері негізінде айлық пайданы максимизациялау есебін шешудің айқын емес тәсілдемесін қарастырамыз. Шектеулер айқын емес болғандықтан рұқсат етілген мәнге дейін олар бұзылуы мүмкін. Айқын емес есепті келесі түрде жазамыз:

$$\max_{x \in X} \mu_0(x) \quad (13)$$

$$f_q(x) \lesssim b_q, q=1,2 \quad (14)$$

$$x_i \geq 0, i=1,2 \quad (15)$$

Сараптамалық бағалау негізінде әр айқын емес шектеуге (14) олардың орындалуын бағалайтын тиістілік функциялары  $\mu_q(x), q=1,2$  тұрғызылған және шектеулердің басымқылар қатары  $I = \{1,2\}$  анықталған болсын. Сонда басты критерий тәсілі идеясын қолдана отырып, (13) – (15) есебін келесі АЕМБ есебі түрінде жазуға болады:

$$\max_{x \in X} \mu_0(x),$$

$$X = \{x : x \in \Omega \wedge \arg(\mu_q(x) \geq \mu_q^R), q=1,2\}$$

Максаттық функцияны келесідей нормалдайық:

$$\mu_0(x) = \frac{f(x) - \inf_{x \in X} f(x)}{\sup_{x \in X} f(x) - \inf_{x \in X} f(x)} = \frac{f(x) - 0}{155 - 0} = \frac{f(x)}{155}$$

мұндағы 155 – пайда мәнінің жоғарғы шегі (sup).

Сонда, айлық пайданы максимизациялау мақсатында өнімдерді шығару бойынша өндірістік жоспарды оптималдау есебін айқын емес шектеулер кезінде келесідей жазамыз:

$$\max_{x \in X} \mu_0(x) = \frac{\max_{x \in X} (f(x))}{155},$$

$$X = \{x : x \in \Omega = [x_i \geq 0, i=1,2] \wedge \arg(\mu_1(x) \geq 1.0) \wedge \arg(\mu_2(x) \geq 0.90)\}.$$

Алынған АЕМБ есебін шешу үшін жоғарыда ұсынылған АЕБКП эвристикалық тәсілі қолданылған, яғни айқын емес шектеулер үшін модификацияланған бас критерий тәсілі қолданылып, келесі пункттер жүзеге асырылған:

1. Сараптамалық бағалау негізінде шектеулер қатары:  $I_R = \{1,2\}$  анықталған, мұнда 1 – қашауды станокта өңдеу уақыты бойынша шектеудің (8) басымқысы, ал 2 – шикізатқа қойылған шектеудің (7) басымқысы.

2. Айқын емес шектеулерді сипаттайтын терм-жиын анықталып, шектеулер орындалуының тиістілік функциялары  $\mu_q(x), q=1,2$  тұрғызылған:

$$\mu_1(x) = \begin{cases} 1, & \text{онда } 12,5x_1 + 10x_2 \leq 245 \\ 1 - \frac{255 - (12,5x_1 + 10x_2)}{5}, & \text{онда } 245 < 12,5x_1 + 10x_2 < 255 \\ 0, & \text{онда } 12,5x_1 + 10x_2 \geq 245 \end{cases};$$

$$\mu_2(x) = \begin{cases} 1, & \text{онда } 4x_1 + 5x_2 \leq 95 \\ 1 - \frac{111 - (4x_1 + 5x_2)}{15}, & \text{онда } 95 < 4x_1 + 5x_2 < 111 \\ 0, & \text{онда } 4x_1 + 5x_2 \geq 111 \end{cases},$$

мұндағы  $d_1 = 5, d_2 = 15$  – рұқсат етілген шамалар.

3. Есепті шешу үрдісінде ШҚТ айқын емес шектеулердің орындалуының бастапқы шектік мәндерін анықтады:  $\mu_q^{R(l)}, q=1,2, l=1: \mu_1^{R(1)} = 1.0; \mu_2^{R(1)} = 0.90$ .

4. Өндірілген қашауларды өткізуден түсетін айлық пайданы анықтайтын өлшемді  $\mu_0(x)$  максимизациялау есебі, рұқсат етілген  $X$  жиынында, шешіледі. Нәтижесінде ағымдағы шешімдер анықталады:  $x(\mu_q^{R(l)}), \mu_0(x(\mu_q^{R(l)})), \mu_1(x(\mu_q^{R(l)})), \mu_2(x(\mu_q^{R(l)})) x = (x_1, x_2), q=1,2, l=1,2, \dots$ .

5. Алынған ағымдағы шешімдер талдау және соңғы оңтайлы шешімді анықтау үшін ШҚТ-ға беріледі.

6. Алғашқы 4 циклде анықталған ағымдағы шешімдер ШҚТ-ны қанағаттандырмағандықтан, шешім қабылдаушы  $\mu_q^{R(l)}$ ,  $q=1,2$ ,  $l=1,4$  шекті мәндерді түзетіп, 4-қадамға қайта оралды.

7. Шешімді іздеудің 5-циклінде алынған шешімдерге шешім қабылдаушы қанағаттанғандықтан ол тиімді соңғы шешімдерді, атап айтқанда, өлшемнің ең жоғарғы мәнін шектеулер талаптарын орындай отырып қамтамасыз ететін  $x^* = (x_1^*, x_2^*)$  (әр типтегі қашаулар сандарын) анықтап, соңғы шешімдерді қабылдады. Бұл шешім қарастырылған есепті айқын тәсілмен шешкенде алынған пайдадан 11 мың ш.б. артқанын көрсетеді.

Сонымен оңтайлы шешім іздеу нәтижесінде қашаулар типтерінің оптималды сандары  $x^* = (x_1^*, x_2^*)$  шектеулердің айқын еместігін ескере отырып алынды:  $x_1^* = 5$ ;  $x_2^* = 18$  (сурет 1 қараңыз).

Бұл оптималды мәндерде, яғни өндірілетін 1 және 2-типті қашау типтерінің сандары:  $x_1^* = 5$ ;  $x_2^* = 18$ , зауыттың айлық пайдасы 11 мың ш.б., яғни 7,9 %-ға артты:

$$f(x) = 5x_1 + 7x_2 = 5 \cdot 5 + 7 \cdot 18 = 25 + 126 = 151 \text{ мың ш.б.}$$

$12.5x_1 + 10x_2 = 12.5 \cdot 5 + 10 \cdot 18 = 242.5 \leq 245$  болғандықтан қашауларды өңдеу уақыты бойынша айқын емес шектеудің (басымқысы 1) тиістілік функциясы ең жоғары мәнге жетті, яғни  $\mu_1(x) = 1$ . Ал шикізатқа шектеуді сипаттайтын айқын емес шектеудің (басымқысы 2) тиістілік функциясының мәні 0,94, ол 2 пункте келтірілген өрнекпен есептеледі:  $\mu_2(x) = 1 - \frac{111 - (4 \cdot x_1 + 5 \cdot x_2)}{15} = 1 - \frac{111 - (20 + 90)}{15} = 1 - \frac{1}{15} = 0,94$

Сонымен, түрлі типтегі қашауларды өндіру бойынша өндірістік жоспарды оптималдау нәтижесінде келесі оңтайлы шешім анықталған:

$x^*(\mu_q^{R(l)}) = (5, 8)$  – өндірілетін қашаулардың сандары, 1-типті қашау саны  $x_1 = 5$  дана; 2-ші типті қашау саны  $x_2 = 18$  дана;

$$\mu_0(x^*(\mu_q^{R(l)})) = 0,97 \Rightarrow f(x^*) = 151 \text{ – критеридің, яғни мақсаттық функцияның мәні;}$$

$\mu_1(x^*(\mu_q^{R(l)})) = 1$  және  $\mu_2(x^*(\mu_q^{R(l)})) = 0,94$  – айқын емес шектеулерді сипаттайтын тиістілік функциялардың максималды мәндері.

*Нәтижелерді талқылау.* Алынған нәтижелерден көрінетіндей, оптималдау есебін айқын емес тәсілдеме негізінде шешкенде, айқын тәсілдемеге қарағанда артық шешімдер алынған. Мақсаттық функцияның мәні, яғни зауыттың айлық пайдасы түрлі типтегі қашауларды өткізу нәтижесінде 7,9 %-ға артқан.

1-басымқылы айқын емес шектеу (қашауларды станокта өңдеу уақыттарына шектеу) толықтай қанағаттандырылған (тиістілік функциясы 1-ге тең). 2-басымқылы айқын емес шектеу (шикізат көлеміне шектеу) 0,94-ге тең ( $\mu_2(x) = 0,94$ ). Бұл шектеудің берілген шектік мәні 0,90 ( $\mu_2(x) \geq 0,90$ ), ал бұл 2-ші айқын емес шектеудің де айтарлықтай қанағаттандырылғанын білдіреді. Алынған нәтижелерден шектеулердің айқын еместігін ескере отырып есепті шешу, яғни өндіріс жоспарын құру критерий (пайда) мәнінің артуына мүмкіндік туғызатынын көреміз.

### Қорытынды

Өндірісте орын алатын ресурстарға қойылатын шектеулерді қанағаттандыра отырып, өндірілетін бұрғылау қашауларынан түсетін пайданың ең жоғары мәнін беретін өндіріс жопарын тиімді құру есебі айқынсыздықта математикалық бағдарламалау есебі ретінде қойылған. Алынған АМБЕ-ін шешуге арналған айқынсыздыққа бейімделген негізгі өлшем тәсілі негізінде эвристикалық тәсіл жасақталған. Ұсынылған тәсіл басты критерий принципін айқын емес ортаға бейімдеуге негізделген. Жұмыста қойылған оптималдау есебі мен оны шешуге ұсынылған тәсілдің жаңашылдығы: белгілі тәсілдерден ерекшелігі мынада: бастапқы айқын емес есеп эквивалентті айқын есептерге түрлендірілмей, бастапқы айқын емес ақпаратты максималды қолданып, айқын емес ортада қойылып, шешіледі. Сол себептен, бастапқы жинақталған айқын емес ақпарат негізінде шынайы

өндірісте болатын айқынсыздық барынша толық ескерілгендіктен, алынған шешім айқынсыздық жағдайына барынша адекватты болады.

Жұмыста ұсынылып, сипатталған айқынсыз әдістеме түрлі бұрғылау қашауларын өндіретін зауытта айқынсыз шектеулердің қажетті орындалу деңгейлерін және бұрғылау қашауларынан түсетін айлық пайданың жоғарғы мәнін қамтамасыз ететін тиімді өндіріс жоспарының есебін шешуде пайдаланылған. Жұмыстың теориялық маңыздылығы айқын емес ортада математикалық бағдарламалау тәсілдерін дамытумен анықталады. Жұмыстың тәжірибелік маңыздылығы айқынсыз жағдайда дәстүрлі тәсілдермен қиын шешілетін, дұрыс шешілмейтін, не шешілмейтін күрделі өндірістік есептерді тиімді шешуінде.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

[1] Orazbayev B.B., Orazbayeva K.N., Kurmangaziyeva L.T. Multicriteria optimisation problems for chemical engineering systems and algorithms for their solution based on fuzzy mathematical methods // EXCLI Journal, 2015, V.14. –P. 984–998.

[2] Chen Y., He L. Multi-criteria design of shale-gas-water supply chains and production systems towards optimal life cycle economics and greenhouse gas emissions under uncertainty // Comp.& chem. eng. 2018, V. 109. –P. 216–235.

[3] Данциг Дж. Линейное программирование, его обобщение и применение. –М: Прогресс, 1998, 405 с.

[4] Guanghai L. An optimal method for stochastic composite optimization // Mathematical Programming, 2012, V. 133. –P. 365-397.

[5] Dubois D. The role of fuzzy sets indecision sciences: Old techniques and new directions // Fuzzy Sets and Systems, 2011, V. 184. –P. 3–28.

[6] Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебник для вузов. –М.: Высшее образование, 2017, -479 с.

[7] Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. Учебник для вузов. –М.: МГУ. 2017, -307 с. URL: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/> (дата обращения: 10.04.2019).

[8] Orazbayev B.B., Ospanov E.A., Orazbayeva K.N., Kurmangaziyeva L.T. A Hybrid Method for the Development of Mathematical Models of a Chemical Engineering System in Ambiguous Condition // Mathematical Models and Computer Simulations, 2018, V. 10. –P. 748–758. DOI 10.1134/S2070048219010125.

[9] Кузнецов Ю.Н., Кузубов В.Н., Волоченко А.Б. Математическое программирование. Учебник для вузов. –М: Высшая школа. 1980, 365 с.

[10] Yazenin, A.V. Linear programming with fuzzy random data // As technical cybernetics. 2011, V. 8. № 5. –P. 52–58.

[11] Zimmermann H.J. Fuzzy programming and linear programming with several objective functions // Fuzzy Sets and Systems, 2017, V. 5. –P. 45–55.

## LIST OF REFERENCES

[1] Orazbayev B.B., Orazbayeva K.N., Kurmangaziyeva L.T. Multicriteria optimisation problems for chemical engineering systems and algorithms for their solution based on fuzzy mathematical methods // EXCLI Journal. 2015. V.14. –P. 984–998.

[2] Chen Y., He L. Multi-criteria design of shale-gas-water supply chains and production systems towards optimal life cycle economics and greenhouse gas emissions under uncertainty // Comp.& chem. eng. 2018. V. 109. –P. 216–235.



- [3] Dantsig Dzh. Lineynoye programmirovaniye, yego obobshcheniye i primeneniye. -M: Progress. – 1998. –405 s.
- [4] Guanghui L. An optimal method for stochastic composite optimization // Mathematical Programming. 2012. V. 133. –P. 365-397.
- [5] Dubois D. The role of fuzzy sets indecision sciences: Old techniques and new directions // Fuzzy Sets and Systems. 2011. V. 184. –P. 3–28.
- [6] Gmurman V.Ye. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika.Uchebnik dlya vuzov. –M.: Vyssheye obrazovaniye. 2017, -479 s.
- [7] Shtovba S.D. Vvedeniye v teoriyu nechetkikh mnozhestv i nechetkuyu logiku. Uchebnik dlya vuzov. –M.: MGU. 2017. -307 s. URL: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/> (data obrashcheniya: 10.04.2019).
- [8] Orazbayev B.B., Ospanov E.A., Orazbayeva K.N., Kurmangazieva L.T. A Hybrid Method for the Development of Mathematical Models of a Chemical Engineering System in Ambiguous Condition // Mathematical Models and Computer Simulations. 2018. V. 10. –P. 748–758. DOI 10.1134/S2070048219010125.
- [9] Kuznetsov YU.N., Kuzubov V.N., Volochenko A.B. Matematicheskoye programmirovaniye.Uchebnik dlya vuzov. –M: Vysshaya shkola. 1980, 365 s.
- [10] Yazenin, A.V. Linear programming with fuzzy random data // As technical cybernetics. 2011. V. 8. № 5. –P. 52–58.
- [11] Zimmermann H.J. Fuzzy programming and linear programming with several objective functions // Fuzzy Sets and Systems. 2017. V. 5. –P. 45–55.

## OPTIMIZATION OF PRODUCTION PLAN WITH UNCLEAR RESTRICTIONS

**B. Orazbayev<sup>1</sup>, A. Tanirbergenova<sup>2</sup>, L. Kurnangaziyeva<sup>3</sup>, R. Tuleuova<sup>4</sup>, K. Orazbayeva<sup>5</sup>**

<sup>1,2</sup>L.N. Gumilev Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan,

<sup>3</sup>S. Utebayev Atyrau University of Oil and Gas, Atyrau, Kazakhstan,

<sup>4</sup>H. Dosmukhamedov Atyrau State University, Atyrau, Kazakhstan,

<sup>5</sup>Kazakh University of Economics, Finance and International Trade, Nur-Sultan, Kazakhstan  
[batyr\\_o@mail.ru](mailto:batyr_o@mail.ru), [alua\\_15\\_1982@mail.ru](mailto:alua_15_1982@mail.ru), [kurmangazieval@mail.ru](mailto:kurmangazieval@mail.ru), [tuleuovar@mail.ru](mailto:tuleuovar@mail.ru),  
[kulman\\_o@mail.ru](mailto:kulman_o@mail.ru)

**Abstract.** New statements of the problem of optimizing production plans under fuzzy restrictions in the form of various problems of fuzzy mathematical programming are obtained. A heuristic method based on a modification of the principle of the main criterion for their solution is developed. The main ways to bring the original multicriteria optimization problem to a single-criterion problem are considered. The task of optimizing the production plan with fuzzy restrictions by adapting the main criterion method for working in a fuzzy environment is formulated. It is presented as a fuzzy mathematical programming problem. A heuristic method for solving the obtained problem is developed and its main points are given. The proposed method in the optimization processes and the selection of the optimal solution uses the methods of expert evaluation, fuzzy information, in the form of knowledge, experience and intuition of experts, the decision maker. Issues of applying the proposed approach in practice are considered.

**Keywords:** fuzzy constraint, fuzzy mathematical programming, fuzzy information, production plan.



## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНА ПРИ НЕЧЕТКОСТИ ОГРАНИЧЕНИЙ

Б.Оразбаев<sup>1</sup>, А.Танирбергенова<sup>2</sup>, Л.Курмангазиева<sup>3</sup>, Р.Тулеуова<sup>4</sup>, К.Оразбаева<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup> Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан,

<sup>3</sup> Атырауский университет нефти и газа им. С.Утебаева, г. Атырау, Казахстан,

<sup>4</sup> Атырауский государственный университет им. Х. Досмухамедова, г. Атырау, Казахстан,

<sup>5</sup> Казахский университет экономики, финансов и международной торговли, Нур-Султан,  
Казахстан

[batyr\\_o@mail.ru](mailto:batyr_o@mail.ru), [alua\\_15\\_1982@mail.ru](mailto:alua_15_1982@mail.ru), [kurmangazieval@mail.ru](mailto:kurmangazieval@mail.ru), [tuleuovar@mail.ru](mailto:tuleuovar@mail.ru),  
[kulman\\_o@mail.ru](mailto:kulman_o@mail.ru)

**Аннотация.** Получены новые постановки задачи оптимизации производственных планов при нечетких ограничениях в виде различных задач нечеткого математического программирования и для их решения на основе модификации принципа главного критерия разработан эвристический метод. Рассмотрены основные способы приведения исходной многокритериальной задачи оптимизации к однокритериальной задаче. Задача оптимизации производственного плана с нечеткими ограничениями путем адаптации для работы в нечеткой среде метода главного критерия сформулирована в виде задачи нечеткого математического программирования. Для решения полученной задачи разработан эвристический метод и приведены его основные пункты. Предложенный метод в процессах оптимизации и выборе оптимального решения применяет методы экспертной оценки, нечеткой информации, в виде знания, опыта и интуиции экспертов, лица, принимающего решения. Рассмотрены вопросы применения предложенного подхода на практике.

**Ключевые слова:** нечеткое ограничение, нечеткое математическое программирование, нечеткая информация, производственный план.



## РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

МРНТИ 49.33.35

### ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ КОНФИГУРАЦИИ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ МАГИСТРАЛЬНОЙ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ

**М.Б. Амреев, М.З. Якубова, А.О. Касимов**

НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева»,  
г.Алматы, Казахстан  
m.amreev@aes.kz, [mubor194@gmail.com](mailto:mubor194@gmail.com), 64razak@mail.ru

**Аннотация.** Публикация посвящена разработке имитационной модели магистральной мультисервисной сети и исследованию надежности ее конфигурации на основе экспериментов на модели. Известно, что в системах связи выходной эффект может выражаться: числом работающих каналов, количеством обслуживаемых объектов, количеством вызовов. В нашем случае путем исключения оборудования проверена надежность работы разработанной имитационной модели сети по величине распределения параметров различных характеристик, например, общего числа проходимых пакетов. Для этого вначале эксперимента по моделированию определяется общее количество пакетов, проходящих через сеть при нормальной работе всего оборудования мультисервисной сети.

Результаты прогона модели показывают, что при удалении даже 2-х маршрутизаторов получаем характеристики сети, где надежность в сети не изменяется. Это подтверждает надежность разработанной конфигурации сети.

**Ключевые слова:** надежность мультисервисной сети, имитационная модель, связь, маршрутизатор, система, трафик, функции, эффективность.

#### **Введение**

При анализе известных источников [1-3] установлено, что в них не исследуются проблемы надежности в магистральных мультисервисных сетях на основе имитационного моделирования на пакете прикладных программ Opnet modeler ver. 14.5.

В данной работе рассматриваются проблемы анализа надежности работы мультисервисной сети путем имитационного моделирования на Opnet modeler ver. 14.5.

Мультисервисная сеть связи предоставляет абонентам различный перечень сервисов с необходимыми возможностями для их проверок, персонализации, создания новых видов обслуживания в связи с её стандартизацией решения далее, хранения, обработки и поиска информации в системе сети.

Надежность – свойство сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения. Надежностью какого-либо объекта обычно называют свойство, заключающееся в способности выполнять определенные задачи в определенных условиях эксплуатации [4].

Малопригодными являются случаи, когда полный отказ некоторой группы элементов системы не означает полного нарушения функционирования системы, а только снижает качество обслуживания и эффективности функционирования.

Техническая эффективность системы – свойство системы создавать некоторый полезный результат (выходной эффект) в течение некоторого периода эксплуатации в

определенных условиях. Она характеризуется коэффициентом сохранения эффективности КСЭ [5].

КСЭ – это отношение показателя эффективности системы, рассчитанного с учетом возможности отказов, к номинальному значению этого показателя

В системах связи выходной эффект может выражаться:

- числом работающих каналов,
- количеством обслуживаемых объектов,
- количеством вызовов и т.д.

$$K_{сэ} = Mf(x),$$

где  $M$  – математическое ожидание,

$f(x)$  – показатель относительной эффективности системы в состоянии  $x$

$$0 < f(x) < 1.$$

В последнее время во всем мире наблюдается повышенное внимание к проблемам надежности функционирования сетей связи.

Причины этого заключаются в следующем:

- повышенные требования со стороны пользователей,
- усиление конкуренции между операторами связи,
- быстрое развитие новых технологий и услуг,
- возникновение в сетях связи ряда стран серьезных аварий.

Например, в 1991 году обрыв ОВ кабеля в Нью-Йорке заблокировал на 8 часов 60 процентов трафика, не работали биржи и аэропорты.

Поэтому были разработаны новые подходы к оценке надежности систем, учитывающие:

- степень снижения качества обслуживания,
- продолжительность неработоспособности,
- широту распространения влияния отказов.

Поэтому решим, экспериментально используя разработанную имитационную модель магистральной мультисервисной сети, приведенную на рисунке 1 для выполнения следующих экспериментов.



Рисунок 1– Разработанная имитационная модель сети

Установить на рабочем столе Opnetmodelerv.14.5 имитационную модель магистральную мультисервисной сети IP/MPLS.

- Исключим 1 маршрутизатор из модели магистральной мультисервисной сети IP/MPLS.

- Исключим 2 маршрутизатора из имитационной модели магистральной мультисервисной сети IP/MPLS.

- Проведем эксперимент по моделированию магистральной мультисервисной сети IP/MPLS и расчет величины общей и других видов нагрузки, например, голосового трафика, проходящего по сети, когда исключен 1 маршрутизатор, и когда исключаются два сразу маршрутизатора.

В нашем случае путем исключения оборудования проверим надежность работы разработанной модели сети приведенной на рисунке 2 модели (расположенной внизу слева) по величине распределения параметров различных характеристик, например, общего числа проходимых пакетов и т.д.

Для этого вначале эксперимента по моделированию определим общее количество пакетов, проходящих через сеть при нормальной работе всего оборудования мультисервисной сети.

Результаты прогона модели показывают, как видно из рисунка 2, что при удалении маршрутизатора node 9 получаем следующие характеристики сети:

Общее количество переданных пакетов по сети равно 980 000 000– рисунок 2 (расположенный наверху).

Общий голосовой трафик составил 0,1 процентов, как показывает рисунок 2, расположенный справа внизу.

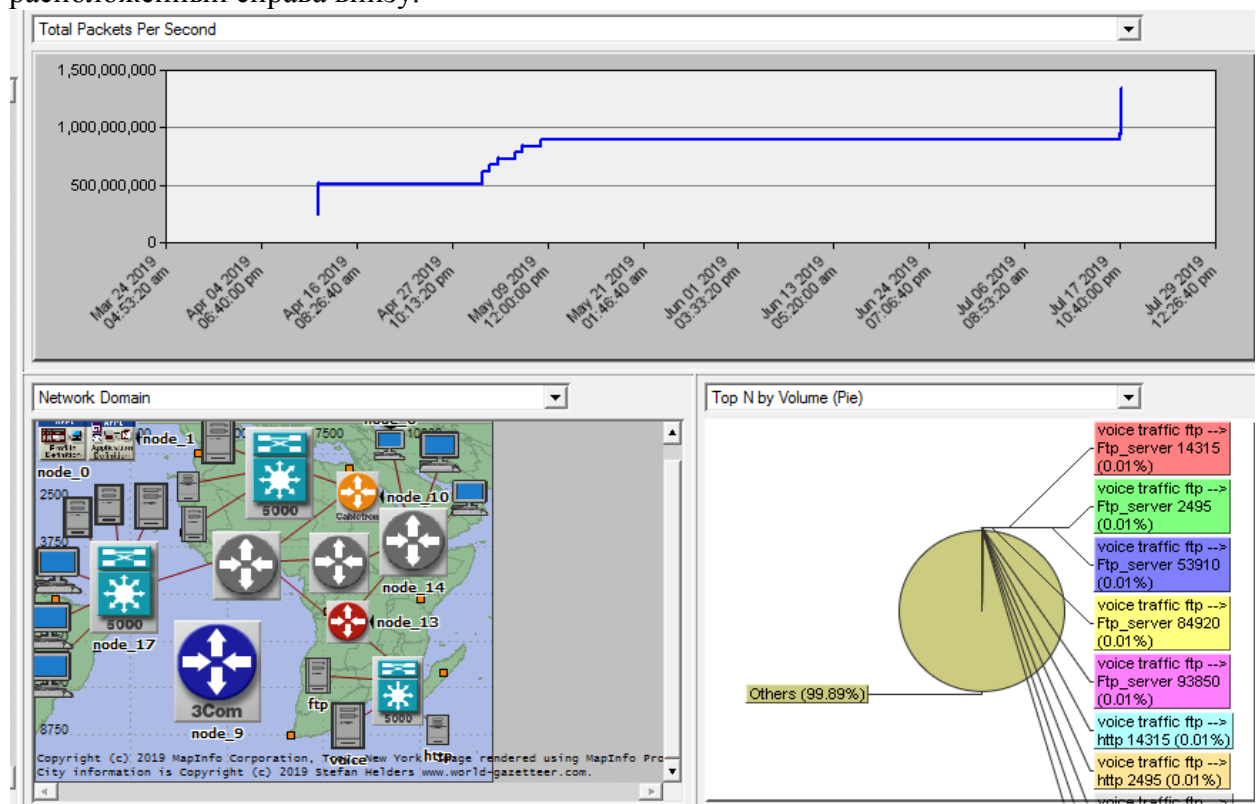


Рисунок 2 – Окно сети и некоторых характеристик при удалении маршрутизатора node 9

Удаленный маршрутизатор под номером node 9 (расположенный слева имеющий большой размер), не имеющий связей с сетью[4].

Как показывает таблица 1 и диаграмма 1, всего прошло 980 000 000 пакетов и совпадает с графическими данными, как показывают расчеты, полученные при моделировании, когда все устройства были на месте.

Таблица 1 - Расчеты

ftp,server ftp,http	Интернет	Интер серв	node 10-13	node14	node15	node 17	node (2- 8)x7	node 9	video	voice 1- 2	voice server
120 000000	30 000000	38000000	160 000000	38000000	39000000	25000000	320 000000	40000000	30000000	70000000	70000000

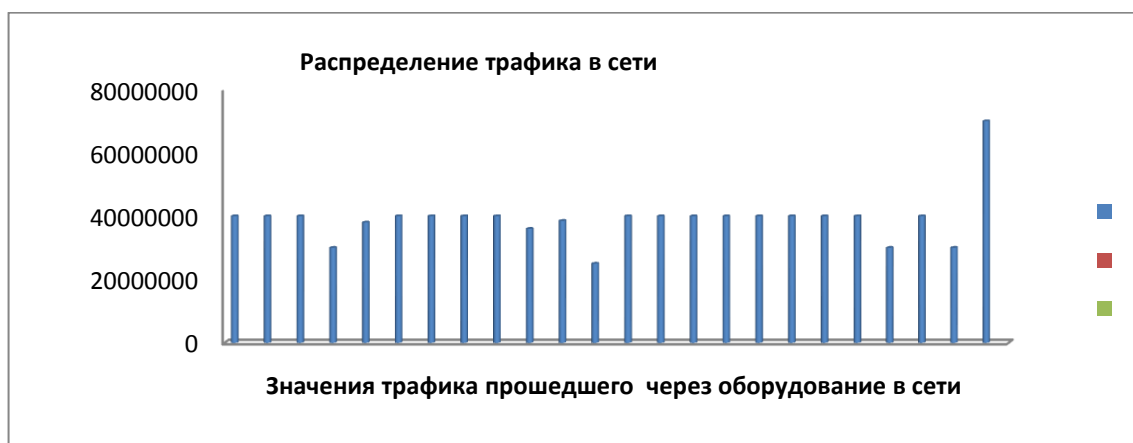


Диаграмма 1 - Распределение общего числа пакетов через разные оборудования по сети

Далее, удаляем маршрутизатор node15 и получаем следующий результат при моделировании без него.

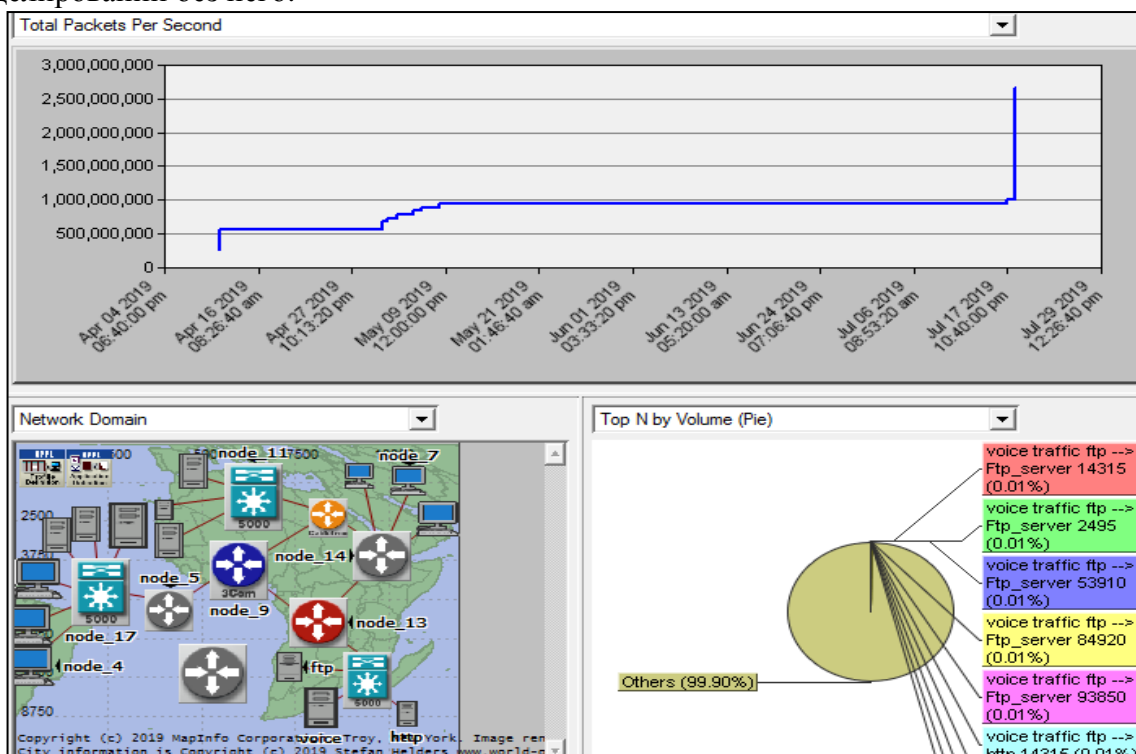


Рисунок 3- Удаление маршрутизатора под номером 15

При удалении маршрутизатора из ядра под номером 15 имеем те же параметры, что и при удалении маршрутизатора 9.

Далее, удаляем два маршрутизатора 5 и 15, как показано на рисунке 4.

На рисунке 4 внизу стоят два маршрутизатора, удаленные из модели.

Промоделируем после выполненных процедур по моделированию для получения общей нагрузки по сети и величину голосовой нагрузки, приведенной после прогона модели на рисунке 4.

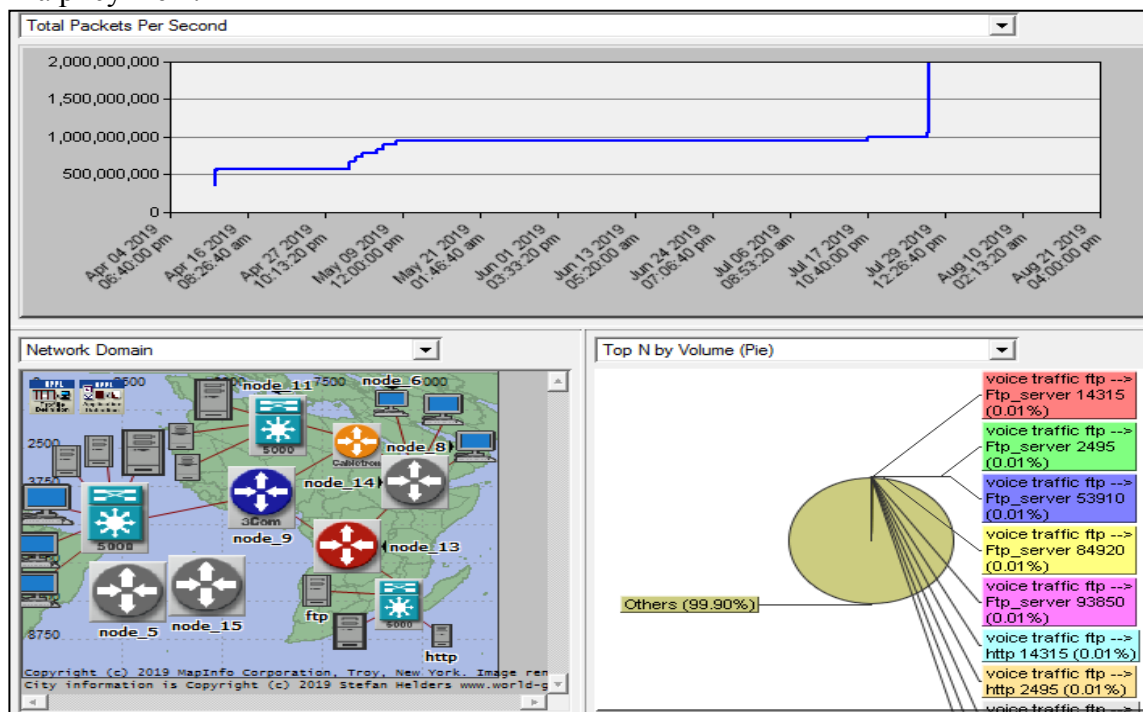


Рисунок 4 - Результаты, полученные после удаления двух маршрутизаторов из модели

Приходим к выводу о том, что в сети произошло перераспределение и передача пакетов по другим путям, но в итоге прошло то же количество пакетов около 1 000 000 000, как показано на рисунке 4 сверху [5].

Перейдем к методу обеспечения проверки безопасности сети в целях повышения ее надежности при построении ее структуры проектирования.

Целью такого метода является обеспечение безопасности структуры построения имитационной модели магистральной мультисервисной сети IP/MPLS. Для этого необходимо изучение вопросов безопасности структуры построения сети и значения при повышении надежности функционирования исследуемой сети, изучение из главного меню программного пакета Opnetmodeler 14.5 его модуль NetDoctor [4].

При анализе и исследовании промоделированной сети необходимо провести проверку ее на безопасность технологии ее функционирования. Проведем ее проверку экспериментальным путем на основе модуля NetDoctor, находящегося в составе OPNETModelerV 14, используемого для анализа настроек выбранных сетевых узлов. Модуль дает возможности обнаруживать неверные настройки и оценки параметров, нарушение политики безопасности для данной части сегмента сети, неверную эксплуатацию устройств, неверную структуру расположения в пространстве сети и так далее. Сами устройства всегда разносятся в пространстве и не дают возможности доступа к их настройкам для анализа и исследования технологии функционирования в сети. В модуле NetDoctor предполагаем о том, насколько смоделированная сеть соответствует параметрам и характеристикам, описанным при ее проектировании для ее эксплуатации [5].



В результате этой структурной технологии получаем возможности выявления ошибок в виде информации Error.

Поэтому вернемся к имитационной модели магистральной мультисервисной сети и курсор мыши подведем в меню к NetDoctor, и нажмем на левую сторону ее, как показано на рисунке 5.

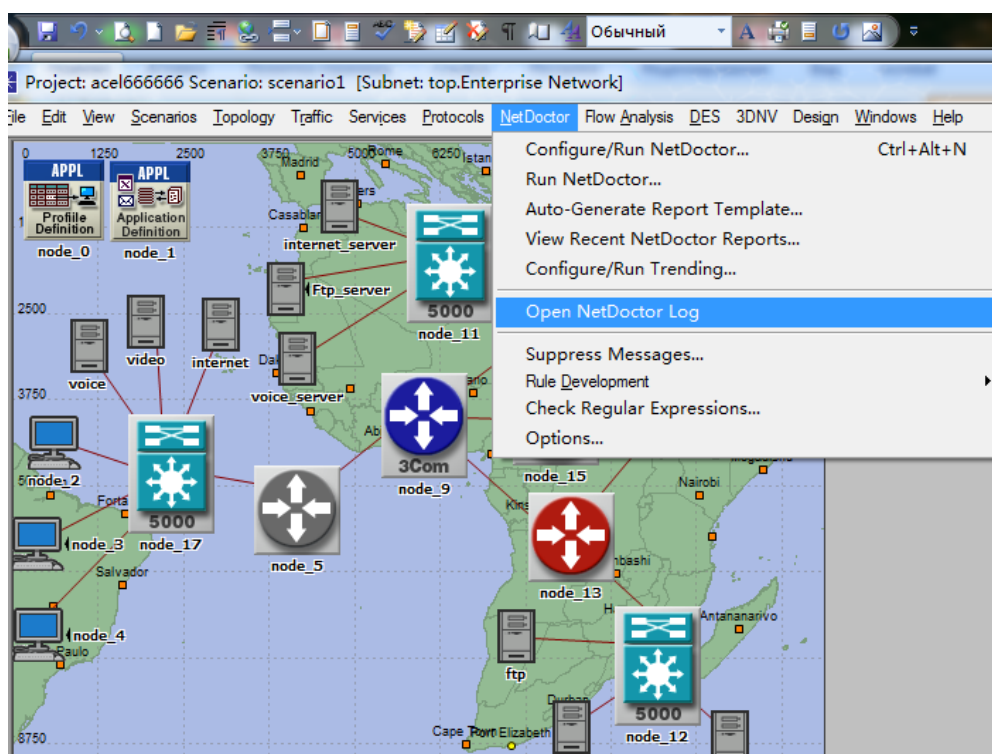


Рисунок 5- Окно использования NetDoctor

Из рисунка 5 видно, что на левой стороне расположен остаток от срезанной части модели сети, нажимаем на подменю Open NetDoctor log и получаем рисунок 6.

Severity	Category	Message
Information	Run Execution	Starting "Default NetDoctor Report" on "acel666666-scenario1"
Information	Run Execution	Preparing for execution took 3s.
Information	Run Execution	Executing prologues took 0s.
Information	Run Execution	Execution of 0 rules took 0m 0s.
Information	Run Execution	Writing report files took 2s.
Information	Viewing Report	Launching web browser. Please allow some time.....
Error	Viewing Report	Unable to launch Web report view for report: C:\Users\jam\op_re
Information	Run Execution	Completed "Default NetDoctor Report" on "acel666666-scenario

Рисунок 6 - Окно получения результата моделирования структуры имитационной модели магистральной мультисервисной сети IP MPLS

Из рисунка 6 в строке справа под номером 7 видно, что в сети имеется ошибка, где запись подкрашена в желтый цвет, необходимо ее устранить. При ее устранении она просто исчезнет, с ней исчезнет и запись Error, как показано на рисунке 7.

	Date	Severity	Category	
1	08:39:50 Jan 10 2016	Information	Run Execution	Starting "Default NetDoct
2	08:39:50 Jan 10 2016	Information	Run Execution	Preparing for execution tok
3	08:39:50 Jan 10 2016	Information	Run Execution	Executing prologues took
4	08:39:50 Jan 10 2016	Information	Run Execution	4 rules took less than 30s
5	08:39:50 Jan 10 2016	Information	Run Execution	Execution of 4 rules took 0
6	08:39:51 Jan 10 2016	Information	Run Execution	Writing report files took 1s.
7	08:39:51 Jan 10 2016	Information	Viewing Report	Launching web browser.
8	08:39:51 Jan 10 2016	Information	Run Execution	Completed "Default NetDoct

Рисунок 7- Окно устранения ошибки

### Заключение

Таким образом, в данной публикации при исследовании построенной имитационной модели магистральной мультисервисной сети доказано путем проведения экспериментов то, что построенная модель сети является надежной и имеет безопасную структуру построения, и методы построения можно использовать при проектировании или модернизации магистральных мультисервисных сетей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Кистен С. Пинг-Цай Чунг. Анализ и экспериментирование на динамический маршрутизация протоколы: EIGRP и OSPF (кафедра Comput.Sci., LongIsland Univ., Бруклин, Нью-Йорк, США); Источник: Международная конференция по Интернету Вычислительный - IC'03, p 591-3 Vol.2, 2003.

[2] Thorenoor SG. Протокол динамической маршрутизации. Решение о реализации между EIGRP, OSPF и RIP основаны на техническом опыте с помощью OPNET Modeler (Wipro Technol., Бангалор, Индия). Источник: Материалы Второй международной конференции 2010 года. Конференция по компьютерам и сети Технология (ICCNT 2010), стр. 191-195, 2010.

[3] Джагдип Singh, а также Д – р Раджив Mahajan. Моделирование Основан Сравнительная степень Исследование RIP, OSPF и EIGRP. // Международный журнал передовых исследований. Информатика и разработка программного обеспечения. Том 3. Выпуск 8, август 2013.

[4] Якубова М.З., Якубов Б.М. Доклад на 9-ой МНТК «Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях». Алматы, 2014.

[5] Yakubova M.Z., Yakubov B.M. Report on the 9th MNTK "Energy, telecommunications and higher education in modern conditions" Almaty 2014.

## МАГИСТРАЛДЫ МУЛЬТИСЕРВИСТІК ЖЕЛІНІҢ ЖАСАЛҒАН ИММИТАЦИЯЛЫҚ МОДЕЛІ НЕГІЗІНДЕ КОНФИГУРАЦИЯ СЕНІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

**М.Б. Амреев, М.З. Якубова, А.О. Касимов**

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті», КеАҚ,  
Алматы қ., Қазақстан  
[m.amreev@aes.kz](mailto:m.amreev@aes.kz), [mubor194@gmail.com](mailto:mubor194@gmail.com), [64razak@mail.ru](mailto:64razak@mail.ru).

*Аңдатпа.* Мақалада магистралды мультисервистік желінің моделін жасау қарастырылған және модельге тәжірибе жүргізу негізінде оның конфигурациясының сенімділігі зерттелген. Байланыс жүйелерінде шығыс әсері жұмыс істеп тұрған арналардың саны, қызмет көрсетілетін нысандармен қоңыраулар саны арқылы берілетіні белгілі. Біздің жағдайда, жабдықты алып тастағанда түрлі сипаттамалардың өлшемдерін тарату көлемі бойынша желінің әзірленген имитациялық моделінің жұмыс сенімділігі, мысалы берілген пакеттердің жалпы саныны тексерілген. Ол үшін модельдеу тәжірибесінің басында барлық мультисервистік желі жабдықтарының қалыпты жұмысы кезінде желі арқылы өтетін дестелердің жалпы саны анықталады.

Модельді іске қосу нәтижелері тіпті 2 бағдарлауыштарды алып тастағаннан кейін де желінің сенімділігінің өзгермейтіндігін көрсетеді. Бұл желінің әзірленген конфигурациясының сенімділігін растайды.

*Тірек сөздер:* желінің мультисервистік сенімділігі, модельдеу үлгісі, байланыс, бағдарлауыштар, жүйе, трафик, тиімділік.

## RESEARCH OF RELIABILITY OF CONFIGURATION BASED ON THE DEVELOPED SIMULATION MODEL OF THE MASTERLINE MULTISERVICE NETWORK

**M.B. Amreyev, M.Z. Yakubova, A.O. Kassimov**

Non-profit JSC “Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named  
after Gumarbek Daukeev”, Almaty, Kazakhstan  
[m.amreev@aes.kz](mailto:m.amreev@aes.kz), [mubor194@gmail.com](mailto:mubor194@gmail.com), [64razak@mail.ru](mailto:64razak@mail.ru).

*Abstract.* The publication is devoted to the development of a simulation model of a backbone multiservice network and the study of the reliability of its configuration based on experiments on the model. It is known that, in communication systems, the output effect can be expressed: the number of working channels, the number of objects served, the number of calls. In our case, by excluding the equipment, the reliability of the developed simulation network model is checked by the distribution of parameters of various characteristics, for example, the total number of packets passed. To do this, at the beginning of the modeling experiment, the total number of packets passing through the network is determined during normal operation of all multiservice network equipment.

The results of the model run show that when even 2 routers are removed, we obtain network characteristics where the network reliability does not change. This idea confirms the reliability of the developed network configuration.

*Keywords:* multiservice network reliability, simulation model, communication, router, system, traffic, functions, efficiency.



## АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

МРНТИ 20.20.19

Е.В. Кухаренко, Г.Ж. Оспанова

Северо-Казахстанский государственный университет имени Манаша Козыбаева  
[ospanova.19@mail.ru](mailto:ospanova.19@mail.ru)

### К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ

**Аннотация.** Цифровизация и автоматизация процессов управления предъявляют новые требования к нормативным базам – обеспечение целостности данных является новым регуляторным требованием в сфере электронного документооборота, соблюдение которого на прямую влияет на ее актуальность и функциональность. В статье рассмотрены показатели качества нормативной базы с позиции количественных ее параметров, предложена модель функционирования нормативной базы на основе модели Холлинга-Тэннера. Рассмотрены модели процесса обновления нормативной базы для повышения ее качественных характеристик и управляемости нормативной базы.

**Ключевые слова:** нормативная база, целостность нормативной базы, модели целостности нормативной базы

#### Введение

В концепции всеобщего управления качеством и при внедрении системы менеджмента качества решающую роль играет формирование и ведение нормативной базы – совокупности регламентирующих процессы документов, разрабатываемых для каждой конкретной системы и ее подсистем. Качество самой нормативной базы является важнейшим показателем функционирования процессов в системе и всей системы в целом. Снижение показателей качества нормативной базы приводит к невозможности проведения мониторинга системы, увеличению уровня энтропии в ней и, как следствие, появлению ошибок и сбоев.

Для формирования нормативной базы надлежащего качества необходимо рассматривать показатели ее качества с позиций количественных характеристик и комплексного подхода.

#### Материалы и методы

Нормативная база характеризуется глубиной и широтой документов, регламентирующих процессы в системе. Глубина нормативной базы измеряется вариативностью документации по ведению различаемых процессов (для каждого различаемого процесса должен быть свой нормативный документ, регламентирующий его деятельность), широта – обеспеченностью всех процессов нормативными регламентирующими документами (не должно существовать процессов, не обеспеченных регламентом и сравниваемых по аналогии с некоторыми различными процессами). Таким образом, нормативная база должна быть стратегически ориентирована на формирование и развитие системы управления и обеспечение успешного течения процессов в системе.

Исходя из этого, будем рассматривать нормативную базу как совокупность документов, объединенных признаком обеспечения процессов в системе и придающих системе свойство управляемости. Уровень сложности нормативной базы определяет

численность документов в ней, их иерархическую структуру, взаимосвязанность и взаимоподчиненность.

Нормативную базу можно сформировать в полном варианте и укрупненном – группировать документы по типам процессов, назначению, стратегическому управлению, направленностью на конкретную группу подсистем. Формирование укрупненного варианта нормативной базы означает ее структурирование, повышающее коэффициент управляемости и систематизации с целью обнаружения ошибок.

Основными показателями качества нормативной базы являются ее структура, полнота, глубина, детерминированность и обновляемость. Рассматриваются указанные показатели комплексно и представляют собой целостную систему показателей, используемых в процессах принятия управленческих решений по контролю качества нормативной базы.

Под структурой нормативной базы будем понимать долю определенных совокупностей документов к общей их численности. Таким образом, сгруппированные по определенным признакам документы представляют собой более структурированную нормативную базу в случае их небольшой доли в общем количестве. Например, группа документов с долей 0,5 представляет собой слабо структурированную нормативную базу по причине их расположения в ней по принципу реляционной алгебры – отсутствие иерархии и сгруппированности. Вследствие чего слабо структурированная нормативная база является и системой с низкими показателями управляемости.

Широта нормативной базы будет выражаться соотношением количества групп документов на момент ее определения в общем количестве групп процессов. То есть, широта задает обеспеченность регламентирующими документами всех процессов системы. Значение широты меньше 1 означает отсутствие групп документов по некоторым процессам, определенным группой процессов.

Полнота нормативной базы задается соответствием фактического наличия документов разработанному перечню регламентирующей документации. Для определения полноты выявляется соотношение фактического количества документов к численности документов, предусмотренных для обеспечения всех процессов системы.

Глубина нормативной базы рассматривается как численность разновидностей документов по направлениям деятельности в системе и процессам в ней. Соотношение фактического количества документов по группе процессов и регламентированной численности документов по каждой группе задает численную характеристику глубины нормативной базы.

Параметр «детерминированность нормативной базы» можно охарактеризовать как способность нормативной базы поддерживать и регламентировать все процессы системы в каждый момент времени. Нарушения свойства детерминированности нормативной базы приводят к неспособности системы регламентировать процессы и, как следствие, нарушению управляемости системы. Коэффициент детерминированности можно определить как соотношение суммарного количества отсутствующих либо не соответствующих требованию целостности на момент мониторинга документов к регламентированному количеству документов.

Обновляемость нормативной базы характеризуется долей новых документов в средней численности документов нормативной базы. Данный показатель определяет долю вновь вводимых документов и является параметром, характеризующим устойчивость всей системы в целом, так как введение новых документов демонстрирует появление новых процессов в системе.

### **Результаты**

Рассмотрим процесс функционирования нормативной базы как отображение ее контента из множества документов и показателей нормативной базы в момент времени  $t$

во множество документов и показателей нормативной базы в момент времени  $(t+1)$ , причем в общем случае первое подмножество является собственным подмножеством второго. Скорость прироста качества нормативной базы зависит от ее структурированности и согласованности документов, обеспечивающих в совокупности целостность нормативной базы (на основе модели Холлинга-Тэннера):

- скорости согласования системы при самоорганизующейся системе  $r_i x_i$ ;
- влияния внутригруппового кумулятивного эффекта  $r_i x_i \frac{x_j}{K}$ ;
- влияние управленческого воздействия  $w_i y \frac{x_i}{x_i + D}$
- количество документов, подлежащих согласованию и структурированию на момент времени  $t$ , изменяется со скоростью  $y' = y \left( s - \frac{s_j}{x} y \right)$ .

Здесь:  $X_i$  – количество согласованных документов в контенте нормативной базы;  $y$  – общее количество документов, необходимое к согласованию на момент времени  $t$ ;  $R$  – скорость согласования и структурирования системы;  $J$  – количество документов, подлежащих согласованности в интервал времени  $(t-1;t)$ ;  $K$  – коэффициент «согласованности»  $i$ -того и  $j$ -того членов группы;  $W$  – вектор “согласованности”  $i$ -того члена группы с лицом, принимающим решения;  $D$  – количество дополнительной информации, возможно вспомогательной;  $S$  – параметр темпа согласования и структурирования (положительно, если происходит согласование и структурирование; отрицательно, если - рассогласование).

Тогда модель процесса согласования документов и структурирования нормативной базы с учетом кумулятивного эффекта и управленческого воздействия выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} x' = r_i x_i + \sum_{j \neq i} r_i x_i \frac{x_j}{K_{ij}} + w_i y \frac{x_i}{x_i + D} \\ y' = y \left( s - \frac{s_j}{x} y \right) \end{cases} \quad (1)$$

В данной системе дифференциальных уравнений необходимо формализовать коэффициенты и векторы согласованности, вопрос нарастания размерности задачи включен в размерности векторов и матриц, что не увеличивает сложность решения системы дифференциальных уравнений. Кроме того, универсальность и независимость от особенностей нормативной базы модели Холлинга-Тэннера позволяет рассматривать ее как обобщенный подход к моделированию поведения нормативной базы.

Обобщенная модель дает лишь общее представление о поведении нормативной базы, рассмотрение же структуры и взаимосвязей между документами в ней требует более детального, не столь агрегированного подхода. При этом возникает вопрос согласованности документов и сохранности свойств нормативной базы в концепции целостности и согласованности документов. Для этого за основу принят вероятностный подход, позволяющий упорядочить документы и формализовать возможность внесения изменений в них.



При этом необходимо принять следующие допущения, не ограничивающие общности модели, но формально описывающие ограничения внесения изменений в документы согласно принципам модели Белла-Ла-Падулы :

1. условная вероятность  $p_{ij}$  переноса изменений от любого документа  $i$  к другому документу  $j$  против направления подчиненности документов тождественно равно нулю;
2.  $p_{ii}=1$ , если документ  $i$  не имеет подчиненных ему документов для внесения изменений в них: с точки зрения динамики марковского процесса такое состояние называется возвратным;
3.  $p_{ij}=0$ , если документы  $i$  и  $j$  не смежны, то есть если изменение одного из документов не может быть начато сразу после другой;
4.  $p_{ii}=0$ , если дисциплина  $i$  не завершает обучение по специализации.

Полное обновление компонента нормативной базы  $Sp_k$ , объединяющего взаимосвязанные документы, возможно лишь при условии появления одного из событий  $d_1, d_2, \dots, d_x$ , то есть после обновления и приведения в соответствие документов, образующих полную группу. Тогда вероятность полного обновления нормативной базы  $Sp$  равна сумме произведений вероятностей каждого из этих событий на соответствующие условные вероятности события  $Sp_k$  :

$$P(Sp) = \sum_{i=1}^n P(d_i)P_{d_i}(Sp) \quad (2)$$

События  $d_1, d_2, \dots, d_x$  образуют набор обновленных документов компонента  $Sp_k$ , следовательно, они единственно возможные и совместимые.

Так как события  $d_1, d_2, \dots, d_x$  – единственно возможные, а событие  $Sp_k$  может произойти только вместе с одним из событий, то

$$Sp_k = \sum_{i=1}^N d_i Sp_k \quad (3)$$

В силу того, что события  $d_1, d_2, \dots, d_x$  совместимы, можно применить теорему сложения вероятностей:

$$P(Sp_k) = P(d_1 Sp_k) + P(d_2 Sp_k) + \dots + P(d_x Sp_k) = \sum_{i=1}^x P(d_i Sp_k) \quad (4)$$

По теореме умножения  $P(d_i Sp_k) = P(d_i) \cdot P_{d_i}(Sp_k)$ , откуда и получается приведенное утверждение.

Таким образом, прогноз обновления группы документов в нормативной базе строится, используя байесовский подход, и определяется вероятность обновления группы согласованных и взаимосвязанных документов.

### Выводы

Управляемость нормативной базы является показателем, зависящим от ее согласованности, структурированности и управленческого воздействия на ее контент. Размерность задачи не является решающим параметром, воздействующим на управляемость нормативной базы, что позволяют утверждать полученные решения модели на основе модели Холлинга-Тэннера.

Для формирования целостной нормативной базы необходимо учитывать процессы ее обновления и согласования контента при байесовском подходе, что позволяет утверждать об адаптивности системы управления целостностью нормативной базы и возможности

применения в дальнейшем энтропийного подхода к моделированию процессов функционирования нормативной базы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Губарев В.В. Кибернетика, синергетика, информатика: учебное пособие / В. В. Губарев. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2019. — 38 с.
- [2] Зарецкий А.Д. Содержание норм и нормативов. Основные требования, предъявляемые к нормативной базе в современных условиях // Режим доступа: [https://studme.org/1628041423742/menedzhment/normativnaya\\_baza\\_planirovaniya](https://studme.org/1628041423742/menedzhment/normativnaya_baza_planirovaniya) [10.01.2020]
- [3] Подпрудников Ю.В. Новые нормативные требования к обеспечению целостности данных // Режим доступа: <http://dspace.nuph.edu.ua/bitstream/123456789/15180/1/131-133.pdf> [09.01.2020]
- [4] Подпрудников Ю.В. Новые нормативные требования к обеспечению целостности данных // Режим доступа: <http://dspace.nuph.edu.ua/bitstream/123456789/15180/1/131-133.pdf> [09.01.2020]
- [5] Храпцовская Н.А. Актуальные проблемы современного делопроизводства и документооборота // Режим доступа: [https://www.eos.ru/eos\\_delopr/eos\\_delopr\\_intesting/107/15877/](https://www.eos.ru/eos_delopr/eos_delopr_intesting/107/15877/) [02.01.2020]
- [6] Цветкова А.В. Информатика и информационные технологии: учебное пособие / А.В. Цветкова. — Саратов: Научная книга, 2018. — 189 с.

## LIST OF REFERENCES

- [1] Gubarev, V.V. Cybernetics, synergetics, computer science: textbook / V.V. Gubarev. - Novosibirsk: Siberian State University of Telecommunications and Informatics, 2019.- 38 p.
- [2] Zaretsky A.D. The content of norms and standards. The main requirements for the regulatory framework in modern conditions // Access mode: [https://studme.org/1628041423742/menedzhment/normativnaya\\_baza\\_planirovaniya](https://studme.org/1628041423742/menedzhment/normativnaya_baza_planirovaniya) [10.01.2020]
- [3] Ross A., Jain A. Multimodal biometrics: An overview // Proceedings on 12th European Signal Processing Conference.- 2004.- p. 1221-1224 Podrudnikov Yu.V. New regulatory requirements for ensuring data integrity // Access mode: <http://dspace.nuph.edu.ua/bitstream/123456789/15180/1/131-133.pdf> [01/09/2020]
- [4] Podrudnikov Yu.V. New regulatory requirements for ensuring data integrity // Access mode: <http://dspace.nuph.edu.ua/bitstream/123456789/15180/1/131-133.pdf> [01/09/2020]
- [5] Khramtsovskaya N.A. Actual problems of modern office work and workflow // Access mode: [https://www.eos.ru/eos\\_delopr/eos\\_delopr\\_intesting/107/15877/](https://www.eos.ru/eos_delopr/eos_delopr_intesting/107/15877/) [02.01.2020]
- [6] Tsvetkova, A. V. Informatics and information technology: a training manual / A. V. Tsvetkova. - Saratov: Scientific Book, 2018 .- 189 с.

## TO THE QUESTION OF ASSESSING THE QUALITY OF A NORMATIVE DATABASE

**E.V. Kukharenko, G.Zh. Ospanova**

North Kazakhstan State University, Petropavlovsk, Kazakhstan  
[ospanova.19@mail.ru](mailto:ospanova.19@mail.ru)

**Abstract.** Digitalization and automation of management processes pose new requirements for regulatory database. Ensuring database integrity is a new regulatory requirement in the field of electronic document control, compliance with which directly affects its relevance and functionality. In the article, the quality indicators of the regulatory database from the point of view of its quantitative parameters are considered. A model of regulatory database on the Holling-Tanner model is proposed. Models of the process of updating the regulatory database to improve its quality characteristics and manageability of the regulatory database are considered.

**Keywords:** regulatory database, regulatory database integrity, model of regulatory database integrity.

## НОРМАТИВТІК МӘЛІМЕТТЕРДІҢ САПАСЫН БАҒАЛАУ МӘСЕЛЕСІ

**Е.В. Кухаренко, Г.Ж. Оспанова**

Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Петропавл қ., Қазақстан  
[ospanova.19@mail.ru](mailto:ospanova.19@mail.ru)

**Аңдатпа.** Басқару үрдістерін автоматтандыру мен цифрлау нормативтік базаға жаңа талаптар қояды. Деректердің тұтастығын қамтамасыз ету электронды құжат айналымы саласындағы жаңа реттеуші талап болып табылады және оның сақталуы өзектілігі мен қызметіне тікелей әсер етеді. Мақалада нормативтік базаның сапа көрсеткіштері оның сандық өлшемдері тұрғысынан қарастырылған, Холлинг-Тэннер моделі негізінде нормативтік базаның жұмыс істеу үлгісі, нормативтік базалардың сапалық сипаттамаларын арттыру үшін нормативтік базаны жаңарту үрдісінің үлгісі ұсынылған.

**Тірек сөздер:** нормативті-құқықтық база, нормативтік базаның тұтастығы, нормативтік базаның тұтастық модельдері.



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ГРНТИ 81.93.29

**L. Mukhamadiyeva, G. Shyntore, A. Moldagulova**

International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan  
[lauramttt@gmail.com](mailto:lauramttt@gmail.com), [guldana.shyntore@gmail.com](mailto:guldana.shyntore@gmail.com), [aiman.moldagulova@gmail.com](mailto:aiman.moldagulova@gmail.com)

### FACE RECOGNITION WITH USING A COMBINED METHOD

**Annotation.** Due to the rapid development of information security and the processing of unstructured data, there is a wide variety of identification methods: voice, fingerprints, signature, retina recognition and human face. Today, biometric identification methods are of great interest, allowing to determine a person's personality by its physiological characteristics by recognition by samples. The analysis of existing algorithms for recognizing the geometric characteristics of the face is carried out to identify the positive and negative features of each of them, on the basis of which a combined method for identifying the face is developed. The relevance of this article is the creation of a combined method of face recognition using the OpenCV library of technical vision and the Viola – Jones algorithm, with the help of which the face from the video frame is identified with the definition of 68 points of the face. An algorithm for automatically adjusting the brightness and contrast of an image to efficiently recognize the geometric structure of a face is also considered. The main goal of this work is to develop methods for recognizing and detecting faces that increase the reliability of identification of objects of analysis, reduce the level of false recognition, reduce the training time of the classifier and the time of preliminary processing and recognition of the image.

**Keywords:** face recognition, flexible contours, facial asymmetry, color correction.

#### Introduction

Automatic security systems with “face control” and monitoring of unauthorized activity, toy robots and autonomous space probes, analysis of documents and images, video databases, self-learning computer systems, computer control using gestures, application program interfaces are just some examples of the use of “computer vision” technologies - one of the most promising research areas, which opens up new methods of interacting with a computer without using classical x interaction devices "human-computer". Friendly and personalized ways of communicating with a computer mean that the interfaces of a new generation should identify the environment surrounding a person and, at a minimum, recognize himself, i.e. teach a computer to identify a person's personality. There is a wide variety of biometric identification methods: voice, fingerprints, signature, recognition of the retina and iris, human face; moreover, many of them have received wide commercial application and are used in practical and commercial developments [1].

The existing needs for creating systems that implement the solution of such problems impose severe restrictions on the speed of the algorithms, which should work in near real-time mode. To successfully solve the problem of face recognition, ensuring a high speed of work should also be combined with a small number of false recognitions. In systems that implement existing recognition methods, with an increase in the level of recognition, a significant increase in the number of false decisions is observed, which makes their practical use difficult [2].

Today, biometric identification methods are of great interest, allowing to determine a person's personality by its physiological characteristics by recognition by samples. A classic example of biometrics is fingerprint analysis, and the latest technologies include the recognition

of the retina and iris. An interface like “stop and declare yourself” is needed for applications with high security requirements. For next-generation smart environments, face and voice recognition technologies are best suited. They are unobtrusive (recognition occurs at a distance, do not require a special level of illumination), and do not restrict the user in the freedom of movement [3].

But the most important thing, apparently, is that people usually recognize each other by their faces and voices, which means they will not experience any inconvenience with a system based on similar recognition methods. An aggravation of the situation with international terrorism has also given a new impetus to the development of human face recognition systems. The installation of such systems in crowded places (airports, train stations, large shopping centers) should facilitate the early detection of wanted persons [4]. With all the variety of different algorithms and image recognition methods, a typical recognition method consists of three components:

1. Conversion of the original image to the initial representation (may include both pre-processing and mathematical transformations, for example, the calculation of the main components).
2. Highlighting key characteristics of the image (for example, the first  $n$  principal components or discrete cosine transform coefficients are taken).
3. The classification mechanism: cluster model, metric, neural network, Consider the most common mathematical recognition methods used, based on the geometric characteristics of the face.

### **Methods**

There are several methods of face recognition: analysis of the geometric characteristics of the face, the method of principal components, or principal component analysis, a method of comparing standards, flexible comparison with the face graph. Most known methods for detecting faces can be represented by the following two categories:

1. Methods based on the construction of a certain set of rules for detecting faces in an image, one of which is the Viola-Jones method. These methods use the invariant properties of facial images and include two main stages: detection of elements and features characteristic of facial images and analysis of detected features, the formation of a decision on the number and spatial position of faces;
2. Methods in which the calculated feature vector is used to match the image, which is subsequently used to classify the images into two classes - face / not face. Each pixel of the analyzed image becomes a vector component, transforming a black and white image into a vector of space. Such methods include support vector methods and linear discriminant analysis. Each feature is either the distance between the key points, or the ratio of such distances [5].

Analysis of the geometric characteristics of the face. The essence of the method is to select a set of key points of the face and then select a set of features. Each feature is either the distance between the key points, or the ratio of such distances. In contrast to the method of comparing elastic graphs, here the distances are chosen not as arcs of graphs, but sets of the most informative features selected experimentally.

Key points can be the corners of the eyes, lips, the tip of the nose, the center and others. Principal component analysis, or principal component analysis. The main advantages of this method, is high accuracy while identification of the face, but lack of lights can affect to the efficiency of this method.

One of the most famous and well-developed is the principal component analysis method, based on the Karunen–Loevtransform. Active Appearance Models and Active Shape Models are statistical image models that can be adapted to a real image through various deformations. The essence of the ASM method is to take into account the statistical relationships between the location of anthropometric points on the available sample of face images taken in full face [6].

The simple algorithm makes creation of this method genuinely user-friendly, but nowadays existing modern solutions and technologies for face recognition.

Method for comparing standards. Comparison of standards is to highlight areas of the face in the image and then compare these areas for two different images. Each matched area increases the measure of image similarity. It is also one of the historically first methods of recognizing a person by facial image. To compare the areas, the simplest algorithms are used, such as pixel-by-pixel comparison of the image of the eye, as the key areas can be rectangular areas, including: eyes, nose, height, etc. The proposed face detection method is a combination of two methods: adaptive amplification and neural networks. The combination is constructed as follows: a component of the adaptive amplification method provides a decision whether there is a face on the image or not, and rejects images without faces [7].

Flexible comparison with face graph. The University of Southern California system recognizes faces by comparing face graphs. Agency DARPA and the US Army Research Laboratory have developed the Feret program.

The purpose of this program is to evaluate the effectiveness of the proposed algorithms and stimulate the development of the best of them. During the implementation of the Feret program, several algorithms demonstrated the highest level of recognition accuracy for large databases under the most difficult testing conditions for recognition. [8]

Neural Networks is another direction of recognition is the use of neural networks. ANN is a system of connected and interacting simple elements. Wide application of the machine vision system is found in the field of recognition of printed characters of a certain font, in cartography, metallurgy, industrial flaw. Each element of such a system deals only with ANN signals, which it periodically receives, and signals that it periodically sends to other elements. Nevertheless, being connected to a sufficiently large network with controlled interaction, such locally simple elements together are capable of performing rather complex tasks. For training, each new view has to carefully select the training parameters and other network characteristics manually, which, however, does not guarantee convergence.

Markov models are a powerful tool for modeling various processes and pattern recognition. By their nature, Markov models make it possible to directly take into account the spatiotemporal characteristics of signals and therefore have gained widespread use in speech recognition, and more recently in images.

The using of the combined method of adaptive amplification at the first stage allows the proposed method to be used in real time. At the second stage, neural networks re-test for the presence of a face in the image area, thereby allowing to correct the error of false detection of the adaptive amplification method [9].

These methods are widely used in a number of commercial products. Let's consider some of them. The analysis carried out by the showed that three stand out in the lead - these are the development of Viisage, Visionic, Miros. Visionic's FaceIt application is based on a local feature analysis algorithm developed at the University.

A commercial company in the UK integrated FaceIt into a television anti-crime system called Mandrake. This system searches for criminals by video data that come from 144 cameras connected in a closed network. When an identity is established, the system reports this to the security officer. It should be noted the development of a Russian company - the system uses high-resolution black and white cameras to operate, the decision time is one and a half seconds for the Pentium 200.

Taking into account every single methods and algorithms, there was written disadvantages of these systems:

1. Low statistical reliability (a high degree of deviation of the same key points of the face obtained in different shooting conditions), which reduces the reliability of recognition.



2. There are special lighting requirements in the rooms where the system is installed (for example, it is not possible to register faces of people coming in from the street on a sunny day). Depends on the lights and shadows, the effectiveness of the identification process is quite difficult.

3. For many algorithms, the inadmissibility of any external interference, such as glasses, a beard, some elements of the hairstyle. That kind of algorithms should solve this problem, because it can affect to the accuracy of the system. The Figure 1 show the recognition of the face depends on the 68 face points [10].

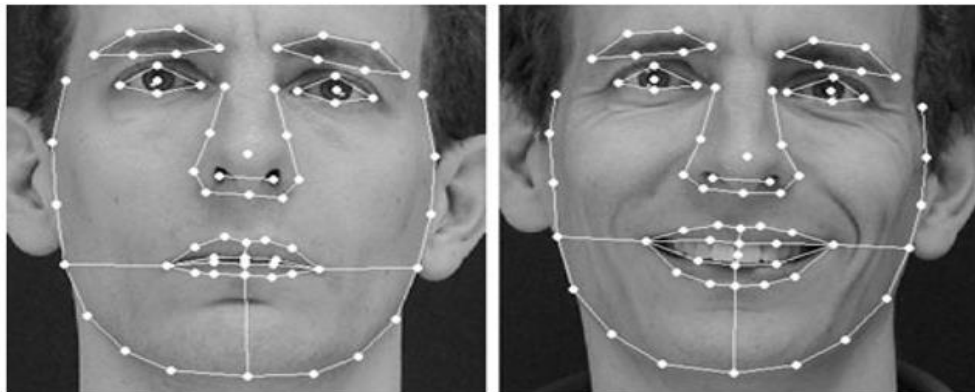


Figure 1 – Face recognition with 68 face points [10]

4. Obligatory frontal image of the face with very slight deviations.

5. Many algorithms do not take into account possible changes in facial expressions, that is, the expression should be neutral.

To conclude everything into account, developed combined method of face recognition, depends on the good and bad side of each methods and including correction of the colors, contrasts, brightness. The main emphasis was placed on the eyes of people, as facial expressions are always active, because of this there is a distortion of facial features, especially the eyes. The application contains the base which consists of eyes in different positions. It makes better accuracy of identification.

### **Results**

The result of our work should be an automated complex for Express analysis of binary images, which implements a mathematical model for describing the spatial structure of the displayed fields with invariant statistical characteristics of brightness differences. As a result, the fundamental component of the work is a detailed study of the global structural area of noctilucent cloud as a marker of changes in the polar vortex caused by the climatic trends of our planet at high latitudes and the interaction of clouds with the structural elements of the earth's topography. Test conditions for the facial recognition software package: A database was created from the video stream (faces with dots were cut out) in 88 people. A test video test stream has been created, consisting of 88 of the same persons as in the database, 48 persons included in the list of 88 people, but on another day, and 40 persons of strangers not included in the list of recognized people. Test results of the facial recognition software package:

1. All 88 people are recognized from the input stream.
2. The program took the picture of the unknown person (40).
3. The recognition time per object was 480 milliseconds.

## **Conclusion**

This article provides a description and results of the developed face recognition program, which has the following features:

1. A high percentage of identification.
2. The lack of influence of factors such as: hiding the upper part of the face (hairstyle, headgear), eyes (glasses, with the exception of sun glasses) and head tilt.
3. The time for recognizing a person is (in the used software package) 480 milliseconds for a base of 88 people.
4. To determine the points in the Viola – Jones algorithm, the color characteristics of the face are not very critical.
5. The created software package implements correction of image brightness and contrast to increase recognition accuracy.

Further areas of research should be directed to:

- improved recognition, taking into account the rotation and tilt of the head;
- compensation for the effects of brightness and contrast;
- determination of the optimal number of key face parameters

## **LIST OF REFERENCES**

- [1] Boll R. M. Guide to biometers. Face recognition methods by using main guide to biometers. M.: Tekhnosfera, 2007. – p. 385.
- [2] Sharma R. S., Kumar D.K., Puranik V.D. Performance Analysis of Human Face Recognition Techniques// Access mode: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8777610/>, [29.07.2019]
- [3] Kolomiets V. T. The competitive analysis of the face recognition// Access mode: <http://habrahabr.ru/company/synesis/blog/238129/>, free access [05.09.2016].
- [4] Pentland A., Chaudhary T. Face recognition for intelligent environments// Access mode: <http://www.osp.ru/os/2000/03/177939/> free access [09.26.2016].
- [5] Kumar A.D., Iniyar B.M., Ahamed A.M. Face Recognition Based New Generation ATM Machine// Access mode: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8728317/>, [06.06.2019]
- [6] Kozlov P. V., Lipin Yu. N., Yuzhakov A. A. Information technologies in science, education, telecommunications: M.: XXXVIII International conference and discussion science club, 2011. – p.10.
- [7] Han X.H., Du Q.D., Research on face recognition based on deep learning// Access mode: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8356995/>, [10.05.2018]
- [8] Maltsev A. Modern biometric identification method// Access mode: <http://habrahabr.ru/post/126144/> free access [09.17.2016].
- [9] Sang-il C.H. Face Recognition Using Composite Features Based on Discriminant Analysis// Access mode: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8307164/> free access [06.03.2018]
- [10] [http://what-when-how.com/wp-content/uploads/2012/06/tmpdece347\\_thumb.png](http://what-when-how.com/wp-content/uploads/2012/06/tmpdece347_thumb.png)

## РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНИРОВАННОГО МЕТОДА

Л. Мухамадиева, Г. Шынторе, А. Молдагулова

Международный Университет Информационных Технологий, г. Алматы, Казахстан  
[lauramttt@gmail.com](mailto:lauramttt@gmail.com), [guldana.shyntore@gmail.com](mailto:guldana.shyntore@gmail.com), [aiman.moldagulova@gmail.com](mailto:aiman.moldagulova@gmail.com)

**Аннотация.** Благодаря быстрому развитию информационной безопасности и обработке неструктурированных данных существует широкий спектр методов идентификации: голос, отпечатки пальцев, подпись, распознавание сетчатки и человеческое лицо. Анализ существующих алгоритмов распознавания геометрических характеристик лица проводится с целью выявления положительных и отрицательных признаков каждого из них, на основе которых разрабатывается эффективный комбинированный метод идентификации лица. Основной целью статьи является разработка алгоритма распознавания лиц, который повысит достоверность идентификации объектов анализа, снизит уровень ложного распознавания, сократит время обучения классификатора и время предварительной обработки и распознавания изображения. Актуальность данной статьи заключается в создании комбинированного метода распознавания лица с использованием библиотеки OpenCV и алгоритма Виолы-Джонса, с помощью которого лицо из видеокadra идентифицируется с определением 68 точек лица, включая алгоритм автоматической регулировки яркости и контрастности изображения для эффективного распознавания геометрической структуры лица.

**Ключевые слова:** распознавание лиц, гибкие контуры, асимметрия лица, коррекция цвета.

## БІРІКТІРІЛГЕН ӘДІСТЕРДІ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ТҰЛҒАНЫ ТАНУ

Л. Мухамадиева, Г. Шынторе, А. Молдагулова

Халықаралық Ақпараттық Технологиялар Университеті, Алматы қ., Қазақстан  
[lauramttt@gmail.com](mailto:lauramttt@gmail.com), [guldana.shyntore@gmail.com](mailto:guldana.shyntore@gmail.com), [aiman.moldagulova@gmail.com](mailto:aiman.moldagulova@gmail.com)

**Аңдатпа.** Ақпараттық қауіпсіздіктің қарқынды дамуы мен құрылымданбаған деректерді өңдеу арқасында сәйкестендіру әдістерінің кең ауқымы бар: дауыс, саусақ іздері, қол кою, көздің торынжәне адамның бет-әлпетін тану. Беттің геометриялық сипаттамаларын танудың қолданыстағы алгоритмдеріне талдау жасау олардың әрқайсысының жағымды және жағымсыз белгілерін анықтау мақсатында жүргізіледі, соның негізінде тұлғаны анықтаудың құрама әдісі жасалады. Қазіргі уақытта беттің геометриялық сәйкестендіру әдістері үлкен қызығушылық тудырады, бұл адамның жеке басын физиологиялық сипаттамасы бойынша үлгілер арқылы тануға мүмкіндік береді. Бұл мақаланың өзектілігі OpenCV және Виола-Джонс алгоритмін қолдана отырып, тұлғаны танудың аралас әдісін құру, оның көмегімен бейненің жақтауынан алынған беттің 68 нүктесін анықтау арқылы сәйкестендіріледі. Сонымен қатар беттің геометриялық құрылымын тиімді тану үшін кескіннің анықтығы мен контрастын автоматты түрде реттеу алгоритмі қарастырылады. Бұл жұмыстың негізгі мақсаты - талдау нысандарын сәйкестендірудің сенімділігін арттыратын, жалған тану деңгейін төмендететін, классификатордың жаттығу уақытын және кескінді алдын-ала өңдеу мен тану уақытын қысқартатын беттерді тану және анықтау әдістерін жасау.

**Тірек сөздер:** тұлғаны тану, икемді контурлар, тұлғалық асимметрия, түсті түзету



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

МРНТИ 20.53.19

**G. Shyntore, L. Mukhamadiyeva, A. Moldagulova**

International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan  
[guldana.shyntore@gmail.com](mailto:guldana.shyntore@gmail.com), [lauramttt@gmail.com](mailto:lauramttt@gmail.com), [aiman.moldagulova@gmail.com](mailto:aiman.moldagulova@gmail.com)

### DATA ANALYSIS OF SOCIAL NETWORKS BY SPLITTING INTO TEXT AND MULTIMEDIA COMPONENTS

**Abstract.** The best research method is social networks and Internet resources. For the convenience of analysis, information should be displayed in the form of an organized, understandable text, that is, in a structured form. The analysis of multimedia data is much more complicated than text data. Since this data is not used to working with classical instruments. The solution to this problem is working with big data, neural networks in the same way, machine learning and working with dynamic data. Dynamic data includes both unstructured text data and multimedia information. This leads to new data processing methods depending on the type of source information. The article used materials such as big data. Using big data, visual analysis and processing using, for example, IBM BigInsights programming, Content Analytics, allows you to create a detailed diagram that examines the unambiguous and hidden connections between social network objects. That is, this article suggests breaking down unstructured data into two options: statistical and dynamic. Data will be taken from the Internet, this means from open sources, the level of advancement of the described subsystem forms a social profile. The article also describes the methodology for processing unstructured text data, namely electronic posts on the VKontakte social network. Additionally, examples of existing analogues and their application in processing are given.

**Keywords:** social profile, unstructured data, text data analysis.

#### Introduction

Social profile is a lot of information characterized by the social properties of a person and the ability to perceive the automated processing and perception of a person [1]. Social profiles can be used in various fields of activity, including in the context of the contextual transfer of information and research results in the field of artificial intelligence and society, as well as in the context of a terrorist threat. The tasks of constructing the social profile of the primary structure are mathematical models and data structures for storing personalized information [1]. The social profile of a person is based on data from open sources on the Internet. Web resources that use it as a resource, and its mass from other network users. The data collected is filtered from extraneous information and divided according to the degree of structure into dynamic and dynamic parts. Given the exponential growth of information in the network, analysts are faced with the task of automating the analysis processes of both structured and unstructured information. Structured data represent only 20% of all data. In addition, structured data is highly organized data that exists in a repository such as a database. Data is easily accessible, and the data format makes it suitable for queries and calculations (using such SQL languages) [2]. One of the modern approaches to the analysis of such data is the use of machine learning and big data mining [3]. But this article raises questions about the analysis of text and multimedia data in human social networks using various means (big data, optical character recognition, visual analysis, statistics, etc.).

After a person gained access to the Internet, he gained access to social profile data [4]. Previously, information was divided into two logical parts: an information map that allows

identifying information about the person in question (static content) and dynamic content consisting of heterogeneous unstructured data. This data is stored in various types of storage. HBase, which is used for the HDFS (Hadoop Distributed File System) and provides a reliable way to store very large volumes of heterogeneous data. In addition, the data of the dynamic part can be both text and multimedia. The analysis of each data type requires a separate approach. This is based on the analysis of unstructured data for the presence of implicit semantic dependencies, distortions, information garbage, which can be solved using combinations of the required search systems and application software modules based on frameworks for different loading and execution of distributed programs of Hadoop [5]. To resolve such issues, visual analysis tools are most suitable, and it is proposed to use the IBM i2 software tools as their quality. It includes the components: text Chart - a module for visualizing unstructured texts, analyst's notebook - provides the ability to quickly compare, analyze and visualize data from various sources, to detect key information among the data, iBase - allows collaborative teams of analysts to collect, monitor and analyze data from multiple sources in a single secure working environment.

In the modern world, a significant part of information resources is presented in the form of unstructured text in various social networks, for example, VKontakte. Materials in various communities stored in open sources in text files. For structured electronic post data, the sampling mechanisms are reasonably well defined. But for unstructured text data, the task of text analysis arises [6]:

- data collection
- data analysis on the Internet
- search for information
- search for information
- word processing

**Literature and methods review**

Currently, analysts use text mining and natural language processing to process unstructured text data by analysts. Also, tonality analysis methods can be used to determine the emotional coloring of texts and the possible identification of implicit or hidden meaning in them [7]. Unstructured text, which is the starting point for building a social profile, may include: emails, publications (posts, comments on social resources), electronic documents, lists, decryption of images and audio records, geodata, etc. In the subsystem of the analysis of social relations and dependencies, a search and division into groups of expressions is carried out, which will become the basis for the nodes and connections of the social graph. The analysis of texts consists of four stages, presented in fig. 1.

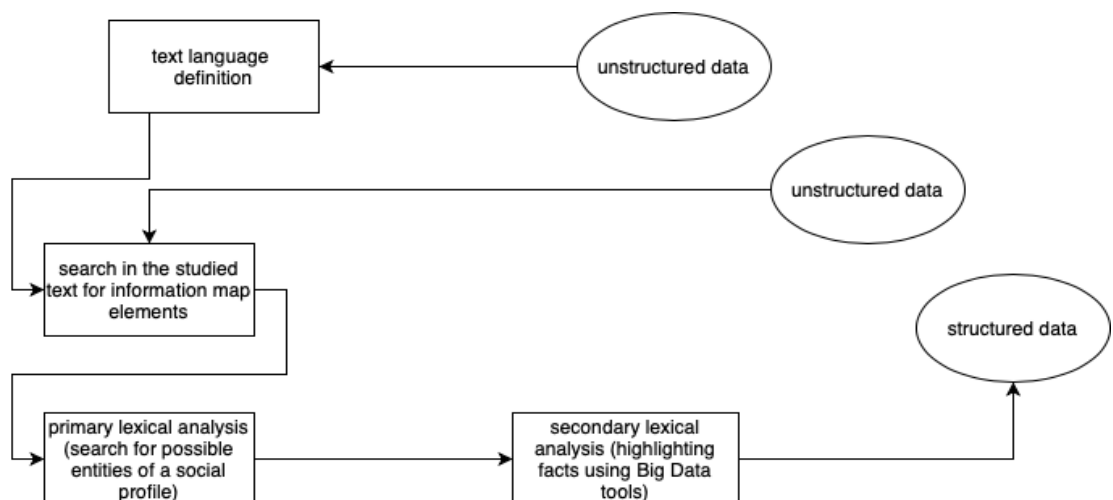


Figure 1 - Unstructured Text Analysis Procedure

The first step in analyzing unstructured textual data of a social profile is to determine the source language for each element. Then, the texts search for records included in the information card. This will provide the basis for the subsequent building of social profile ties. The next step in the analysis is to recognize named entities and extract features. The results obtained are candidates for the role of social profile objects. It is necessary to consider the presence of synonyms, derivative words, transcriptions for each object. After receiving a collection of social profile objects, the extraction of information and relationships from unstructured data begins to form a holistic picture of the social profile. At this stage, it is necessary to have natural language processing tools, in particular, filled thesauri of rules for parsing and lexical text analysis. It is advisable to have a separate dictionary for assessing moods. Due to the very large amount of data being processed, it is proposed to use solutions based on Big Data technology. As an example in this paper, we consider the use of the IBM Content Analytics software. It searches for facts based on content analysis, viewing and importing content, parsing and analyzing content, modeling and forecasting, developing intelligent filters and creating a searchable index. Consider the algorithm for working with Content Analytics (Fig. 2).



Figure 2 - Text analysis algorithm diagram

Initially, a collection of documents is created - a special indexable structure for working with data slices or limited sets of homogeneous values according to some classification character. It imports source data from various sources. Next, the database (DB) of the dictionary and syntax rules are connected. Then statistical information is searched either using databases of natural language processing dictionaries, or by means of queries from keywords. Thesauruses consist of a local database, an xml file and a dictionary in dict format. These dictionaries are filled with the most characteristic expressions from the source data texts, after which other forms of words are obtained from them by the lexical analyzer.



Results are highlighted in the text on the Documents tab. The Facets tab shows the statistics of the results (for example, the number of repetitions in the text) in the form of diagrams [8]. An example of a slice chart for the keyword Age is shown. The results of the analysis of unstructured data, even using specialized NLP tools (natural language processing, Eng.: natural language processing), may be imperfect: the thesauri used may be incomplete, the original data may contain linguistic errors, have a double or hidden meaning (Fig.3).

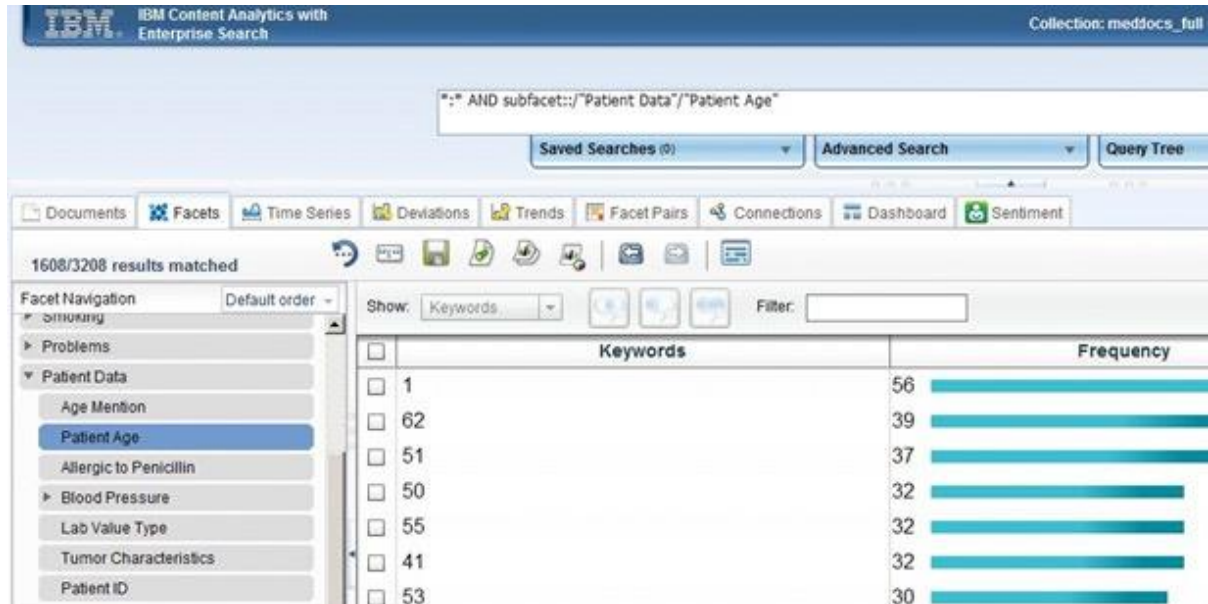


Figure 3 - Sample query to slice data in Content Analytics [9]

It is also possible to use the IBM BigInsights system, which uses the Hadoop framework and the MapReduce distributed computing model to perform a text analysis task [10]. The system's built-in functions include normalization, markup, language identification, text classification for spam filtering, entity recognition and integration, mood analysis, and link extraction. The results of BigInsights can be used as the source for other external processors, in particular, to determine implicit relationships within social profile data. To resolve such issues, visual analysis tools are most suitable, and it is proposed to use the IBM i2 software tools as their quality. It includes the following components [10]:

- Text Chart - a module for visualizing unstructured texts.
- Analyst's Notebook - provides the ability to quickly compare, analyze and visualize data from various sources, to detect key information among the data.
- iBase - allows collaborative teams of analysts to collect, monitor and analyze data from multiple sources in a single secure working environment.

Based on the results of the analysis of text data using Big-Insights and Content Analytics, a mathematical model is created to build an iBase social profile database. A schematic example of such a graph is presented in Fig. 4.

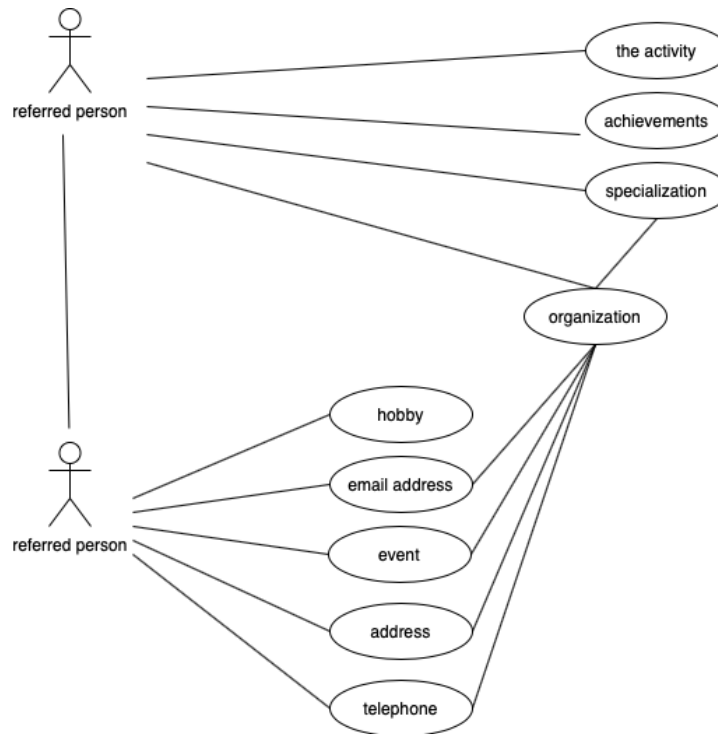


Figure – 4 Sample graph of social entity types

On its basis, a graph is constructed that sets possible relationships between the person in question and the entities of her social profile (the persons mentioned - information about persons associated with the person in question in any context; organizations - information about various institutions associated with persons from social profile; events - information on events that unite a group of people according to some common characteristics; contact details of a person; activities, specialization, achievements and hobbies of a person). The main work on identifying relationships and dependencies can be done in the IBM TextChart program. In this case, data analysis is performed according to the following algorithm:

1. Social profile data is entered into the Text Chart project through the import of a CSV file with source information.
2. The first highlighted important information is highlighted in the text, after which a search is made for repetitions and synonyms throughout the text.
3. The results are added to the project as entities of a social profile (the person in question, activity, etc.).
4. The text highlights the words expressing the relationship and relationship between the created objects.
5. By navigating between entity search results, new objects and attributes of existing ones are added in a similar way.
6. When conflicting information is found, records are calculated for each of the options, after which a conclusion is made about their truth: false information is deleted from the social profile or a refinement search is carried out.

The results of visual analysis are the social graph and the iBase database of a social profile. In addition to the hidden information revealed directly during the analysis, it is possible to find implicit links on the received graph of the social profile.

Based on the information described above, also referring to existing analogs in the field of topics, structuring text data, we decided to develop a tool on the Node JS platform that just takes data from open sources, that is, from the Internet and structures text data according to certain

criteria. More specifically, the database of textual data was taken from open sources, namely from a large-scale social network VKontakte (Fig.5).

### Группа: Давай Сходим! Алматы

Название сообщества:	Давай Сходим! Алматы
Описание сообщества:	Анонсы всех самых интересных событий Алматы. Здесь Вы выбираете Куда и Когда пойти отдохнуть! ► Реклама в паблице: <a href="http://sxod.im/price_kz">http://sxod.im/price_kz</a> -----
Короткое название:	sxodim
Фото сообщества:	
Доступ сообщества:	открытое
Тип сообщества:	публичная страница
Счетчики:	<p>                     Фотографии: 727                      Альбомы: 38                      Аудио: 0                      Видео: 902                      Топики: 0                      Документы: 0                 </p>

Figure 5 - Tool on Node JS for structuring text data

In this development there are already applied structures like:

- community Name
- community Description
- short name
- community Photos
- community Access
- community type
- counters (photos, albums, audio, video, topics, documents)
- access to the wall
- verified
- community Status

After selecting the desired community, the user can then select a post for the analysis of unstructured text data. For the analysis of the selected post, there are also built-in structures according to certain criteria, that is, this (Fig.5):

- post selection
- general statistics (views, likes, comment, number of user's ratings, attachments, publication date)
- analysis of comment
- analysis of Like

## Информация о посте

Ведущая солистка КГАТОБ им.Абая Жанель Тукеева поделилась с редакцией «Давай Сходим! Алматы» сложностями профессиональной деятельности, любимыми балетными партиями и рассказала о тернистой дороге на пути к успеху.

О материнстве, классическом балете и пяти спектаклях КГАТОБ, на которых нужно побывать каждому читайте в нашем материале.

✓ Полный текст статьи — по ссылке. 📄

📌 Не забудьте поделиться подборкой с друзьями!

#sxodimala\_интервью

## Общая статистика

Просмотров:	873
Лайков:	0
Комментарии:	0
Поделились:	0
Вложения:	1
Опубликован:	Вчера, в 19:00



## Анализ комментариев

Получить комментаторов

Всего комментаторов: 3

Аноним Анонимный Alan Zhuman Dina Embergenova

Анализировать пол Анализировать город Анализировать возраст

## Анализ лайков

Получить список лайкнувших

Всего лайкнувших: 68

Аселя Шепард Наталья Берген Jamilya Nussip Катерина Кадырова Нурболат Абдуллаев Айман Касымова Кундыз Сабырбаева  
 Даурен Кездикбаев Temirlan Ouzabayev Диана Ибраимова Tima Borz Halthem Slimani Михаил Набоков Аманбол Базархан  
 Балауса Сырлыбай Malika Akhmetzyanova Amina \*\*\*\*\* Саня Легостев Samot Mirzahmet Алина Панова Павел Ниян Кыдыр Омуркулов  
 Ерлан Иманов Диана Виноградова Alishok Zhalgas Владимир Бабушкин Георгий Захаров Айгерим Жусамбаева Изольда Ильина  
 Мария Токарева София Прокопенко Symbat Orynbassarova Жанна Рахманова Vanessa Shit Nikolay Semenyakin Talgat Kaziyev  
 Миша Кужимов Leila Karmenova Асем Нурпеисова Анна Петренко Динара Ким Rustem Kubeyev Эсебуа Рамаз John Pepper  
 Diana Dzavadova Валерия Манохина Марк Мауленкулов Денис Новиков Aktilek Marat Orken Toibazarov Анара Орумбаева  
 Talgat Naukanov Алтынай Жанатова Камилла Махметова Даурен Кокажаев Мария Королёва Илона Соколова Станислав Кошелев  
 Said Kurbanov Рашид Байков Чона Кимова Арайлым Кудайбергенова Koblan Sm Аслан Исмаилов Дарья Волкова Антон Данилов  
 Ануар Начесов Михаил Чурсин

Анализировать пол Анализировать город Анализировать возраст

Figure 6 - Screen of structured text results

In the process of developing a methodology for unstructured data into structured data, a platform like Node.js with built-in libraries was used. As an asynchronous event-based JavaScript environment, Node.js is designed to build scalable network applications. Node.js is

influenced by systems like Event Machine in Ruby or Twisted in Python. But at the same time, the event model, in it, is used much more widely, taking the event loop as the basis of the environment, and not as a separate library. On other systems, call blocking always occurs to trigger an event loop. Usually, the behavior is determined through the callback functions at the beginning of the script and its further call through the blocking call, like `EventMachine :: run ()`. Further, there is nothing like calling the beginning of an event loop; it automatically enters it after the script is launched. Node.js exits the event loop when there are no registered callback functions left [11].

Next, using JavaScript, we connect to the IPA VKontakte. An API (application programming interface) is an intermediary between an application developer and any environment with which this application should interact. The API simplifies code generation by providing a set of predefined classes, functions, or structures for working with existing data [12]. Next, the necessary constructors in JavaScript were connected, for example, `private apiVk: ApiVkService`, as well as the necessary library libraries: `getPosts`, `getGroup`, etc..

### **Results**

The level of advancement of the expository subsystem for building a social profile influences the data content and the accuracy of the sample query to slice data in Content Analyticssocial profile. It is demonstrated that the computerized preparing of unstructured content information utilizing Big Data, visual examination and common language handling utilizing the IBM BigInsights, Content Analytics, i2 programming for instance permits you to construct an itemized chart that considers unequivocal and shrouded connections between objects social profile. An audit of existing ways to deal with the investigation of sight and sound substance is offered, and the plausibility of their pertinence in the errand of building a social profile is considered. It has been uncovered that for the handling of sound information it is conceivable to utilize existing calculations, and the examination of realistic data requires the improvement of acknowledgment innovation. A review of the development of a methodology for processing unstructured text data, namely, electronic posts in a large-scale worldwide social network VKontakte, was also conducted. With the help of this development, more than 35 communities and 60 posts on the VKontakte social network were analyzed.

### **Conclusions**

The degree of sophistication of the analytical subsystem for constructing a social profile affects the information content and the correctness of the final social profile. It is shown that the automated processing of unstructured text data using Big Data, visual analysis and natural language processing using the IBM BigInsights, Content Analytics, i2 software as an example allows you to build a detailed graph that takes into account explicit and hidden relationships between objects social profile. A review of existing approaches to the analysis of multimedia content is offered, and the possibility of their applicability in the task of building a social profile is considered. It has been revealed that for the processing of audio data it is possible to use existing algorithms, and the analysis of graphic information requires the improvement of recognition technology. Also, the development of a methodology for processing unstructured data into structured data was done on the Node.js platform with the possibility of JavaScript interactions with input-output devices via the VKontakte social network API. With the connection of other external libraries, in JavaScript code.

### **REFERENCES**

[1] Zhang, J., Huang, K., Cottman-Fields, M., Trusking, A., Roe, P., Duan, S., Dong, X., Towsey, M., Wimmer, J. Managing and Analysing Big Audio Data for Environmental

Monitoring. In: Computational Science and Engineering (CSE), IEEE 16th International Conference on, pp. 997-1004 (2013).

[2] Tim Jones M. Data structure and the data science pipeline. pp.3-5 (2018).

[3] Sheluhin O.I., Ryabinin V.S., Farmakovskiy M.A. Anomaly detection in computer system by intellectual analysis of system journals, No2(26), (2018)

[4] Yan, Y., Zhu, Q., Shyu, M.-L., Chen, S.-C. A Classifier Ensemble Framework for Multimedia Big Data Classification. In: Information Reuse and Integration (IRI), IEEE 17th International Conference on, pp. 615-622 (2016)

[5] Yakovlev V.E.: Macromedia: multimedia information analysis. M-Lang.In:Journal "Young Scientist", No4.vol.1,pp105-108 (2011)

[6] Umarov T.S., Bazhenova I.Yu.: Modern approaches to mechanisms for extracting causal relationships from unstructured natural language texts, pp.1-5 (2019)

[7] Bolshakova E.I., E.S.Klyshinsky, D.V.Lande, Noskov A.A., O.V.Peskova., Yagunova E.V.,: Automatic processing of texts in natural language and computer linguistics: textbook, pp.-272 (2011)

[8] Identify hidden links based on text analysis using i2 IBM Big Data., 2017, pp.87-89

[9] Analysis of structured and unstructured data using Content Analytics // IBM Big Data Technology Competency Center. - M., 2016.,pp.-66

[10] Official site of the Apache Hadoop project. - 2019.- URL: <http://hadoop.apache.org> (accessed: 12.02.2019).

[11] Official site of the NodeJS Foundation.- 2020.- URL: <https://nodejs.org/>(accessed: 20.02.2020).

[12] Official site of the API VKontakte .- 2020. - URL: [https://vk.com/dev/first\\_guide](https://vk.com/dev/first_guide) (accessed: 20.02.2020).

## АНАЛИЗ ДАННЫХ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ РАЗБИЕНИЯ НА ТЕКСТОВУЮ И МУЛЬТИМЕДИЙНУЮ СОСТАВЛЯЮЩИЕ

Г. Шынторе, Л. Мухамадиева, А. Молдагулова

Международный Университет Информационных Технологий, Алматы, Казахстан  
[guldana.shyntore@gmail.com](mailto:guldana.shyntore@gmail.com), [lauramttt@gmail.com](mailto:lauramttt@gmail.com), [aiman.moldagulova@gmail.com](mailto:aiman.moldagulova@gmail.com)

**Аннотация.** Лучший метод исследования - это социальные сети и интернет ресурсы. Для удобства анализа информация должна отображаться в форме организованного, понятного текста, то есть в структурированном виде. Анализ мультимедийных данных намного сложнее чем текстовые данные. Так как эти данных не привыкли работать с классическими инструментами. Решением данной проблемой является работа с большими данными, нейронными сетями так же, машинное обучение и работа с динамическими данными. Динамические данные включают в себя как неструктурированные текстовые данные, так и мультимедийную информацию. Это приводит к новым методам обработки данных в зависимости от типа исходной информации. В статье использованы такие материалы, как большие данные. С использованием больших данных, визуальный анализ и обработка с использованием к примеру программирования IBM BigInsights, Content Analytics, позволяет создавать детализированную диаграмму, которая рассматривает однозначные и скрытые связи между объектами социальных сетей. То есть данная статья предлагает разбить неструктурированные данные на два варианта: статистические и динамические. Данные будут братья с Интернета, это значит с открытых источников, уровень продвижения описанной подсистемы формирует социальный профиль. В статье так же описывается методика обработки неструктурированных текстовых данных а именно электронных постов в социальной сети В Контакте. Дополнительно приведены примеры уже существующих аналогов и их применения при обработке.



**Ключевые слова:** социальный профиль, неструктурированные данные, анализ текстовых данных.

## ӘЛЕУМЕТТІК ЖЕЛІЛЕРДЕГІ ДЕРЕКТЕРДІ МӘТІНДІК ЖӘНЕ МУЛЬТИМЕДИЯЛЫҚ БӨЛІКТЕРГЕ БӨЛУ АРҚЫЛЫ ТАЛДАУ

Г.Шынторе, Л.Мухамадиева, А.Молдағұлова

Халықаралық Ақпараттық Технологиялар Университеті, Алматы, Қазақстан  
[guldana.shyntore@gmail.com](mailto:guldana.shyntore@gmail.com), [lauramttt@gmail.com](mailto:lauramttt@gmail.com), [aiman.moldagulova@gmail.com](mailto:aiman.moldagulova@gmail.com)

**Аңдатпа.** Зерттеудің ең жақсы әдісі - әлеуметтік желілер мен Интернет-ресурстар. Талдаудың ыңғайлылығы үшін ақпаратты ұйымдасқан, түсінікті мәтін түрінде, яғни құрылымдалған түрде көрсету керек. Классикалық аспаптармен жұмыс істеуге үйренбегендіктен мультимедиялық деректерді талдау мәтіндік мәліметтерге қарағанда әлдеқайда күрделі. Бұл мәселенің шешімі үлкен мәліметтермен, нейрондық желілермен жұмыс, машинамен жұмыс және динамикалық деректермен жұмыс. Динамикалық деректер құрылымданбаған мәтіндік деректерді де, мультимедиялық ақпаратты да қамтиды. Бұл бастапқы ақпарат түріне байланысты мәліметтерді өңдеудің жаңа әдістеріне әкеледі. Мақалада үлкен мәліметтер сияқты материалдар пайдаланылды. Үлкен деректерді қолдану, визуальды талдау және өңдеу, мысалы, IBM BigInsights, Content Analytics бағдарламалауы әлеуметтік желілердің объектілері арасындағы біркелкі емес және жасырын байланыстарды қарастыратын егжей-тегжейлі диаграмманы құруға мүмкіндік береді, яғни бұл мақалада құрылымданбаған мәліметтерді екі опцияға бөлу ұсынылған: статистикалық және динамикалық. Деректер Интернеттен алынады, бұл ашық көздерден алынған, сипатталған ішкі жүйенің жетілу деңгейі әлеуметтік профильді құрайды, сонымен қатар мақалада құрылымданбаған мәтіндік мәліметтерді, атап айтқанда ВКонтакте әлеуметтік желісіндегі электронды посттарды өңдеу әдістемесі сипатталған. Сонымен қатар, қолданыстағы аналогтардың мысалдары және оларды өңдеу кезінде қолдану қарастырылған.

**Тірек сөздер:** әлеуметтік профиль, құрылымданбаған мәліметтер, мәтіндік деректерді талдау.



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

МРНТИ 81.93.29

Н. Хаирова<sup>1</sup>, А. Колесник<sup>2</sup>, О. Мамырбаев<sup>3</sup>, К. Мухсина<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,  
Харьков, Украина

<sup>2</sup>Институт Информационных и вычислительных Технологий, г. Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан  
khairova@kpi.kharkov.ua, kolesniknastya20@gmail.com, {morkenj, kuka\_ai}@mail.ru

### ВЫРОВНЕННЫЙ КАЗАХСКО-РУССКИЙ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ КОРПУС, ОРИЕНТИРОВАННЫЙ НА КРИМИНАЛЬНУЮ ТЕМАТИКУ

**Аннотация.** В настоящее время разработка высококачественных параллельных текстовых корпусов является одним из наиболее актуальных и передовых направлений современной лингвистики. Особое внимание уделяется созданию параллельных многоязычных корпусов для языков с низким уровнем ресурсов, таких как казахский язык. В ходе исследования мы исследовали тексты с четырех казахских двуязычных новостных сайтов и создали параллельный казахско-русский корпус текстов, в основе которых лежит криминальная тематика. Для выравнивания корпуса мы использовали набор лексических соответствий и значения POS-тегов обоих языков. 60% наших корпусных предложений автоматически выровнены правильно. Наконец, мы проанализировали факторы, влияющие на процент ошибок.

**Ключевые слова:** криминальная тематика, POS-тегирование, казахско-русский параллельный корпус, лексические соответствия.

#### Введение

На сегодняшний день лингвистические ресурсы являются не только частью любого лингвистического исследования, но и важной основой для разработки любых приложений NLP. Такие ресурсы обычно содержат словари, тезаурусы, лингвистические онтологии, одноязычные и многоязычные корпуса. Для создания таких лингвистических ресурсов проводятся лексикографические исследования, анализ лексической структуры языков, изучение характеристик текста и аналогичные исследования.

Проектирование и создание, разработка и использование высококачественных текстовых корпусов являются одним из наиболее актуальных и передовых направлений современной лингвистики [1]. Такая обработка и систематизация с помощью Concordancer корпуса позволяет хранить большой объем текстовой информации, необходимой для статистического анализа языковых явлений и диахронических изменений в устной и письменной речи.

Существует множество типов корпусов. Есть специализированные корпуса (категория, время, место), общие корпуса, многоязычные корпуса, корпуса учащихся, исторические или диахронные корпуса, корпуса мониторов и многоязычные корпуса. Многоязычные корпуса, в свою очередь, делятся на сравнительные (comparable corpus) и параллельные или корпус переводов (translation corpus). На наш взгляд, параллельные текстовые корпуса особенно важны при изучении языка и особенностей перевода, различного синтаксического анализа, задач распознавания речи и др. Например, в задачах обучения иностранному языку такие корпуса позволяют находить возможные эквиваленты анализируемой лексики, отслеживать ее значения и функции в некоторых

контекстах. Кроме того, понятие параллельного корпуса является неотъемлемой частью более широкого и более сложного понятия, такого как – машинный перевод. Известно, что машинный перевод до сих пор остается нерешенной задачей компьютерной лингвистики, несмотря на бурный рост различных программных и эмпирических ресурсов. В некоторых случаях качество машинного перевода также зависит от количества параллельных предложений, используемых в обучении.

За последнее десятилетие в мире было создано множество двуязычных и многоязычных корпусов, среди которых, на наш взгляд, наиболее интересными являются:

- EUROPARL – 20.000.000 словоупотреблений, открытый корпус Европейского парламента на 11 языках (автор - Филипп Коэн)
- СHEMNITZкорпус– 1.000.000 словоупотреблений (тексты – академическая проза, политика, туризм)
- КАСЕНКА корпус – 3.000.000 словоупотреблений
- ОPUS корпус – (5 языков).
- English-French Canadian Hansard [2];

В то же время, несмотря на существование большого количества параллельных многоязычных корпусов, для языков с ограниченными ресурсами, таких как казахский язык, задача создания параллельных корпусов является жизненно важной. Задача усложняется, когда мы говорим о разработке параллельных корпусов для не похожих языков, языков из разных семейств. Например, один язык принадлежит к тюркской языковой семье, а другой относится к индоевропейской языковой семье, как казахский и русский.

В нашем исследовании мы изучили тексты на двух языках (на русском и казахском) с казахских двуязычных новостных сайтов и создали параллельный казахско-русский корпус на основе текстов этих сайтов. Более того, тексты нашего параллельного корпуса не относятся к художественной литературе или другой широкой теме; они сосредоточены на уголовном предмете, который делает их ограниченными. Таким образом, мы смогли применить метод словаря для выравнивания корпуса. Кроме того, для повышения качества выравнивания предложений мы сделали POS-тегирование текстов на обоих языках, а затем использовали маркировку. Наконец, мы вычисляем процент правильных выровненных предложений и анализируем факторы, влияющие на процент ошибок.

## **1 Смежные направления исследований**

Параллельные корпуса содержат текст оригинала и его перевод на какой-либо другой язык. Кроме того, эти два текста не просто противопоставлены друг другу, они должны быть выровнены: отдельные фрагменты исходного текста должны совпадать с соответствующими фрагментами перевода. Можно сказать, что параллельный корпус полезен только тогда, когда он выровнен. В большинстве исследований два уровня выравнивания явно или неявно различаются: выравнивание предложений и лексическое выравнивание. Как правило, задача автоматического сравнения предложений или слов в одном тексте с их эквивалентами в переводе является очень трудоемкой, так как эта согласованность между словами или предложениями иногда не является "один к одному". Например, несколько абзацев на исходном языке могут соответствовать одному абзацу на выходном языке, при переводе некоторые слова могут быть удалены или заменены очень отдаленными синонимами или фиксированными фразами, которые могут быть абсолютно разными на разных языках и т. д.

Мы можем классифицировать методы выравнивания предложений на три категории. Методы первой категории основаны на использовании длин предложений и абзацев [2]. Этот подход использует гипотезу в том, что длина предложения в оригинале и в переводе приблизительно совпадает. Вторая группа методов использует лексическую информацию,

которую можно получить из корпуса [3], [4]. К сожалению, эти методы применяются крайне редко, что связано с недоступностью двуязычных словарей и трудностями автоматического морфологического анализа для взаимной идентификации слов в словарях. На сегодняшний день в большинстве приложений, основанных на этой группе методов, используются только тексты специализированных предметов, например, тексты парламентов и юридические тексты. Использование методов словаря для художественных текстов встречается редко, поскольку даже в подобном жанре наблюдается высокий процент неоднозначности лексики в сравниваемых предложениях.

Третья группа алгоритмов выравнивания текстов в параллельных корпусах основана на POS-тегах, которые содержатся в аннотированном корпусе или используют орфографическое сходство [5].

Однако использование любого метода этих групп имеет ряд неточностей и недостатков. Соответственно, в настоящее время постоянно растет интерес к разработке систем, в которых применяется сочетание всех подходов. Например, Варга и др. в работе [6] описали гибридный метод параллельного выравнивания текста. Они использовали метод выравнивания, который сочетает в себе метод на основе длины с некоторым подобием на основе перевода. Основу исследования составили венгерский, румынский и словенский языки. Vondricka [7] сделал обзор специального приложения InterText для выравнивания параллельных корпусов, основанного на некоторых гибридных методах выравнивания. Этот источник существует в двух формах: InterText Server (сервер, основанный на системе управления текстом с веб-интерфейсом редактора) и InterText editor (приложение для персонального компьютера). Оба являются программами с открытым исходным кодом. Это же приложение использовалось для создания казахско-английских текстовых корпусов в исследовании Жуманова и соавт. [8]. Кроме того, авторы использовали инструменты Bitextor и halign для сканирования сайтов, содержащих одинаковые тексты на нескольких языках, и их выравнивания. Статья Рахимовой и соавт. [9] посвящена решению аналогичных задач. Они рассмотрели принципы использования такого приложения, как Bitextor, которое генерирует память переводов, используя многоязычные веб-сайты в качестве источника корпусов. Он загружает весь веб-сайт и применяет набор эвристик (основанных главным образом на структуре тегов HTML и длине текстового блока) для поиска параллельных текстов (bitexts).

Авторы статьи [10] выравнивали свой набор данных на уровне предложения, это означает, что они использовали строгую пунктуацию для сегментации текста. Но такой подход требует проверки правильности текста и близости языков. Поэтому требуется ручное управление. В результате все медицинские и все литературные тексты в польско-украинской паре были выровнены и проверены, в то время как только часть текстов на французском и английском языках все еще используется. В то же время финская и русская версии корпуса Arapea и подкорпус газетного корпуса русского национального корпуса и корпуса финской национальной библиотеки выровнены достаточно хорошо [11].

Создание выровненных параллельных корпусов сталкивается с дополнительной проблемой поиска текстовых ресурсов для параллельного корпуса. В настоящее время проводится много повторных поисков, связанных с получением параллельных предложений из непараллельных или сопоставимых данных. Например, такие лингвистические данные могут быть получены из Википедии. Это чрезвычайно ценный ресурс для извлечения параллельных предложений, поскольку выравнивание документов уже обеспечено, и статьи в Википедии на одну и ту же тему могут быть на разных языках. Кроме того, они связаны через ссылки “interwiki”, которые аннотируются пользователями [12]. Однако Википедия еще полностью не изучена [13].

Следовательно, можно сделать вывод, что проблема выравнивания параллельных корпусов до сих пор не решена до конца и не найден универсальный метод. Кроме того, на сегодняшний день в большинстве исследований считается, что выбор метода выравнивания зависит от исследуемой языковой пары, тематической направленности текстов и типов документов, представленных в корпусе [14].

## **2 Подготовка набора данных**

Задача создания параллельного корпуса состоит из нескольких частей. Первой и одной из важнейших задач является сбор текстового материала для таких корпусов. Несмотря на то, что Интернет содержит большое количество сайтов, которые являются двуязычными и многоязычными, выбор необходимых двуязычных ресурсов является важной частью разработки параллельного корпуса. Эта задача усложняется тем, что мы обрабатываем такие разные языки, как казахский и русский. Кроме того, необходимо использовать специализированные инструменты и различные методики не только для обработки языка, но и для сбора необходимого материала для корпусов.

Мы считаем, что разбор веб-сайтов – это лучший способ автоматизировать процесс сбора и сохранения информации. Для нашего исследования мы разработали собственное специальное программное обеспечение для автоматического анализа веб-сайтов, которое позволяет анализировать веб-сайты, которые могут быть похожи по дизайну, содержанию и структуре.

Для разработанного парсера были выбраны четыре двуязычных сайта: zakon.kz, caravan.kz, lenta.kz, nur.kz. Выбранные сайты представляют собой известные и надежные новостные сайты Казахстана, которые могут переключать текстовую информацию сайта между этими двумя языками. Кроме того, веб-сайты содержат большое количество статей по криминальной информации, что является одной из целей нашего исследования.

В результате выполнения программы мы получили общий набор из 3000 текстов на двух языках: русском и казахском. Из них мы вручную отобрали тестовый набор для создания выровненного параллельного корпуса русско-казахских текстов по криминальной информации. Объем корпуса составляет более 50410 слов, из них около 24800 – на русском языке и около 25600 – на казахском.

На следующем этапе мы определили структуру организации корпуса. В настоящее время такая структура может быть очень разнообразной, в зависимости от прагматических целей ее создателей или пользователей:

- в виде традиционного текста со ссылкой на переводы,
- в табличной «зеркальной» форме, более удобной для восприятия и сравнения, в виде базы данных.

Для нашего исследования мы выбрали структуру базы данных, так как это наиболее удобный способ хранения большого объема данных с возможностью его дальнейшего увеличения.

Все новостные статьи хранятся в таблице базы данных, которая включает их идентификатор, название, адрес сайта и текст статьи. На рисунке 1 показан фрагмент общей таблицы текстов на двух языках.

На следующем этапе мы провели POS-тегирование корпуса. Для маркировки русского корпуса мы выбрали пакет Python `py morphology2`, специально разработанный для морфологического анализа русских и украинских текстов. Библиотеки пакета используют словарь `OpenCorpora` и делают гипотетические выводы для нераспознанных слов.



id	head	url	text
1334	2040 жылға қара	<a href="https://www.inform.kz/">https://www.inform.kz/</a>	АСТАНА. ҚазАқпарат - Орташа өмір сү
1335	Керчьтегі колле	<a href="https://www.inform.kz/">https://www.inform.kz/</a>	КЕРЧЬ. ҚазАқпарат - Керчь қаласындағ
1336	Еуроодақ халқын	<a href="https://www.inform.kz/">https://www.inform.kz/</a>	БРЮССЕЛЬ. ҚазАқпарат - Еуропа одағы
1337	Армения үкіметі	<a href="https://www.inform.kz/">https://www.inform.kz/</a>	ЕРЕВАН. ҚазАқпарат - Армения премье
1338	Мароккода пойь	<a href="https://www.inform.kz/">https://www.inform.kz/</a>	АСТАНА. ҚазАқпарат - Марокко астана
1339	Техник байқамағ	<a href="https://www.inform.kz/">https://www.inform.kz/</a>	АСТАНА. ҚазАқпарат - Бельгия әскери-
1340	Кельнде адамдағ	<a href="https://www.inform.kz/">https://www.inform.kz/</a>	АСТАНА. ҚазАқпарат - Германияның К
1341	Иракта ауыз суд	<a href="https://www.inform.kz/">https://www.inform.kz/</a>	АСТАНА. ҚазАқпарат - Ирактың Басра
1342	АҚШ-та жол ап	<a href="https://www.inform.kz/">https://www.inform.kz/</a>	АСТАНА. ҚазАқпарат - 14 қазан күні Ло
1343	Түркияда жүк кө	<a href="https://www.inform.kz/">https://www.inform.kz/</a>	АНКАРА. ҚазАқпарат - Түркияның баты
1344	Индонезияда су	<a href="https://www.inform.kz/">https://www.inform.kz/</a>	АСТАНА. ҚазАқпарат - Индонезия құтқа
1345	Мужчина погиб	<a href="https://patrul.kz/novos">https://patrul.kz/novos</a>	ДТП со смертельным исходом произо
1346	В Алматы в резу.	<a href="https://patrul.kz/novos">https://patrul.kz/novos</a>	ДТП с пострадавшими произошло в ю
1347	Женщина погиб.	<a href="https://patrul.kz/novos">https://patrul.kz/novos</a>	В аварии, произошедшей на трассе «Ал
1348	Молодой водите	<a href="https://patrul.kz/novos">https://patrul.kz/novos</a>	Виновником ДТП в южной столице ока
1349	Полицейские СК	<a href="https://patrul.kz/novos">https://patrul.kz/novos</a>	В ходе профилактических рейдов сотру

Рисунок1 Фрагмент базы данных с текстами на двух языках

В свою очередь, сложность, структурная и типологическая характеристика казахской маркировки связана с тем, что она относится к агглютинирующим языкам. Структура этого языка довольно сложна и необычна, если ваш родной язык является флективным. Агглютинативное образование противоположно флективному, где каждый формант имеет сразу несколько неразделимых значений (например, падеж, род, число и т.). По этой причине мы делаем POS-тегирование казахских текстов с помощью теггера регулярных выражений, основанного на классе `RegexTagger` пакета `nlk Python`. Например, мы можем определить некоторые типы существительных в казахских текстах с помощью следующего списка регулярных выражений:

`patterns=[(r'.*бен$', 'NN'), (r'.* пенен $', 'NN'), (r'.* басшылық $', 'NN'), (r'.* іпқону $', 'NN'), (r'.* тармен $', 'NN'), (r'.* герлермен $', 'NN'), (r'.* здар $', 'NN')]`.

Кроме того, для повышения отзыва и точности наших POS-тегирования казахских текстов мы объединяем регулярные выражения с системой правил. Например, "Если слово следует за словами из специального списка-слово обозначается как глагол".

### Автоматическое выравнивание корпуса

На первом этапе автоматического выравнивания нашего корпуса мы руководствовались знаками препинания, заглавными буквами и абзацами. На следующем этапе можно выбрать два основных подхода к выравниванию предложений. Первый подход, который обеспечивает значительно более высокую производительность, основан на длине предложения. Во втором, более ресурсоемком подходе, лексические соответствия задаются методом выравнивания слов. При детальном изучении данной области было выявлено, что для языков, принадлежащих к разным языковым группам, а в дальнейшем и для специализированных, тематических текстов лучше всего применять словарный метод выравнивания. На основе этого вывода мы используем набор лексических соответствий и значения POS-тегирования, полученные на предыдущих этапах подготовки. Основной причиной, по которой мы не смогли использовать первый более простой подход к выравниванию предложений, является огромная разница между синтаксисом и семантикой казахского и русского языков.

В качестве набора лексических соответствий мы используем собственный казахско-русский словарь, основанный на англо-казахско-русском словаре, который содержит около 50 000 записей. На рисунке 2 показан фрагмент англо-казахско-русского словаря, который мы используем в качестве фонового. Словарь содержит около 50 000 записей. На



рисунке 3 показан фрагмент казахско-русского словаря, который мы применяем для выравнивания параллельного казахско-русского корпуса.

```

native###_туасынан, ·жаратылысынан, ·тумысынан###_прирождённый·
(прирожденный)¶
native###_табиғи, ·жаратынды###_природный¶
native###_тұнық, ·ұқыпты, ·кірсіз, ·пәк, ·мәлдір, ·кіршіксіз, ·бейкүнә, ·
әйнектей, ·ақ, ·мұнтаздай, ·таза, ·шайдай·ашық, ·мәлдір·бұлақ, ·дақсыз, ·саф, ·
ашық, ·адал, ·шын, ·нағыз, ·айна·дай, ·бәкізе, ·ғилман, ·жазықсыз###_чистый¶
native###_жергілікті·адам, ·туып-өскен, ·туған###_уроженец¶
native###_туған, ·бір·туған, ·тіған-туыскандар, ·туыстық, ·туып·өскен, ·
қарағым, ·шырағым###_родной¶
native·of·a·country·(·aborigine·)###_абориген###_абориген¶
nativity·(the·Nativity)###_рождество###_рождество¶
nativity###_дүниеге·келу, ·жаралу###_рождение¶
north·atlantic·treaty·organization·(NATO)###_°###_североатлантический·
союз·(НАТО)¶
North·Atlantic·Treaty·Organization·(NATO)###_°###_Североатлантический·
союз·(НАТО)¶
nato·(NATO;·North·Atlantic·Treaty·Organization)###_°###_нато·(НАТО;·

```

Рисунок2 Фрагмент используемого базового англо-казахско-русского словаря

kz	ru
қылмыстық	криминал
мәйіті	трупы
мәліметтерге	данные
министрлігімен	с министерством
Оңтүстік	юг
орындарын	мест
езара	взаимное
езінің	его собственный
пигылды	недобросовестный
Рудныйда	в Рудном
сату	продажа
сәттері	моменты

Рисунок 3 Фрагмент базы данных хранилища текстов на двух языках

Для улучшения выравнивания предложений, помимо словарного метода, мы используем знания о POS-тегировании слов в предложениях. Такой подход позволит улучшить результаты словарного метода, так как казахские слова имеют несколько вариантов перевода. Благодаря правильной разметке слов в текстах можно улучшить лучший переводной эквивалент.

### Эксперименты и результаты

Наш параллельный казахско-русский корпус содержит тексты с некоторых казахстанских новостных сайтов за период 2018-2019 гг. В состав корпуса входит более 50410 слов, из них около 24800 на русском и около 25600 слов на казахском языке.

Для оценки правильности выровненных предложений мы используем мнение экспертов, которые являются носителями как казахского, так и русского языков.

Хорошо разработанное специальное приложение позволяет экспертам выбирать текст на любом (русском или казахском) языке и автоматически загружать параллельный текстовый файл. При работе с корпусом эксперт может отмечать тексты, сохранять их с маркировкой и выравнивать их вручную. На рисунке 4 показан пользовательский интерфейс нашего специального универсального приложения для работы с выровненными параллельными корпусами.

В результате оценки по меньшей мере трех экспертов было установлено, что около 60% предложений в нашем параллельном казахско-русском корпусе автоматически правильно выровнены. Остальные предложения должны быть выровнены вручную.

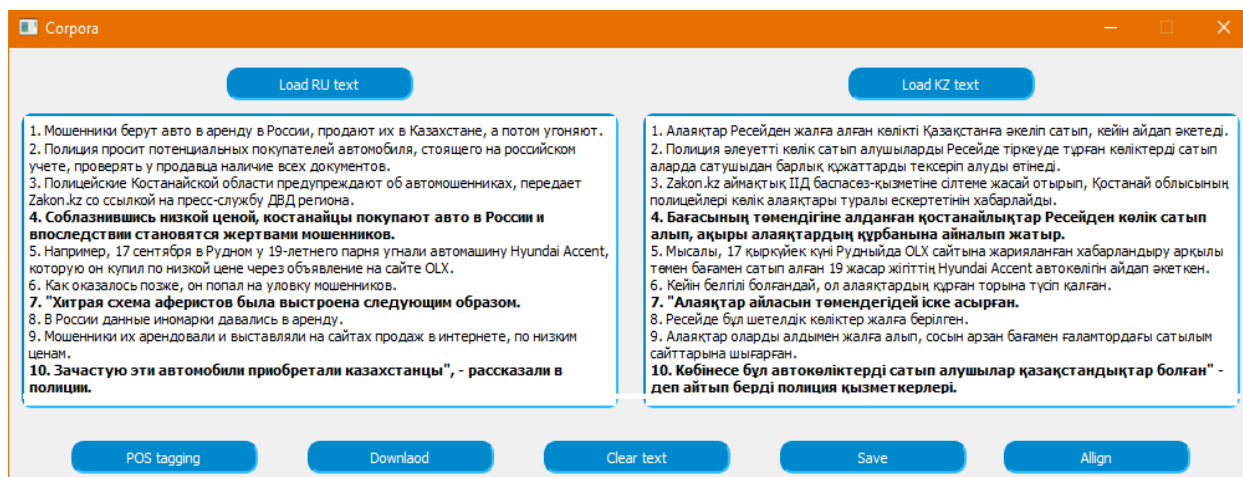


Рисунок 4 Пользовательский интерфейс нашего специального универсального приложения для работы с выровненными параллельными корпусами. Жирный шрифт применяется к тем предложениям, которые не имеют параллельных эквивалентов после автоматического выравнивания.

На наш взгляд, такой процент связан со следующими факторами.

1. Не полное совпадение по количеству предложений в корпусах. В связи со сложностью синтаксических структур казахского языка некоторые предложения не соответствуют по структуре русским эквивалентам и делятся на несколько предложений.

2. Сложность создания словарной базы. В основе словарного метода лежит качественно разработанный словарь. Поскольку русский и казахский языки находятся в удаленных языковых группах, при создании такого словаря возникают трудности с точным переводом.

3. Сложность и ограниченность использования сравнительной грамматики для казахского и русского языков в нашем исследовании. Анализ и дальнейшее развитие этого подхода позволит улучшить результат выравнивания.

4. Словарный метод не учитывает имена собственные. Тексты на криминальную тематику содержат большое количество таких слов, особенно в заголовках.

Все эти несоответствия могут существенно повлиять на результаты выравнивания.

### Выводы и дальнейшая работа

Параллельные корпуса используются для решения различных задач, таких как разработка и настройка систем машинного перевода, сравнительное изучение языков, языковое обучение. Разработка таких корпусов особенно важна для языков с низким уровнем ресурсов и для пар языков, относящихся к разным группам, например, для русского и казахского языков.

Параллельный казахстанско-русский корпус разработан на основе четырех многоязычных новостных сайтов Казахстана, из которых была отобрана специальная криминальная информация. Корпус содержит 50410 слов, из которых 25600 относится к казахскому языку, а 24800 - к русскому.

Корпус выровнен с использованием специально сконфигурированного словаря и знанием POS-тегов обоих текстов. Экспертная оценка автоматического выравнивания составляет 60% правильно выровненных текстов. Кроме того, корпус снабжен специальным программным приложением, позволяющим добавлять специальную информацию в корпус. Разработанный выровненный казахско-русский параллельный корпус может быть использован в качестве обучающих данных для машинного перевода,

идентификации и извлечения текстов, связанных с преступностью, а также для различных задач NLP.

Следующим этапом нашего исследования является более активное вовлечение в этап информационного выравнивания с использованием POS-тегов, что в настоящее время ограничено сложностью такой полной маркировки для казахских текстов.

### **Благодарность**

Это исследование поддержано Комитетом по науке Министерства образования и науки Республики Казахстан (проект № AP05131073 - Методы, модели поиска и анализа криминальной информации, содержащейся в полуструктурированных и неструктурированных текстовых массивах).

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

[1] Rizun Nina, Waloszek Wojciech. Methodology for Text Classification using Manually Created Corpora-based Sentiment Dictionary. Proceedings of the 10th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management (IC3K 2018) – Volume 1: KDIR, pages 212-220.

[2] Gale W.A., Church K.W., 1993. A program for aligning sentences in bilingual corpora. *Computational Linguistics*, 19(1):75–102.

[3] Kay M., Roscheisen M., 1993. Text translation alignment. *Computational Linguistics*, 19(1):121–142.

[4] Fung P., McKeown K., 1994. Aligning noisy parallel corpora across language groups: word pair feature matching by dynamic time warping. Proceedings of the First Conference of the Association for Machine Translation in the Americas (AMTA-94), pages 81–88, Columbia, Maryland, USA.

[5] Simard M., Foster G.F., Isabelle P., 1992. Using cognates to align sentences in bilingual corpora. Proceedings of the Fourth International conference on theoretical and methodological issues in Machine translation, pages 67–81, Montreal, Canada.

[6] Daniel Varga, Peter Halacsy, Andras Kornai, Viktor Nagy, Laszlo Nemeth, Viktor Tron, 2007. Parallel corpora for medium density languages. In MREC, H-1111 Budapest MetaCarta Inc., U of Edinburgh.

[7] Pavel Vondricka, 2014. Aligning parallel texts with InterText. In Institute of the Czech National Corpus, Charles University in Prague Faculty of Arts.

[8] Zhandos Zhumanov, Aigerim Madiyeva, Diana Rakhimova, 2017. New Kazakh parallel text corpora with online access. Al Farabi Kazakh National University, Laboratory of Intelligent Information Systems, Almaty, Kazakhstan.

[9] Diana Rakhimova, Zhandos Zhumanov, 2017. Complex Technology of Machine Translation Resources Extension for the Kazakh Language. Al Farabi Kazakh National University, Laboratory of Intelligent Information Systems, Almaty, Kazakhstan.

[10] Natalia Grabar, Olga Kanishcheva, Thierry Hamon, 2018. Multilingual aligned corpus with Ukrainian as the target language. CNRS, Univ. Lille, National Technical University Kharkiv Polytechnical Institute, Kharkiv, Ukraine, Universite Paris-SaclayOrsay, France.

[11] Juho Harme, 2018. Last year but not yesterday? Explaining differences in the locations of Finnish and Russian time adverbials using comparable corpora. University of Tampere, Finland.

[12] Jason R. Smith, Chris Quirk and Kristina Toutanova, 2010. Extracting Parallel Sentences from Comparable Corpora using Document Level Alignment. In Center for Lang. and Speech Processing Johns Hopkins University and Microsoft Research.

[13] Lewoniewski, W., Węcel, K., Abramowicz, W. Quality and importance of Wikipedia articles in different languages. In International Conference on Information and Software Technologies. 2016, p. 613 – 624.

[14] Alexandr Rosen, 2005. In search of the best method for sentence alignment in parallel texts. In Computer treatment of Slavic and East European languages. Third international seminar. Bratislava, Slovakia, p. 174-185.

## КРИМИНАЛДЫ ТАҚЫРЫПҚА БАҒЫТТАЛҒАН ҚАЗАҚ-ОРЫС ПАРАЛЛЕЛЬДІ КОРПУСЫ

Н. Хаирова<sup>1</sup>, А. Колесник<sup>2</sup>, О. Мамырбаев<sup>3</sup>, К. Мухсина<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Харьков политехникалық институты ұлттық техникалық университеті, Харьков, Украина

<sup>2</sup>Ақпараттық-есептеу технологиялары институты, Алматы қ., Қазақстан

<sup>3</sup>Атындағы Қазақ ұлттық университеті әл-Фараби, Алматы қ., Қазақстан,

khairova@kpi.kharkov.ua, kolesniknastya20@gmail.com, {morkenj, kuka\_aiaisure@mail.ru

*Аңдатпа.* Қазіргі уақытта жоғары сапалы параллель мәтіндік кейстерді дамыту заманауи лингвистиканың өзекті және алдыңғы қатарлы бағыттарының бірі болып табылады. Қазақ тілі сияқты ресурстардың деңгейі төмен тілдер үшін параллельді көптілді денелерді құруға ерекше назар аударылады. Зерттеу барысында біз төрт қазақ тілді жаңалықтар сайтынан мәтіндерді зерттедік, қылмыстық тақырыпқа негізделген параллельді қазақ-орыс мәтіндерін құрдық. Корпусты туралау үшін лексикалық сәйкестіктер жиынтығын және екі тілдегі POS белгілерінің мағынасын пайдаланылды. Біздің корпустық ұсыныстарымыздың 60% автоматты түрде дұрыс тураланған. Соңында қателіктердің пайыздық деңгейіне әсер ететін факторларға талдау жасалды.

*Түйін сөздер:* қылмыстық тақырыптар, POS-белгілеу, қазақ-орыс параллель корпусы, лексикалық сәйкестік.

## ALIGNED KAZAKH-RUSSIAN PARALLEL CORPUS, FOCUSED ON THE CRIME THEME

N. Khairova<sup>1</sup>, A. Kolesnik<sup>2</sup>, O. Mamyrbaev<sup>3</sup>, K. Mukhsina<sup>3</sup>

<sup>1</sup>National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Kharkov, Ukraine

<sup>2</sup>Institute of Information and Computing Technologies, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup>Kazakh National University named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

khairova@kpi.kharkov.ua, kolesniknastya20@gmail.com, {morkenj, kuka\_aiaisure@mail.ru

*Abstract.* Currently, the development of high-quality parallel textual cases is one of the most relevant and advanced areas of modern linguistics. Particular attention is paid to the creation of parallel multilingual bodies for languages with a low level of resources, such as the Kazakh language. In the course of the study, we examined texts from four Kazakh bilingual news sites and created a parallel Kazakh-Russian corpus of texts based on criminal topics. To align the body, we used a set of lexical correspondences and the meaning of POS tags in both languages. 60% of our package offers are automatically aligned correctly. Finally, we analyzed the factors that influence the percentage of errors.

*Keywords:* criminal topics, POS-tagging, Kazakh-Russian parallel corpus, lexical correspondences.



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

МРНТИ 81.93.29

О. Мамырбаев<sup>1</sup>, А. Шаяхметова<sup>1</sup>, А. Кыдырбекова<sup>1,2</sup>, М. Турдалыулы<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт Информационных и вычислительных Технологий, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан  
morkenj@mail.ru, kas.aizat@mail.ru

### ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОДХОД РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ ДЛЯ АГГЛЮТИНАТИВНЫХ ЯЗЫКОВ

**Аннотация.** В данной работе рассматриваются интегральные (end-to-end) системы распознавания речи, работающие на основе глубоких нейронных сетей (DNN). В исследованиях применялись разного вида нейронные сети, модель CTC и шифратор-дешифратор модели, основанные на механизме внимания (attention-based models). В результате исследования было доказано, что модель CTC работает без языковых моделей непосредственно для агглютинативных языков, но наилучшим является ResNet с результатом CER, равным 11,52% и WER, равным 19,57%, с использованием языковой модели. Эксперимент с нейронной сетью BLSTM с помощью шифратора-дешифратора модели, основанной на механизме внимания (attention-based models), показал результат CER, равный 8,01% и WER, равный 17,91%. С помощью эксперимента было доказано, что без интегрирования языковых моделей можно достичь хороших результатов. Лучший результат показали ResNet.

**Ключевые слова:** распознавание речи, агглютинативные языки, сквозные модели, глубокое обучение, CTC

#### Введение

Речь – это система используемых человеком звуковых сигналов, письменных знаков и символов для представления, переработки, хранения и передачи информации. Это также инструмент для взаимодействия человека и машины [1]. Для реализации голосового интерфейса требуется участие широкого спектра специалистов, а именно компьютерного лингвиста, программиста по DNN, и т.д. Традиционную систему распознавания речи можно разделить на несколько модулей, таких как акустические модели, языковые модели и декодирование [2]. Конструкция модульности основана на многих независимых предположениях, и даже традиционная акустическая модель обучается по фреймам, которые зависят от модели Маркова. В автоматизированных системах распознавания речи популярными моделями являлись скрытые марковские модели (HMM) для представления временной динамики речевых сигналов и смеси гауссовских распределений плотностей вероятностей (GMM) для представления распределений сигналов в течение стационарного короткого периода времени, который обычно соответствует единице произношения. Модель HMM-GMM доминировала в исследованиях автоматического распознавания речи в течение нескольких лет. На сегодняшний день нейронная сеть широко применяется в области распознавания речи. Во многих работах было показано, что использование нейронных сетей на каждом шаге сценария стандартной системы распознавания речи улучшает качество ее работы. Наиболее популярным подходом глубокого обучения для автоматического распознавания речи является так называемая гибридная архитектура HMM-DNN, где структура HMM сохраняется, а GMM заменяется глубокой нейронной сетью (DNN) для моделирования динамических характеристик



речевых сигналов. Так, например, в исследованиях [3] языковые модели были обучены с помощью RNN, в работе [4] словарь был получен с помощью LSTM сетей, в [5] глубокие нейронные сети показали высокие результаты для построения акустических моделей, в [6] был представлен метод выделения признаков с помощью ограниченных машин Больцмана. Следовательно, появилась идея использования искусственных нейронных сетей на всех этапах распознавания речи.

Методы глубокого обучения с помощью высокопроизводительных графических процессоров в распознавании речи были успешно реализованы, и этот подход назвали интегральным методом. В интегральном подходе при обучении нейронной сети только одна модель может выдавать нужный результат без использования других компонентов, и такая модель называется интегральной (end-to-end). Интегрированные сети можно создавать, добавляя несколько сверточных (CNN) и рекуррентных (RNN) слоев, которые действуют как акустическая и языковая модели, и напрямую сопоставляют речевые данные на входе с транскрипцией. На данный момент существуют несколько методов реализации интегральных моделей, а именно коннекционная временная классификация (CTC) и шифратор-дешифратор модели, основанные на механизме внимания (Attention-based model), условные случайные поля (CRF). В задачах распознавания речи по-прежнему особое внимание уделяется интегральным подходам, чем традиционным методам [7]. Во многих опубликованных работах доказано, что успех результатов интегрального подхода зависит от увеличения объема данных для обучения нейронной сети. В мире существуют приложения, работающие на основе интегрального подхода: BaiduDeepSpeech, GoogleListen, Attend, Spell, SpeechtoTranslatorTTS, VoicetoTextMessenger. Основная причина такого вывода заключается в том, что текущие интегральные модели обучаются на основе данных. Из вышеизложенного анализа можно увидеть основную проблему, она касается распознавания мало ресурсных языков, таких как казахский, киргизский, азербайджанский, уйгурский, татарский, турецкий и т.д. Эти перечисленные языки входят в группу агглютинативных языков. Для агглютинативных языков не существует больших корпусов обучающих данных. Другие языки имеют TIMIT, WSJ, LibriSpeech, AMI и Switchboard, которые имеют тысячи часов обучающих данных.

Для улучшения интегрального подхода в моделях CTC и шифратор-дешифратор, основанных на механизме внимания (Attention-based model), были введены различные варианты сетей. Для использования локальных корреляций в речевых сигналах введены комплексные кодеры, состоящие из сверточных нейронных сетей (CNN). Данные модели используют преимущества каждой подмодели и приносят более явные и строгие ограничения во всю модель. Приведенные выше исследования по данному направлению значительно улучшают производительность интегральных систем распознавания речи. В предыдущих исследованиях было определено, что модели глубокого обучения на разных языках являются удачными, а многозадачное обучение (MTL) лучше подходит для интегрального обучения [8, 9].

В данной работе мы предлагаем распознавание агглютинативных языков, которое направлено на решение задачи с ограниченным речевым ресурсом в рамках интегральной архитектуры.

Данное исследование организовано следующим образом. В разделе 2 описываются исследования по соответствующему научному направлению. В Разделе 3 описаны принципы работы модели CTC и шифратор-дешифратор модели, основанные на механизме внимания (attention-based models). Далее представлены наши экспериментальные данные и описано оборудование для эксперимента. В разделе 4 проанализированы экспериментальные результаты. В последнем разделе приведены выводы.



### Материалы и методы

Модели, основанные на коннекционной временной классификации (СТС) для распознавания речи, работают без начального выравнивания входных и выходных последовательностей. СТС был разработан для декодирования языка. Hannun [10] и его команда использовали для распознавания речи Vaidu, реализующий параллельный алгоритм обучения сетей с использованием СТС.

В работе [11] было предложено использование глубоких рекуррентных сверточных сетей и глубоких остаточных сетей совместно с СТС. Лучший результат был получен с применением остаточных сетей с батч-нормализацией. Так был получен результат PER, равный 17,33% на речевом корпусе TIMIT.

Альтернативой СТС для интегрального распознавания речи являются модели Sequence to Sequence (Seq2Seq) с вниманием (Attention) [12]. Такие модели состоят из кодировщика и декодировщика. Кодировщик сжимает информацию кадров аудио в более компактное векторное представление с помощью уменьшения количества нейронов от слоя к слою, а декодировщик на основе этого сжатого представления и рекуррентной нейронной сети восстанавливает последовательность символов, фонем или даже слов.

В [13] была предложена СТС модель с использованием глубоких сверточных сетей вместо рекуррентных сетей. Лучшая модель на основе сверточных сетей имела 10 сверточных слоев и 3 полно связных слоя. Лучшая PER оказалась равна 18,2%, при том, что лучшая PER для двунаправленных LSTM сетей оказалась равна 18,3%. Тесты проводились на корпусе TIMIT. Был также сделан вывод, что сверточные сети позволяют увеличить скорость обучения и больше подходят для обучения на последовательностях фонем.

В СТС сети выходные значения нейронной сети сами представляют собой вероятности перехода. В качестве архитектуры нейронной сети были выбраны двунаправленные LSTM-сети. Сравнивались три модели: RNN-СТС модель, RNN-СТС модель (RNNWER), переобученная минимизированная WER и базовая гибридная модель, написанная с помощью инструментария Kaldi [14].

Soltau и др. [15] выполнили контекстно-зависимое распознавание фонем, обучив модель на основе СТС в задаче подписи видео на YouTube. Sequence-to-sequence модели испытывают недостаток в распознавании на 13–35% по сравнению с базовыми системами.

Существует «обобщение» СТС моделей — RNN преобразователь (RNN Transducer), который объединяет две RNN в последовательную преобразовательную систему [16]. Одна из сетей похожа на СТС-сеть и обрабатывает тот же момент времени, что и входная последовательность, а вторая RNN моделирует вероятности следующих меток при условии предыдущей. Как и в СТС-сетях, используется динамическое программирование для вычислений и алгоритм прямого-обратного хода, но с учетом ограничений обоих RNN. В отличие от СТС-сетей, RNN преобразователь позволяет генерировать выходные последовательности длиннее входных. RNN преобразователи показали хорошие результаты в распознавании фонем с PER, равной 17,7% на корпусе TIMIT.

### Предлагаемая система автоматического распознавания речи

Методология нашей работы выполняется следующим образом:

**СТС функция.** Для обучения нейронной сети СТС-функция используется в качестве функции потерь. Выходную последовательность нейронной сети можно описать следующим образом:  $y = f_w(x)$ . Выходной слой нейронной сети содержит по одному блоку для каждого символа выходной последовательности и еще один для дополнительного символа “blank”. Каждый элемент выходной последовательности является вектором распределения вероятностей для каждого символа  $G'$  в момент

времени  $t$ . Таким образом элемент  $y_k^t$  – это вероятность того, что в момент времени  $t$  во входной последовательности произнесен символ  $k$  из множества  $G'$  рисунок 1 (а).

Пусть,  $\alpha$  – последовательность из индексов blanks и символов длины  $T$ , согласно по  $x$ . Вероятность  $P(\alpha|x)$  можно представить как произведение вероятностей появления символов в каждый момент времени:

$$P(\alpha|x) = \prod_{t=1}^T y_{\alpha_t}^t, \forall \alpha \in G'^T$$

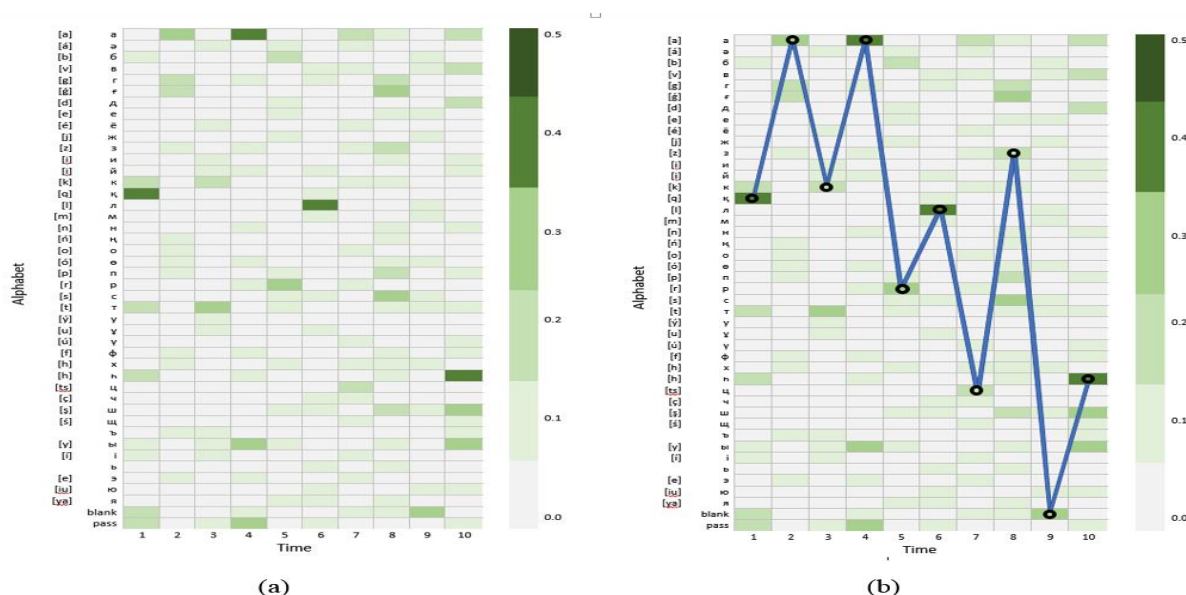


Рисунок 1. Предсказанная акустической моделью матрица.

Пусть  $B$  – является оператором, который удаляет повторы символов и blanks.

$$P(y|x) = \sum_{\alpha \in B^{-1}(y)} P(\alpha|x)$$

Выше описанная формула вычисляется с помощью динамического программирования, а нейронная сеть будет обучена минимизировать CTC функцию:

$$CTC(x) = -\ln(P(y|x))$$

Декодирование основывается на следующем предположении:

$$\arg \max_{\alpha} P(\alpha|x) \approx B(\alpha^*)$$

где  $\alpha^* = \arg \max_{\alpha} P(\alpha|x)$ . Результаты предположения можно увидеть на рисунке 1 (b).

**Attention-Based модель**

Attention – это механизм Encoder-Decoder, разработанный для улучшения производительности RNN при распознавании речи. Шифратор (Encoder) – нейронная сеть, такая как: DNN, BLSTM, CNN; трансформирует входную последовательность  $x = (x_1, \dots, x_{L'})$  для выделения признаков в некоторое промежуточное представление  $h = (h_1, \dots, h_L)$ .

$$h = Encoder(x_1, \dots, x_{L'})$$

Дешифратор (Decoder) – это обычный RNN, который использует промежуточное представление для генерации выходных последовательностей:

$$P(y|x) = AttentionDecoder(h, y)$$

В качестве дешифратора мы использовали рекуррентный генератор последовательностей, основанный на механизме внимания (Attention-based Recurrent Sequence Generator).

## Dataset

Данные для анализа были предоставлены лабораторией «Компьютерной инженерии интеллектуальных систем». Для этого использовалась шумоизоляционная, профессиональная звукозаписывающая студия фирмы Vocalbooth.com.

В качестве дикторов были отобраны люди без каких-либо проблем с произношением речи. Для записи использовались речи 380 дикторов разных возрастов (возраст от 18 до 50 лет) и полов. Озвучивание и запись одного диктора занимали в среднем 40-50 минут. Для каждого диктора был подготовлен текст, состоящий из 100 предложений, которые были записаны в отдельные файлы. Каждое предложение состоит в среднем из 6-8 слов. Предложения выбраны с максимально богатой фонемой слов. Текстовые данные были собраны с новостных сайтов на казахском языке, а также были использованы другие материалы в электронном виде. Всего записано 123 часа аудиоданных. Во время записи были созданы транскрипции – описание каждого аудиофайла в текстовом файле. Созданный корпус дает нам, во-первых, работу с большими объемами баз данных, проверку предлагаемых характеристик системы и, во-вторых, исследование влияния расширения базы данных на скорость распознавания.

Все аудиоматериалы имеют одинаковые характеристики:

- расширение файла: .wav;
- метод преобразования в цифровой вид: PCM
- дискретная частота: 44,1 кГц;
- разрядность: 16 бит;
- количество аудиоканалов: один (моно).

Для обучения интегральной системы распознавания агглютинативных языков мы дополнительно выбрали еще 2 корпуса:

- Корпус турецкого языка (50 миллионов слов и аудио): <http://www.tnc.org.tr/>
- Корпус татарского языка (75 миллионов слов и аудио): <http://www.corpus.antat.ru>.

**Реализация** Система интегрального распознавания речи с использованием CTC функции была реализована с использованием TensorFlow. В данной системе мы использовали инструментарий Eesen в TensorFlow. Эта система позволяет использовать языковые модели, построенные в формате Kaldi без дополнительной конвертации. Мы использовали Tensor2Tensor для проведения экспериментов с моделями Attention-based models.

Все эксперименты проводились с использованием сервера Supermicro SYS-7049GP-TRT. Конфигурация сервера имеет высокопроизводительную видеокарту NVIDIA TESLA P100.

## Эксперименты и результаты

В экспериментах для извлечения признаков, мы использовали *мел-частотные центральные коэффициенты* (MFCC) с первыми 13 вычисленными коэффициентами. Все данные обучения были разделены на обучающие (90%) и перекрёстную проверку (cross-validation 10%).

На втором этапе эксперимента мы опишем результаты модели на основе функции потерь CTC. Результаты соответствующих CTC-моделей представлены в Таблице 1. В исследованиях мы использовали несколько типов нейронных сетей: ResNet, LSTM, MLP, Bidirectional LSTM. Предварительная настройка нейронных сетей без языковой модели дала нам наилучшие результаты:

- MLP: было 6 скрытых слоев с 1024 узлами, при использовании функции активации ReLU с начальной скоростью обучения, равной 0,007, и коэффициентом затухания, равным 1,5.

- LSTM: было 6 слоя с 1024 единицами в каждом с выпадением, равным 0,5 с, начальной скоростью обучения, равной 0,001, и коэффициентом затухания, равным 1,5.
- ConvLSTM: использован один двумерный сверточный слой с 8 фильтрами, функция активации ReLU. Затем он выпадает с вероятностью удержания, равной 0,5.
- BLSTM: использовал 6 слоев с 1024 единицами и выпадал с вероятностью удержания, равной 0,5.
- ResNet было 9 остаточных блоков с нормализацией (batch-normalization).

В первом эксперименте для моделей шифратор-дешифратор, основанных на механизме внимания (attention-based models), для извлечения признаков мы использовали алгоритм MFCC.

В первом эксперименте для моделей шифратор-дешифратор, основанных на механизме внимания (attention-based models), для извлечения признаков мы использовали алгоритм MFCC, для обучения нейронной сети применяли функцию CTC. Мы не использовали языковые модели в данной модели. Во втором эксперименте мы использовали MFCC и языковые модели. Результаты эксперимента можно увидеть на рисунке 2, 3.

**Table 1-** Результаты CTC-моделей.

Модель	CER%	WER%	Decode	Train
Модели, не использующие языковые модели.				
MLP	48.11	59.26	0.2032	131.2
LSTM	36.43	46.51	0.2152	421.3
Conv+LSTM	34.92	39.31	0.2688	465.2
BLSTM	33.61	37.66	0.2722	491.7
ResNet	32.52	36.57	0.2657	192.6
Модели, использующие языковые модели и MFCC.				
MLP	39.11	63.26	0.0192	146.2
LSTM	24.43	46.51	0.0152	521.3
Conv+LSTM	22.92	39.31	0.0088	465.2
BLSTM	13.61	20.66	0.0022	591.7
ResNet	11.52	19.57	0.0051	242.6

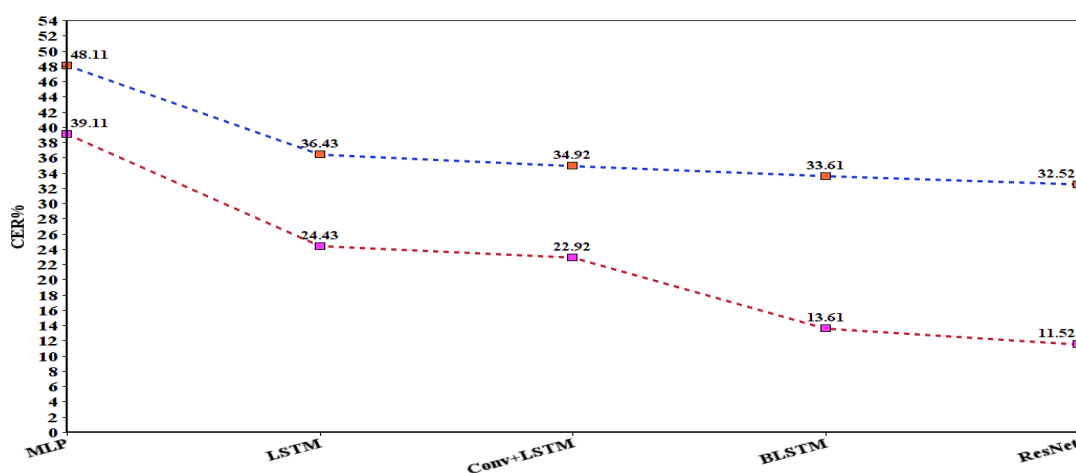


Рисунок 2 – Результаты модели CTC по CER. Синяя линия – результат модели, не использующей языковые модели, а также красная линия Модели, использующей языковые модели и MFCC.

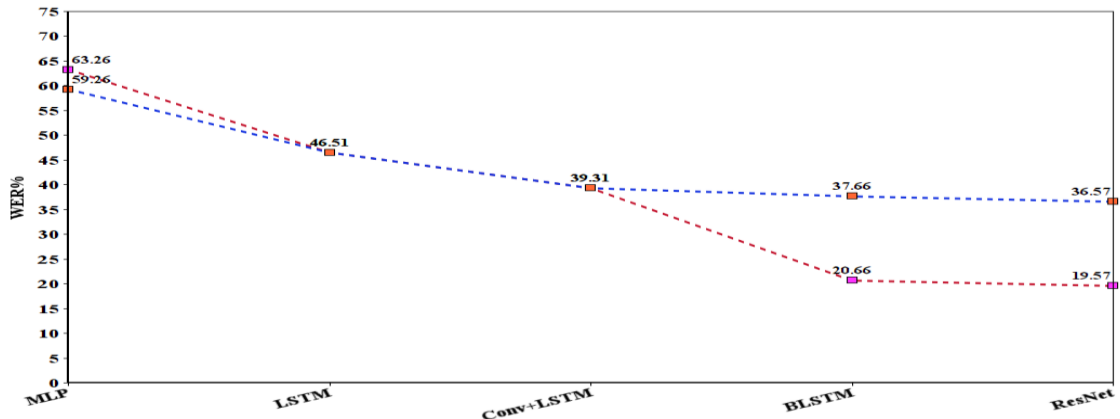


Рисунок 3 – Результаты модели CTC по WER. Синяя линия – результат модели, не использующей языковые модели, а также красная линия Модели, использующей языковые модели и MFCC.

В следующем эксперименте мы применяли нейронные сети LSTM и BLSTM. В нашей модели использовалось 6 слоев по 256 единиц с начальным уменьшением отсева при вероятности сохранения в кодере 0,7. В качестве декодера мы использовали LSTM и шифратор-дешифратор модели, основанные на механизме внимания (attention-based models). Результаты можно увидеть в таблице 2.

Проведенные нами эксперименты доказали, что модель CTC работает без языковых моделей непосредственно для агглютинативных языков, но все равно наилучшим является ResNet с результатом CER, равным 11,52% и WER, равным 19,57%, с использованием языковой модели. Таким образом, можно увидеть, что языковая модель является важной частью распознавания речи.

Таблица 2 – Результаты шифратор-дешифратор модели, основанные на механизме внимания (Attention-based models).

Модель	CER%	WER%	Decode	Train
LSTM	8,61	17,58	0,468	476,7
BLSTM	8,01	17,91	0,496	544,3

Модель CTC допускает ошибки в построении слов и предложений из распознанных символов, но полученная фонематическая транскрипция очень похожа на оригинал. Но после эксперимента мы обнаружили, что использование шифратор-дешифратор модели, основанной на механизме внимания (attention-based models) для агглютинативных языков без интегрирования языковых моделей, позволяет достичь хороших результатов. Нейронная сеть BLSTM с помощью шифратор-дешифратор модели, основанной на механизме внимания (attention-based models), показала результат CER, равный 8,01% и WER, равный 17,91%.

### Вывод

В этой работе мы рассматриваем задачу распознавания агглютинативных языков с помощью интегрального подхода, таких как модель CTC и шифратор-дешифратор модели, основанных на механизме внимания (attention-based models). При проведении эксперимента мы использовали различного вида архитектуры нейронных сетей: MLP, LSTM и их модификации, а также ResNet. В результате эксперимента мы доказали, что без интегрирования языковых моделей можно достичь хороших результатов. Наилучший



результат показали ResNet. В данном эксперименте были достигнуты хорошие результаты, лучшие, чем базовые гибридные модели.

В будущем планируется проведение экспериментов с использованием других типов моделей для извлечения признаков и для распознавания речи. Будет применяться модель условно случайные поля (ConditionalRandomFile).

#### **Благодарность**

Данная работа была поддержана Министерством образования и науки Республики Казахстан. IRN AP05131207 Разработка технологий мультязычного автоматического распознавания речи с использованием глубоких нейронных сетей.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

[1] Perera FP, Tang D, Rauh V, Lester K, Tsai WY, Tu YH, et al. Relationship between polycyclic aromatic hydrocarbon–DNA adducts and proximity to the World Trade Center and effects on fetal growth. *Environ Health Perspect.* 2005; 113:1062–1067.

[2] O. Mamyrbayev, M. Turdalyuly, N. Mekebayev, K. Alimhan, A. Kydyrbekova, T. Turdalykyzy. Automatic Recognition of Kazakh Speech Using Deep Neural Networks. *ACIIDS 2019, LNAI 11432*, pp. 465-474, 2019. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-14802-7\\_40](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14802-7_40)

[3] Mikolov T. et al. Recurrent neural network based language model. *Interspeech.* 2010. vol. 2. pp. 1045–1048.

[4] Rao K., Peng F., Sak H., Beaufays F. Grapheme-to-phoneme conversion using long short-term memory recurrent neural networks. 2015 *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*. 2015. pp. 4225–4229.

[5] Jaitly N., Hinton G. Learning a better representation of speech soundwaves using restricted boltzmann machines. 2011 *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*. 2011. pp. 5884–5887.

[6] Smolensky P. Information processing in dynamical systems: Foundations of harmony theory. *Colorado University at Boulder Dept of Computer Science.* 1986. pp. 194–281.

[7] Vaněk, J., Zelinka, J., Soutner, D., & Psutka, J. (2017). A regularization post layer: An additional way how to make deep neural networks robust. In *International Conference on Statistical Language and Speech Processing (ICASSP)*.

[8] Kim, S., Hori, T., & Watanabe, S. (2017). Joint CTC-attention based end-to-end speech recognition using multi-task learning. In *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*.

[9] K. Aida-Zade, S. Rustamov, E. Mustafayev, “Principles of Construction of Speech Recognition System by the Example of Azerbaijan Language,” *Int. Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications*, 2009, pp 378-382.

[10] A. Hannun, C. Case, J. Casper, B. Catanzaro, G. Diamos, E. Elsen, et al., *DeepSpeech: scaling up end-to-end speech recognition*, arXiv: 1412.5567 (2014).

[11] Zhang Z. et al. Deep Recurrent Convolutional Neural Network: Improving Performance For Speech Recognition. 2016. preprint: arXiv: 1611.07174. URL:<https://arxiv.org/abs/1611.07174>

[12] D. Bahdanau et al. End-to-end attention-based large vocabulary speech recognition. *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 2016 *IEEE International Conference on*. — IEEE. 2016. — p. 4945—4949.

[13] Zhang Y. et al. Towards end-to-end speech recognition with deep convolutional neural networks. 2017. preprint: arXiv: 1701.02720. URL: <https://arxiv.org/abs/1701.02720>



[14] Povey D. et al. The Kaldi speech recognition toolkit. IEEE 2011 workshop on automatic speech recognition and understanding. IEEE Signal Processing Society. 2011. 4 p.

[15] H. Soltan, H. Liao, H. Sak, Neural speech recognizer: acoustic-to-word LSTM model for large vocabulary speech recognition, arXiv:1610.09975 (2016).

[16] Boulanger-Lewandowski N., Bengio Y., Vincent P. High-dimensional sequence transduction. 2013 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). 2013. pp. 3178–3182.

## АГГЛЮНАТИВТІ ТІЛДЕРДІҢ СӨЙЛЕУІН ТАНУДЫҢ ИНТЕГРАЛДЫ ТӘСІЛІ

О. Мамырбаев<sup>1</sup>, А. Шаяхметова<sup>1</sup>, А. Кыдырбекова<sup>1,2</sup>, М. Турдалыулы<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Казахский ұлттық университеті. әл-Фараби, Алматы қ., Қазақстан  
morkenj@mail.ru, kas.aizat@mail.ru

**Аңдатпа.** Бұл жұмыста терең нейрондық желілер (DNN) негізінде сөйлеуді танудың интегралды (end-to-end) жүйелері қарастырылған. Зерттеулерде әртүрлі нейрондық желілер, CTC моделі және зейін аударуға негізделген шифрлаушы-дешифратор моделі қолданылды. Зерттеу нәтижесінде CTC моделі тікелей жалғамалы тілдер үшін тілдік модельдерсіз жұмыс істейтіні, бірақ ең жақсысы 11,52% тең келетін CER және 19,57% тең келетін WER нәтижелі ResNet тілдік моделі екендігі дәлелденді. Зейінді аудару модельдеріне негізделген шифратор-дешифратор модельдерін қолдана отырып, BLSTM нейрондық желісімен жүргізілген тәжірибе CER 8,01% және WER 17,91% көрсетті. Тәжірибені қолдана отырып, тілдік модельдерсіз жақсы нәтижелерге қол жеткізуге болатындығы дәлелденді. ResNet жақсы нәтиже көрсетті.

**Тірек сөздер:** Сөйлеуді тану, жалғамалы тілдер, аяқталатын модельдер, тереңдетіп оқыту, CTC

## INTEGRAL SPEECH RECOGNITION APPROACH FOR Agglutinuous Languages

О. Мамырбаев<sup>1</sup>, А. Shayakhmetova<sup>1</sup>, А. Kydyrbekova<sup>1,2</sup>, М. Turdalyuly<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup>Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan  
morkenj@mail.ru, [kas.aizat@mail.ru](mailto:kas.aizat@mail.ru)

**Abstract.** In this paper, integrated (end-to-end) speech recognition systems based on deep neural networks (DNN) are considered. Different types of neural networks, the CTC model and the encoder-decoder model based on the attention-based models were used in the studies. As a result of the study, it was proved that the CTC model works without language models directly for agglutinative languages, but the best is ResNet with a CER of 11.52% and a WER of 19.57% using the language model. An experiment with the BLSTM neural network using the encoder-decoder models based on the attention-based models showed a CER of 8.01% and a WER of 17.91%. Using the experiment, it was proved that without integrating language models, good results can be achieved. The best result showed ResNet.

**Keywords:** Speech recognition, Agglutinative languages, End-to-end models, Deep learning, CTC



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

МРНТИ 28.23.29

М.А. Карменова<sup>1</sup>, А.Б. Нугуманова<sup>2</sup>, А.С. Тлебалдинова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан

<sup>2</sup>Восточно-Казахстанский государственный университет имени С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан

mmm\_0582@mail.ru, yalisha@yandex.kz, a\_tlebaldinova@mail.ru

### КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПО ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ УЯЗВИМОСТИ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

**Аннотация.** В статье приведен обзор и анализ зарубежных исследований, в которых рассматриваются различные задачи и подходы по оценке сейсмической уязвимости городских объектов. Актуальностью решения такого рода задач является то, что применены методы и технологии интеллектуального анализа данных. Кроме этого, в данной статье представлены результаты исследования по решению задачи оценки сейсмостойкости объектов городской среды с применением методов интеллектуального анализа данных. Использованы метод «локтя» и индекс Данна для определения оптимального количества кластеров. В качестве метода для кластеризации набора данных применен k-means, в результате чего получены 4 кластера. Также проведена внутренняя оценка качества полученных кластеров с помощью вычисления коэффициента силуэта, которое дает возможность оценивания среднего расстояния между кластерами. Данный подход в решении задач по оценке сейсмической уязвимости городских объектов дает возможность ускорить и облегчить трудоемкий процесс.

**Ключевые слова:** k-means, метод «локтя», индекс Данна, сейсмическая уязвимость.

#### Введение

Анализ и оценка сейсмоустойчивости существующих и вновь возводимых зданий – процесс не простой и требует проведения ряда мероприятий, а также включает в себя большой объем ресурсов и затрат по времени. Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений также регламентированы сводом правил (СП РК 1.04-110-2017). Как следует из этого, расчетно-аналитическая оценка сейсмостойкости обследуемых зданий и сооружений зависит от многих составляющих факторов. Однако на сегодняшний день, как показывает мировая практика, наряду с прогрессивно развивающимися информационными технологиями в области анализа больших данных для решения и исследования задач по оценке сейсмической уязвимости городских объектов дает возможность ускорить и облегчить этот трудоемкий процесс.

В качестве примера использования технологий и методов интеллектуального анализа больших данных для оценки сейсмической уязвимости объектов городской среды, можно привести множество работ, к примеру работу [1]. Данная работа посвящена анализу данных, связанных с повреждениями, наблюдаемыми на зданиях после землетрясения в Аквиле в 2009 году. В основе методологии использованы методы кластерного анализа, а также алгоритм k-средних. Кластерная структура переменных обнаруживает различные повреждения каменных зданий для различных структурных элементов, которые одинаково присутствуют на разных зданиях. В работе [2] также применены методы интеллектуального анализа для кластеризации пространственных данных. Целью этой работы является разработка кластера пространственных данных,

анализа характеристик каждого кластера данных для разработки пространственной зональности опасности повреждения зданий, которые вызваны землетрясением в городе Банда-Ачех (Индонезия). Исследование проводится в несколько этапов, в одном из которых используется кластеризация данных с помощью метода k-средних. В результате кластерного анализа данных получены 2 кластера, и в завершении исследования авторы представили пространственную картину опасности повреждения зданий в городе Банда-Ачех. В следующей работе [3] представлен анализ сейсмической уязвимости объектов города Константин (Алжир). Исследование основано на методе интеллектуального анализа данных ARL (associationrulelearning). Использование метода ARL заключалось в установлении связей между атрибутами здания (количеством этажей или возрастом здания) и классами уязвимости EMS98. Как отмечается в работе, применение данного метода помогает извлечь «скрытые» связи между элементарными признаками зданий и сейсмической уязвимостью. По заключениям авторов этот подход позволит избежать дорогостоящего процесса составления кадастра характеристик зданий в полевых условиях, что часто препятствует оценке сейсмических инициатив в слабых и умеренных сейсмоопасных регионах. В работах [4, 5, 6] также применены методы интеллектуального анализа данных, которые используются для поиска зависимости между характеристиками и уязвимостью зданий. В качестве характеристик зданий рассматриваются высота и длина здания, количество этажей в здании, общая площадь постройки и т.д. Итак, как видно из выше приведенных работ, которые являются яркими примерами применения методов интеллектуального анализа данных и глубокого обучения, который раз подтверждается эффективность использования технологий обработки больших данных в области оценки сейсмической уязвимости городских объектов.

### Методы и материалы

В нашем исследовании на ранних стадиях для обработки необходимых данных использовался кластерный анализ, а именно метод k-means. Прежде чем представить результаты анализа данных по данному методу, сперва дадим краткое описание метода.

В целом, кластеризация (или кластерный анализ) – это задача разбиения множества объектов на группы, называемые кластерами. Внутри каждой группы должны оказаться «похожие» объекты, а объекты разных групп должны быть как можно более отличны.

Цель метода k-means – это разделение  $m$  наблюдений (из пространства  $R^n$ ) на  $k$  кластеров, при этом каждое наблюдение относится к тому кластеру, к центру (центроиду) которого оно ближе всего [9].

В качестве меры близости используется Евклидово расстояние [7]:

$$\rho(x, y) = \|x - y\| = \sqrt{\sum_{p=1}^n (x_p - y_p)^2}, \quad (1)$$

где  $x, y \in R^n$ .

Рассмотрим ряд наблюдений  $(x^1, x^2, \dots, x^m), x^{(j)} \in R^n$ .

Метод k-means разделяет  $m$  наблюдений на  $k$  групп (или кластеров) ( $k \leq m$ )  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$ , чтобы минимизировать суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от центроидов этих кластеров:

$$\min \left[ \sum_{i=1}^k \sum_{x^{(j)} \in S_i} \|x^{(j)} - \mu_i\|^2 \right], \quad (2)$$

где  $x^{(j)} \in R^n$ ;

$\mu_i \in R^n$ ;

$\mu_i$  – центроид для кластера  $S_i$ .

Центроид каждого  $i$ -го кластера перевычисляется по правилу:

В качестве меры близости используется Евклидово расстояние:

$$\mu_j = \frac{1}{S_j} \sum_{x^{(j)} \in S_j} x^{(j)}. \quad (3)$$

Таким образом, алгоритм k-средних заключается в переычислении на каждом шаге центра для каждого кластера, полученного на предыдущем шаге.

Алгоритм останавливается, когда значения  $\mu_i$  не меняются:  $\mu_i^{\text{шаг } t} = \mu_i^{\text{шаг } t+1}$ .

Исходя из обзора и анализа научных трудов, изучив различные подходы и зарубежный опыт исследователей по оценке сейсмической уязвимости городских объектов с применением методов интеллектуального анализа данных, были проведены исследования и получены результаты эксперимента. В качестве набора данных для исследования были использованы данные, предоставленные в отчетной документации АО «КазНИИСА» (Казахский научно-исследовательский и проектный институт строительства и архитектуры) о городских объектах с определенными характеристиками (15 переменных) [10]. Городские объекты принадлежат к микрорайонам города (на примере города Алматы). Основной задачей исследования являлось применение методов интеллектуального анализа данных, а именно метода кластеризации k-means для оценки сейсмостойкости городского объекта. После подготовки и применения необходимых операций по обработке набора данных, в исследовании проведена оценка оптимального количества кластеров для дальнейшего его использования в методе кластеризации k-means. В качестве метода по определению оптимального количества кластеров был использован метод «локтя», иначе говоря «Elbowmethod». По данному методу видно, что оптимальное количество кластеров  $k=4$  (смотрим на линию изгиба, которая наглядно представлена на рис.1).

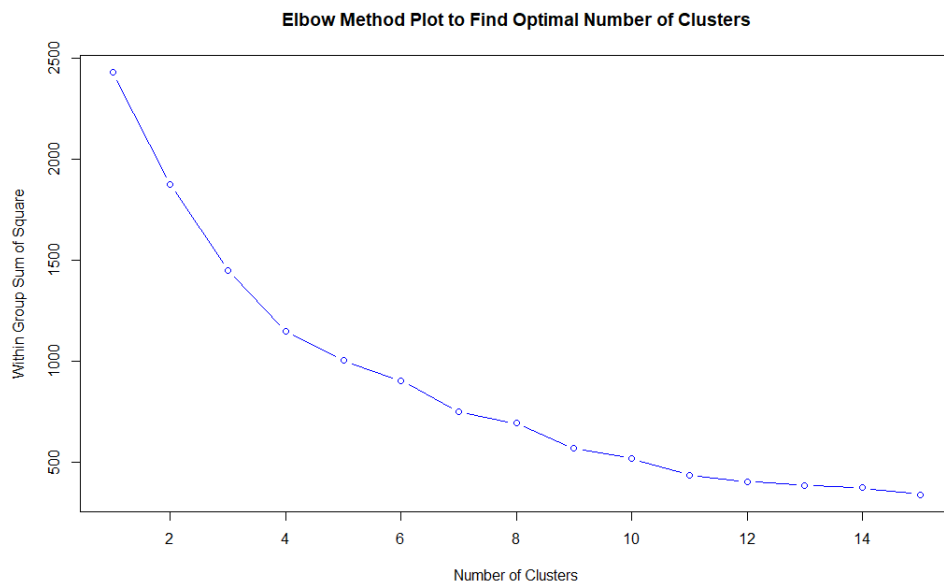


Рисунок 1 – Определение оптимального количества кластеров методом «локтя»

Данный пакет используется для определения наилучшей схемы кластеризации по разным результатам, полученным путем варьирования всех комбинаций количества кластеров и методов расстояния (Рисунок 2).

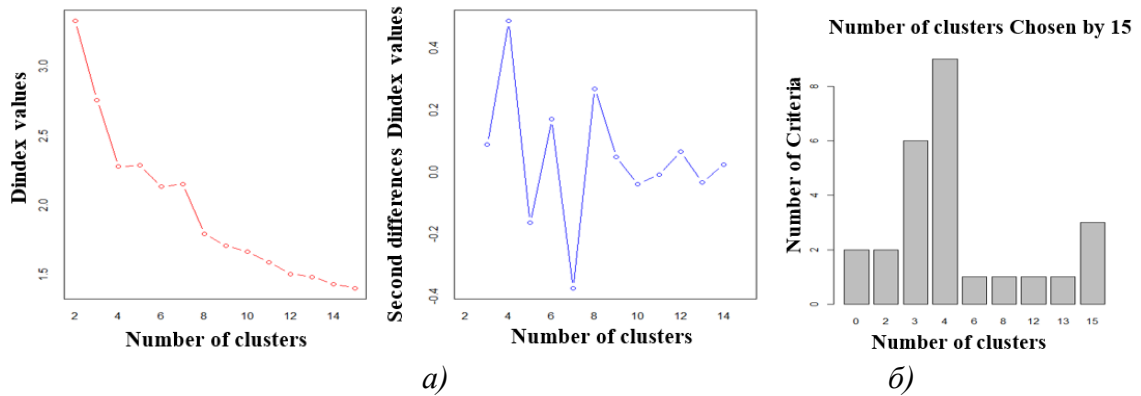


Рисунок 2 - Определение оптимального количества кластеров: а) по индексу Данна; б) в виде графика barplot

На рис. 2 (а) в двух графиках Dindex относится к индексу Данна. Более высокие значения индекса Данна указывают на лучшую кластеризацию, а именно  $k=4$ . Оптимальное количество кластеров определяется как количество кластеров, выбранных по наибольшему количеству критериев. Это можно представить, как на рис. 2 (б), продолжении исследования после определения оптимального количества кластеров, к набору данных для кластеризации был применен метод кластерного анализа k-means, при  $k=4$ . В результате на рис. 3 получены 4 кластера, и в таблице 1 представлены их описания.

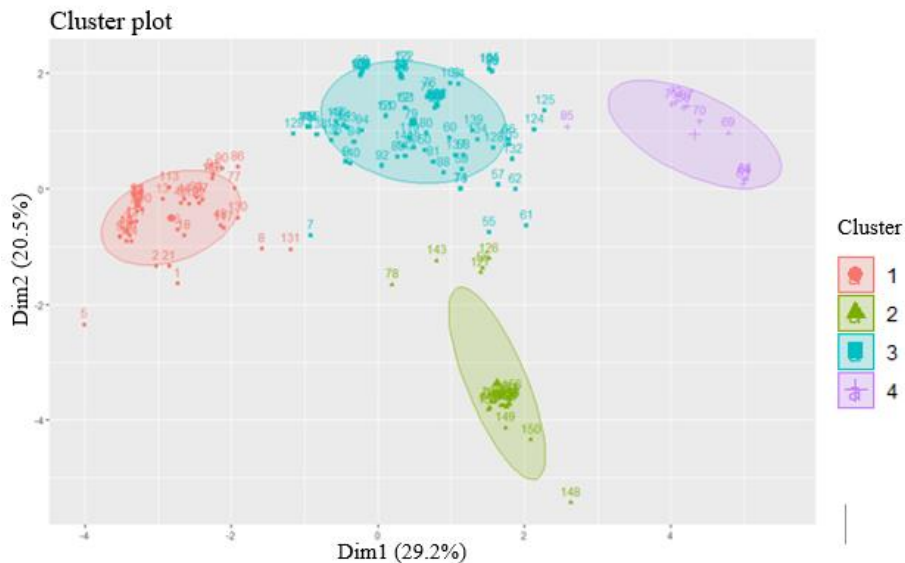


Рисунок 3 – Результат кластерного анализа методом k-means

Таблица 1-Описание полученных кластеров

№	Кластер	Размер кластера	Среднее расстояние между кластерами
1	1	44	0.47
2	2	25	0.40
3	3	84	0.35
4	4	10	0.64

Перед тем, как интерпретировать результаты, полученные кластерным анализом с помощью метода k-means, в исследовании на следующем шаге проведена проверка кластеризации рис. 4. Коэффициент силуэта [8] измеряет, насколько хорошо кластеризовано наблюдение, и оценивает среднее расстояние между кластерами (т.е. среднюю ширину силуэта). Из рис. 4 по кластеру 2 видно, что наблюдение с отрицательным силуэтом расположено не в той группе. Силуэтный коэффициент ( $S_i$ ) измеряет, насколько объект  $i$  похож на другие объекты в своем кластере по сравнению с объектами в соседнем кластере. В целом значения  $S_i$  находятся в диапазоне от 1 до -1.

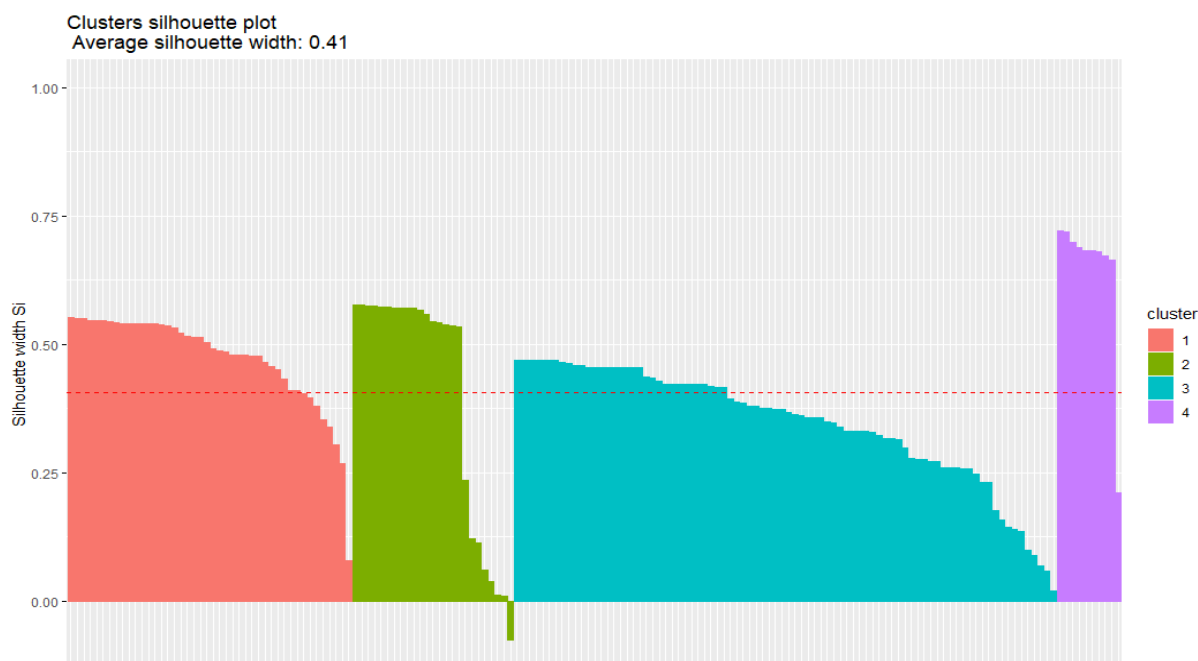


Рисунок 4 – Проверка кластеров

Следуя из вышесказанного, наблюдение с отрицательным силуэтом на рис.4, соответствует наблюдению в таблице 2.

Таблица 2 – Наблюдение с отрицательным силуэтом

№	Кластер	Neighbor	sil_width
56	2	3	-0.07663963

### Результаты

Итак, получив полный кластерный анализ по набору данных, который состоит из 250 наблюдений и 15 характеристик городских объектов, можно привести описание по полученным кластерам и дать оценку сейсмостойкости объектов городской среды. По кластеру 2, наблюдение в точке 56, детально было изучено и по сходству элементов относится к кластеру 3. Также наблюдение в точке 85, относится к сейсмоопасному объекту и по мере сходства ближе к кластеру 4.

По кластеру 1 выявлены сейсмостойкие объекты, в основном они 1975, 1978, 1986, 1987, 1993, 1994 годов постройки и имеют общую характеристику крупнопанельного здания. В кластере 2 сгруппированы тоже сейсмостойкие объекты, которые 1973, 1975, 1983 годов конструкции. Данные объекты имеют общую характеристику как каркасно-панельные здания с буронабивными сваями, где несущие стены кирпичные. Кластер 3 –



сейсмотехнически безопасные объекты 1972, 1985, 1992 годов конструкции. Общая характеристика жилых объектов – каркасный тип. Кластер 4 не сейсмостойкие объекты 1932, 1936, 1952, 1954, 1956, 1958 годов конструкции, кирпичные здания. Категория грунтов 3.

### Выводы

В статье приведен обзор и анализ применения методов интеллектуального анализа данных, связанный с оценкой сейсмической уязвимости объектов городской среды. Кроме этого, в центре внимания данной работы были приведены исследования по оценке сейсмической уязвимости объектов городской среды с использованием метода кластеризации k-means. Наборы данных, использованные в данном исследовании, были получены из отчетной документации АО «КазНИИСА». Результаты показали 4 кластера, их размеры и среднее расстояние между кластерами. При определении оптимального количества кластеров использованы метод «локтя» и индекс Данна с различными визуализациями, которые показывают оптимальность кластеров,  $k=4$ . В целях валидации качества кластеров проведено вычисление коэффициента силуэта, которое дает возможность оценивания среднего расстояния между кластерами (среднюю ширину силуэта), где по кластеру 2 определено наблюдение с отрицательным силуэтом в точке 56. Сравнение результатов кластерного анализа k-means с экспертными оценками доказывает применимость данного метода. Поэтому методы кластеризации и инструменты объективного интеллектуального анализа данных являются надежными для сейсмических интерпретаций, основанных на наборах данных городских объектов. Использование интеллектуальных методов, таких как кластеризация k-means наряду с использованием человеческого экспертного суждения, улучшат результаты. Данное исследование является основой для таких исследовательских работ, как оценка сейсмической уязвимости объектов городской среды, прогноз экономического ущерба от сейсмических воздействий.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Drago C., Ferlito R., Zucconic M. Clustering of damage variables for masonry buildings measured after L'Aquila earthquake. September 2015.
- [2] Irwansyah E., Winarko E. Spatial Data Clustering and Zonation of Earthquake Building Damage Hazard Area. The European Physical Journal Conferences, 68. February 2014. DOI: 10.1051/epjconf/20146800005.
- [3] Guettiche A., Gueguen Ph. Seismic vulnerability assessment using association rule learning: application to the city of Constantine, Algeria. Natural Hazards 86(3). January 2017. DOI: 10.1007/s11069-016-2739-5.
- [4] Riedel I., Guéguen Ph., Mura M.D., Pathier E., Leduc T., Chanussotet J., “Seismic vulnerability assessment of urban environments in moderate-to-low seismic hazard regions using association rule learning and support vector machine methods”, Natural Hazards: Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards, Springer, vol. 76(2), March 2015, pp. 1111-1141, doi:10.1007/s11069-014-1538-0.
- [5] Chen C. S., Cheng M. Y., Wu Y. W., “Seismic assessment of school buildings in Taiwan using the evolutionary support vector machine inference system”, Expert Systems with Applications, vol. 39(4), March 2012, pp. 4102-4110, doi:10.1016/j.eswa.2011.09.078.
- [6] Kao W. K., Chen H. M., Chou J. S., “Aseismic ability estimation of school building using predictive data mining models”, Expert Systems with Applications, vol. 38, Aug. 2011, pp. 10252-10263, doi: 10.1016/j.eswa.2011.02.059.
- [7] <http://statistica.ru/theory/klasterizatsiya-metod-k-srednikh/>

[8] Brock, Guy, Vasyl Pihur, Susmita Datta, and Somnath Datta. 2008. "CIVValid: An R Package for Cluster Validation." *Journal of Statistical Software* 25 (4): 1–22. <https://www.jstatsoft.org/v025/i04>.

[9] Charrad M., Nadia Gh., Véronique B. 2014. "NbClust: An R Package for Determining the Relevant Number of Clusters in a Data Set." *Journal of Statistical Software* 61: 1–36.

[10] Отчет по выборочному обследованию зданий в рамках «Исследования по управлению рисками, связанными с сейсмическими бедствиями в городе Алматы, Республика Казахстан», РГП «КазНИИССА», г. Алматы, 2008 г.

## LIST OF REFERENCES

[1] Drago C., Ferlito R., Zucconic M. Clustering of damage variables for masonry buildings measured after L'Aquila earthquake. September 2015.

[2] Irwansyah E., Winarko E. Spatial Data Clustering and Zonation of Earthquake Building Damage Hazard Area. *The European Physical Journal Conferences*, 68. February 2014. DOI: 10.1051/epjconf/20146800005.

[3] Guettiche A., Gueguen Ph. Seismic vulnerability assessment using association rule learning: application to the city of Constantine, Algeria. *Natural Hazards* 86(3). January 2017. DOI: 10.1007/s11069-016-2739-5.

[4] Riedel I., Guéguen Ph., Mura M.D., Pathier E., Leduc T., Chanussotet J., "Seismic vulnerability assessment of urban environments in moderate-to-low seismic hazard regions using association rule learning and support vector machine methods", *Natural Hazards: Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards*, Springer, vol. 76(2), March 2015, pp. 1111-1141, doi:10.1007/s11069-014-1538-0.

[5] Chen C. S., Cheng M. Y., Wu Y. W., "Seismic assessment of school buildings in Taiwan using the evolutionary support vector machine inference system", *Expert Systems with Applications*, vol. 39(4), March 2012, pp. 4102-4110, doi:10.1016/j.eswa.2011.09.078.

[6] Kao W. K., Chen H. M., Chou J. S., "Aseismic ability estimation of school building using predictive data mining models", *Expert Systems with Applications*, vol. 38, Aug. 2011, pp. 10252-10263, doi: 10.1016/j.eswa.2011.02.059.

[7] <http://statistica.ru/theory/klasterizatsiya-metod-k-srednikh/>

[8] Brock, Guy, Vasyl Pihur, Susmita Datta, and Somnath Datta. 2008. "CIVValid: An R Package for Cluster Validation." *Journal of Statistical Software* 25 (4): 1–22. <https://www.jstatsoft.org/v025/i04>.

[9] Charrad M., Nadia Gh., Véronique B. 2014. "NbClust: An R Package for Determining the Relevant Number of Clusters in a Data Set." *Journal of Statistical Software* 61: 1–36.

[10] Отчет по выборочному обследованию зданий в рамках «Исследования по управлению рисками, связанными с сейсмическими бедствиями в городе Алматы, Республика Казахстан», РГП «КазНИИССА», г. Алматы, 2008 г.

## ҚАЛА НЫСАНДАРЫНЫҢ СЕЙСМИКАЛЫҚ ОСАЛДЫҚТАРЫН БАҒАЛАУ МӘСЕЛЕЛЕРІН ШЕШУДЕ ДЕРЕКТЕРГЕ КЛАСТЕРЛІК ТАЛДАУ

М.А. Карменова<sup>1</sup>, А.Б. Нугуманова<sup>2</sup>, А.С. Тлебалдинова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті,  
Өскемен, Қазақстан

<sup>2</sup>С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік университеті, Өскемен,  
Қазақстан

mmm\_0582@mail.ru, yalisha@yandex.kz, a\_tlebaldinova@mail.ru

**Аңдатпа.** Мақалада қалалық нысандардың сейсмикалық осалдығын бағалау бойынша түрлі міндеттер мен тәсілдер қарастырылатын шетелдік зерттеулерге шолу мен талдау келтірілген. Деректерді интеллектуалды талдау әдістері мен технологияларының қолданылуы мұндай есептерді шешудің өзектілігі болып табылады. Бұдан басқа, мақалада деректерге зияткерлік талдау әдістерін қолдана отырып, қалалық нысандардың сейсмотұрақтылығын бағалау есебін шешу бойынша зерттеу нәтижелері берілген. Кластерлердің оңтайлы санын анықтау үшін «локтя» әдісі мен Данна индексі қолданылған. k-means деректер жинағын қолдану нәтижесінде 4 кластер алынды. Сондай-ақ алынған кластерлердің сапасын анықтау үшін ішкі кластерлер арасындағы орташа қашықтықты бағалауға мүмкіндік беретін силуэт коэффициентіне есептеу жүргізілген. Қалалық нысандардың сейсмикалық осалдығын бағалау жөніндегі міндеттерді шешуде бұл тәсіл қажырлы еңбекті қажет ететін үрдісті жеделдетуге және жеңілдетуге мүмкіндік береді.

**Тірек сөздер:** k-means, «локтя», Данна индексі, сейсмикалық осалдық.

## КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПО ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ УЯЗВИМОСТИ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

М.А. Карменова<sup>1</sup>, А.Б. Нугуманова<sup>2</sup>, А.С. Тлебалдинова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д.Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан

<sup>2</sup>Восточно-Казахстанский государственный университет имени С.Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан

mmm\_0582@mail.ru, yalisha@yandex.kz, a\_tlebaldinova@mail.ru

**Annotation.** This paper provides a review and analysis of foreign studies that consider various tasks and approaches for assessing the seismic vulnerability of urban objects. The relevance of solving such problems is using data mining methods and technologies. In addition, this article presents the results of a study to solve the problem of assessing the seismic stability of urban environment objects using data mining methods. The «elbow» method and the Dan index were used to determine the optimal number of clusters. K-means was used as a method for clustering the data set, resulting in 4 clusters. An internal assessment of the quality of the obtained clusters was also performed by calculating the silhouette coefficient, which makes it possible to estimate the average distance between clusters. This approach in solving problems of assessing the seismic vulnerability of urban objects makes it possible to speed up and facilitate the time-consuming process.

**Key words:** k-means, Elbow method, Dan index, seismic vulnerability.



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ГРНТИ 20.23.19

**В.П. Куликов, В.П. Куликова, Г.Т. Еркебулан**

Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева, г. Петропавловск,  
Казахстан

erkgulnur@mail.ru, qwertyra@mail.ru

### **О ПРИМЕНЕНИИ ЯНДЕКС.XML И API ЯНДЕКС.ПЕРЕВОДЧИКА В СИСТЕМЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАТТЕРНОВ ПОЛИЯЗЫЧНЫХ ТЕКСТОВ**

*Аннотация.* Развитие машинного перевода позволяет создать научную статью высокого качества, которая при первом впечатлении выглядит оригинальной работой. Раньше данный вид плагиата можно было обнаружить только внимательно, вчитавшись в текст. Лишь недавно появились программные разработки обнаружения межъязыкового плагиата в парах русско-английский, казахско-английский и нескольких других. Однако универсальное решение обнаружения по всем языкам на данный момент отсутствует. В данной работе рассматриваются возможности использования сервисов компании Яндекс – Яндекс.XML и API Яндекс Переводчика. Отобранные тексты на исходном языке переводятся на английский язык с помощью API Яндекс.Переводчика. Полученные переводы отправляются в Яндекс.XML для обнаружения схожих документов в Internet. После проведенных работ мы сможем провести сравнительный анализ текстов и сделать выводы о наличии либо отсутствии полиязычного плагиата. Научной новизной данной статьи будет сравнение платности использования сервисов Яндекса и Google и определение наилучшего способа использования сервисов Яндекса: через API или напрямую.

*Ключевые слова:* Яндекс XML, API Яндекс Переводчика, межъязыковой плагиат, лексические конструкции.

#### **Введение**

Рассматривая систему идентификации паттернов полиязычных текстов, было принято решение изучить возможности применения в ней двух сервисов Яндекса – Яндекс.XML и API Яндекс Переводчика.

Яндекс.XML – это бесплатная технология, позволяющая выполнять поисковые запросы к «Яндексу» и отображать результат запросов у себя на сайте. В отличие от парсинга <https://yandex.kz/> с помощью скриптов, «Яндекс.XML» является официальным сервисом с широкими возможностями, зависящими от форматов XML-запросов/ответов и конкретной реализации [1].

API Яндекс. Переводчика – универсальный сервис, который позволяет программистам интегрировать машинный перевод в свои приложения, сайты и сервисы. Сервис работает на базе разработанной в Яндексе технологии машинного перевода. Сейчас перевод доступен для более чем 90 языков. С машинным переводом Яндекса можно познакомиться на сайте <https://translate.yandex.kz/> или установить мобильное приложение для Android или iOS [2].

#### **Материалы и методологии**

Существует множество способов научить машину выполнять межъязыковой перевод. Один из вариантов – научить её правилам с помощью грамматических конструкций и словарей множества языков. Другой способ – научить её с помощью

параллельных текстов. Начиная с запуска в 2011 году, в Яндекс.Переводчике работает именно такой способ. Спустя 6 лет в компании дополнительно подключили нейросеть. Она тоже проходит обучение на больших корпусах текстов, но схема перевода в ней другая. В обеих системах есть и сильные и слабые стороны Яндекс.Переводчик соединяет в себе обе схемы перевода, стараясь повысить качество перевода за счёт их сильных сторон.

Статистическая система производит анализ переводимого предложения, разделяя его на слова и фразы, рассматривает все вариации перевода для отдельного фрагмента и выполняет взвешивание его вероятности. Анализ выполняется на основе знаний, полученных в ходе её учёбы на больших корпусах текстов. Статистическая модель запоминает не только слово, но и сочетания слов. Таким образом, статистическая система составляет для каждого предложения несколько вариантов переводов и выделяет тот, в котором присутствуют части с наибольшим вероятностным весом и с наилучшим сочетанием фрагментов.

Статистическая модель отлично справляется со сложными и редкими фразами и словами. Вместе с тем, полученный перевод иногда похож на мозаику: если внимательно вчитываться, то можно заметить соединения отдельных кусочков.

Нейросеть, как и статистический переводчик, прорабатывает корпуса параллельных текстов и учится находить в них закономерности. Но при переводе она работает с предложениями, а не со словами и фразами. Данный подход позволяет понять контекст предложения, даже при разном расположении слов относительно друг друга. В итоге, мы получаем более «сглаженный» перевод.

Яндекс.Переводчик выполняет дополнительную проверку с помощью модели языка, чтобы избежать несогласований, например, «красивый ваза» или «мама пошла». Модель языка содержит список большинства употребляемых в языке слов и словосочетаний с указанием частоты их использования. Модель языка создаёт связность текста и в нейронном, и в статистическом переводе. Она исправляет грамматические ошибки. Минусом нейросети является то, что она может выдумать что-то от себя в надежде угадать правильный ответ, если по каким-то причинам ей трудно перевести какое-нибудь предложение. В дополнение, нейросеть, в отличие от статистического перевода, иногда плохо справляется с переводом редких слов. Вот почему в Яндекс.Переводчике используется гибридная система, объединяющая статистический и нейросетевой перевод.

Текст для перевода обрабатывают и нейронная сеть, и статистический переводчик. После этого, алгоритм, основанный на методе обучения CatBoost, оценивает, какая из версий перевода лучше. При формировании оценки учитывают много факторов – от длины предложения (статистическая модель лучше переводит короткие фразы) до синтаксиса. Лучший перевод выводят на экран пользователю. На рисунке 1 показана схема работы Яндекс.Переводчика.

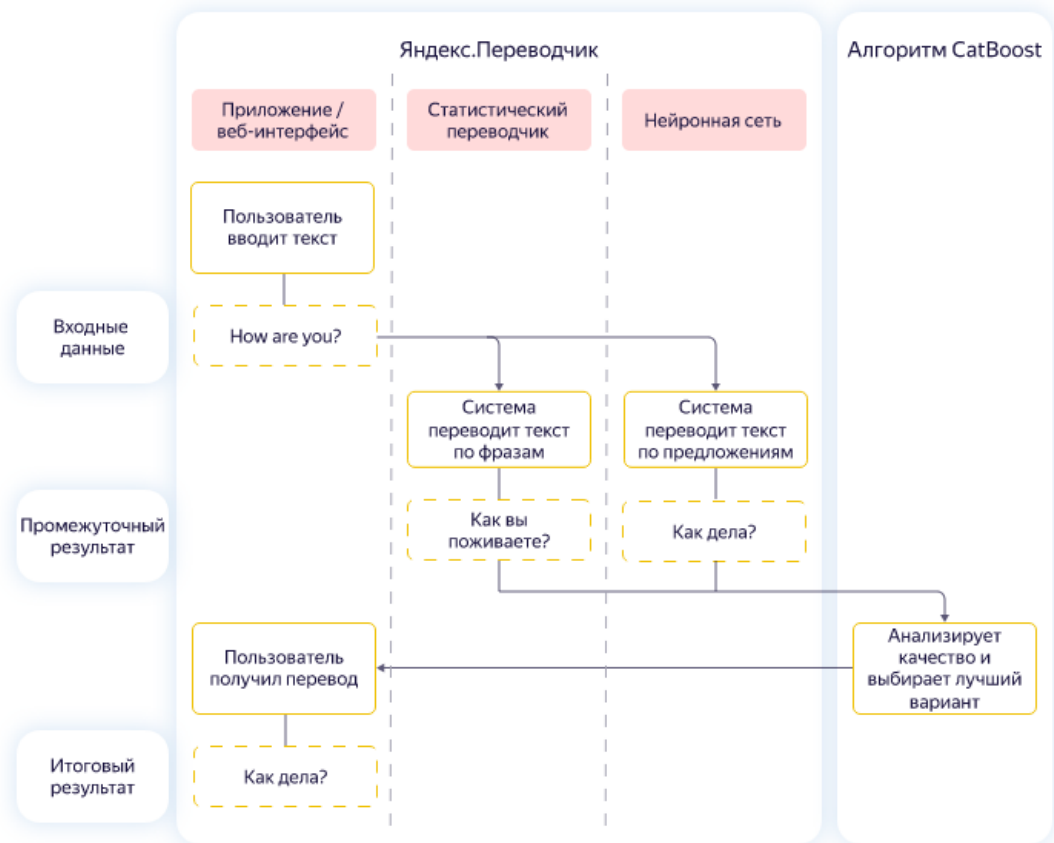


Рисунок 1 – Схема работы Яндекс.Переводчика [3]

В настоящее время гибридная система используется только для перевода с английского на русский, который составляет около 80% всех запросов. На других направлениях перевода пока работает только статистическая модель [4].

### Результаты эксперимента

Начиная с версии 1.5 для доступа ко всем методам API необходимо получить бесплатный API-ключ через привязку к своей электронной почте. На рисунке 2 показан созданный ключ.

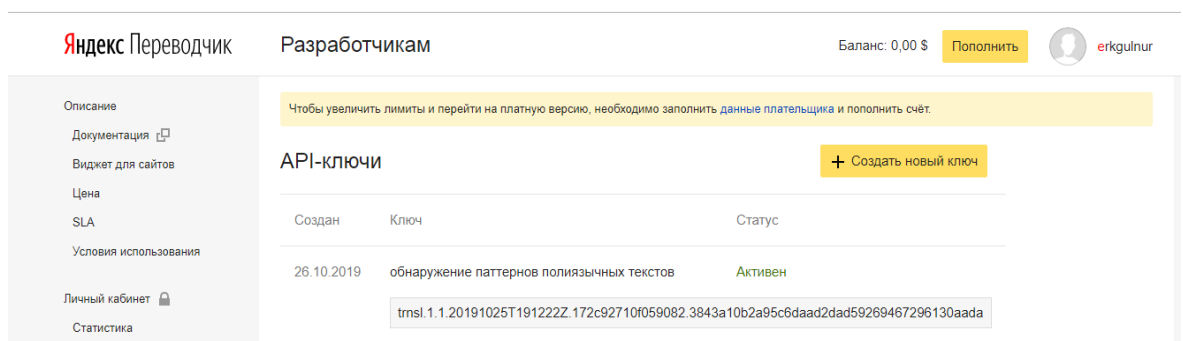


Рисунок 2 – Создание API-ключа



Для работы с API Яндекс.Переводчика, как и с Google Translate API, доступно три метода:

- 1) Получение списка поддерживаемых языков getLangs
- 2) Определение языка detect
- 3) Перевод текста translate

Методы доступны в JSON- и JSONP-интерфейсах, а также в XML-интерфейсе.

В ответе запроса getLangs мы получим список поддерживаемых языков, который будет перечислен в поле langs вместе с расшифровкой кодов языков. Названия языков будут выведены на языке, код которого соответствует этому параметру.

Синтаксис второго метода Яндекс.Переводчика JSON- и JSONP запроса detect:

```
https://translate.yandex.net/api/v1.5/tr.json/detect
? [key=<API-ключ>]
& text=<текст>
& [hint=<список вероятных языков текста>]
& [callback=<имя callback-функции>]
```

где text – текст, язык которого требуется определить (для исходного текста необходимо использовать URL-кодирование), hint – список наиболее вероятных языков (им будет отдаваться предпочтение при определении языка текста), callback – имя функции обратного вызова (используется для получения JSONP-ответа).

Синтаксис запроса translate:

```
https://translate.yandex.net/api/v1.5/tr.json/translate
? [key=<API-ключ>]
& [text=<переводимый текст>]
& [lang=<направление перевода>]
& [format=<формат текста>]
& [options=<опции перевода>]
& [callback=<имя callback-функции>]
```

где text – текст, который необходимо перевести (в запросе можно использовать несколько параметров text), lang – направление перевода, format – формат текста (plain – текст без разметки (значение по умолчанию), html – текст в формате HTML), options – признак включения в ответ автоматически определенного языка переводимого текста (значение 1), callback – имя функции обратного вызова (используется для получения JSONP-ответа).

Яндекс описывает ограничения на параметр text: для POST-запросов максимальный размер передаваемого текста составляет 10 000 символов, а в GET-запросах ограничивается не размер передаваемого текста, а размер всей строки запроса, которая кроме текста может содержать и другие параметры. Максимальный размер строки – от 2 до 10 КБ (зависит от версии используемого браузера).

Пример запроса translate:

```
POST /api/v1.5/tr.json/translate?lang=en-ru&key=API-KEY HTTP/1.1
Host: translate.yandex.net
Accept: */*
Content-Length: 17
Content-Type: application/x-www-form-urlencoded
```

```
text=Hello World!
```

В ответ получим следующее:

```
HTTP/1.1 200 OK
Server: nginx
Content-Type: application/json; charset=utf-8
Content-Length: 68
Connection: keep-alive
Keep-Alive: timeout=120
X-Content-Type-Options: nosniff
Date: Thu, 31 Mar 2016 10:50:20 GMT
{
  "code": 200,
  "lang": "en-ru",
  "text": [
    "Здравствуй, Мир!"
  ]
}
```

На настоящий момент при бесплатном пользовании перевод через API Яндекс.Переводчика хуже, чем обычный перевод через стандартную страницу Яндекс.Переводчика. Различие в переводах на сервисе и через API существует потому, что на сервисе используется гибридный перевод (нейроперевод + статистический фразовый), а в API - только статистический фразовый. Вместе с тем, в платной версии API Яндекс.Переводчика на платформе Яндекс.Облако используется такой же перевод, как и на сервисе [5].

Поисковый сервис Яндекс.XML предоставляет собой доступ к трём типам поиска (русскому, турецкому и мировому) и может использоваться для разработки поиска по сайту, группе сайтов или всей сети. От типа поиска зависят: формула ранжирования, набор документов, по которому Яндекс.XML выполняет поиск (поисковая база), а также ограничения, накладываемые на использование Яндекс.XML. При выборе мирового поиска по всей сети предусмотрены следующие ограничения: 10 поисковых запросов в сутки без привязки к телефонному номеру или 10 000 поисковых запросов в сутки с подтверждённым телефонным номером, по каждому поисковому запросу возвращается не более 1000 результатов [6].

Выдача в формате XML может существенно отличаться от реальных результатов, которые показывает поисковая система при выполнении поиска обычным способом. При работе с большими объемами данных расхождения заметны несильно. Но если требуется качество, то лучше использовать обычный метод через <https://yandex.ru/> [7]. Если требуется простая и быстрая проверка, то используют XML-лимиты. В зависимости от раскрученности сайта, Яндекс может выделить дополнительное количество лимитов. Один лимит позволяет сделать одно обращение к поисковой системе.

Лимиты введены из-за высокой активности веб-мастеров. Яндекс ввел два варианта ограничений: суточный и повременной. Суточный лимит зависит от количества продвигаемых сайтов и их авторитетности в системе. Он автоматически восстанавливается на следующий день после использования выделенного количества обращений к сервису. Повременный лимит зависит от текущей нагрузки на сервер. Веб-мастер может посмотреть, в какие часы, какое количество обращений ему доступно. На специальном графике лимиты отображены по часам. Его можно найти в разделе

«Лимиты». Если вы не израсходовали лимиты, их можно продать на биржах XMLstock и XMLпроху [6, 7], либо же купить. Цена 3,7 руб. примерно 22,2 тнг. за 1 тыс. запросов [8].

Чтобы понять, как пользоваться Яндекс.XML, можно создать простой парсер поисковой выдачи «Яндекса». Для этого потребуется библиотека PHP Simple HTML DOM Parser и знание основ языка PHP. Для размещения файлов необходим хостинг и домен [7].

### Выводы

В условиях использования Яндекс.Переводчика для системы идентификации паттернов полиязычных текстов представлено два варианта подключения. Бесплатная версия сервиса предполагает ограничения на объем переводимого текста - в размере до 1000000 символов в сутки, но не более 10 000 000 символов месяц [9]. Платная версия начинается от 15\$ за 50 000 000 символов и далее зависит от количества символов в запросах в течение отчетного периода (чем больше количество, тем дешевле цена за определенный объем переведенного текста)[10]. В итоге выходит примерно 0,54\$ за тысячу страниц (при расчете 1800 символов на одну страницу), в отличие от 50\$ за тысячу страниц от переводчика Google.

Кроме того, Яндекс.XML бесплатно предоставляет 10 000 поисковых запросов в сутки с подтвержденным телефонным номером, в отличие от Google Custom Search, который предоставляет бесплатно всего лишь 100 поисковых запросов в день и все дополнительные запросы у компании стоят 5 долларов за 1000 запросов (до 10 тысяч запросов в день, т.е. 50\$ за 10 000 запросов).

Следовательно, по сравнению с Google сервисами поиска и перевода выгоднее собирать корпуса текстов для анализа и тестирования системы обнаружения переводного плагиата с помощью соответствующих Яндекс сервисов. При этом следует учесть, что прямое использование Яндекс.Переводчика и поисковой системы Яндекс будет более точным, чем использование сервисов через API.

Таким образом, хочется отметить научную новизну данного исследования, заключающуюся в сравнении платности использования конкретно определенных сервисов двух поисковых лидеров интернета для системы идентификации паттернов полиязычных текстов, а также в формировании рекомендации прямого использования сервисов для получения наилучшего результата.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Википедия. Яндекс.XML [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BA%D1%81.XML>
- [2] Яндекс Переводчик. Разработчикам. О сервисе. Как начать работу [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://translate.yandex.uz/developers>
- [3] Яндекс. О машинном переводе [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://yandex.ru/dev/translate/doc/dg/concepts/how-works-machine-translation-docpage/>
- [4] Яндекс. Технологии. Машинный перевод [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://yandex.ru/company/technologies/translation/>
- [5] Яндекс Облако. Yandex Translate [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://cloud.yandex.ru/services/translate>
- [6] Яндекс.XML. Документация. Ограничения на количество отправляемых результатов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://yandex.ru/dev/xml/doc/dg/concepts/restrictions-docpage/#restrictions\\_query-restrictions](https://yandex.ru/dev/xml/doc/dg/concepts/restrictions-docpage/#restrictions_query-restrictions)
- [7] SEO Wiki. Яндекс.XML [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://wiki.rookee.ru/yandeks-xml/>

[8] XML Stock биржа лимитов Яндекс.XML [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://xmlstock.com/>

[9] Яндекс Переводчик. Разработчикам. Условия использования [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://translate.yandex.ru/developers/offer>

[10] Яндекс Переводчик. Разработчикам. Цены [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://translate.yandex.com/developers/offer/prices>

## REFERENCES

[1] Wikipedia Яндекс.XML [Electronic resource]. - Accessmode: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BA%D1%81.XML>

[2] Яндекс Translator. To developers.About the service. How to get started [Electronic resource]. - Accessmode: <https://translate.yandex.uz/developers>

[3] Яндекс. About machine translation [Electronic resource]. - Accessmode: <https://yandex.ru/dev/translate/doc/dg/concepts/how-works-machine-translation-docpage/>

[4] Яндекс. Technology.Machine translation [Electronic resource]. - Accessmode: <https://yandex.ru/company/technologies/translation/>

[5] Яндекс Cloud. Яндекс Translate [Electronic resource]. - Accessmode: <https://cloud.yandex.ru/services/translate>

[6] Яндекс.XML. Documentation. Limitations on the number of results sent [Electronic resource]. - Accessmode: [https://yandex.ru/dev/xml/doc/dg/concepts/restrictions-docpage/#restrictions\\_query-restrictions](https://yandex.ru/dev/xml/doc/dg/concepts/restrictions-docpage/#restrictions_query-restrictions)

[7] SEO Wiki. Яндекс.XML [Electronic resource].- Accessmode: <https://wiki.rookee.ru/yandeks-xml/>

[8] XML Stock Exchange of Limits Яндекс.XML [Electronic resource]. - Accessmode: <http://xmlstock.com/>

[9] Яндекс Translator. To developers.Terms of use [Electronic resource]. - Accessmode: <https://translate.yandex.ru/developers/offer>

[10] Яндекс Translator. To developers.Prices [Electronic resource].- Accessmode: <https://translate.yandex.com/developers/offer/prices>

## КӨПТІЛДІ МӘТІНДЕРДІҢ ДАЙЫН ҮЛГІЛЕРІН СӘЙКЕСТЕНДІРУ ЖҮЙЕСІНДЕ ЯНДЕКС.XML ЖӘНЕ АРІ ЯНДЕКС.АУДАРМАШЫНЫ ПАЙДАЛАНУ ТУРАЛЫ

В.П. Куликов, В.П. Куликова, Г.Т. Еркебұлан

М. Қозыбаев атындағы Солтүстік-Қазақстан мемлекеттік университеті  
Петропавл қ., Қазақстан

*Аңдатпа.* Бір көргеннен ерекше жұмыс болып көрінетін машиналық аударманың дамуы жоғары сапалы ғылыми мақала жасауға мүмкіндік береді. Бұрын плагиаттың бұл түрін тек мәтінді мұқият оқып шыққаннан кейін анықтауға болатын еді. Жақында ғана орыс-ағылшын, қазақ-ағылшын және тағы бірнеше жұптардағы тілдераралық плагиатты анықтайтын бағдарламалық жасақтама пайда болды. Алайда, қазіргі уақытта табудың барлық тілдерге арналған әмбебап шешімі жоқ. Бұл жұмыста Яндекс - Яндекс.XML және АРІ Яндекс.Аудармашы компаниялардың қызметтерін пайдалану мүмкіндіктері қаралуда. Бастапқы тілдегі іріктелген мәтіндер АРІ Яндекс аудармашы көмегімен ағылшын тіліне аударылады. Алынған аудармалар Internet-те ұқсас құжаттарды табу үшін Яндекс.XML-ге жолданады. Атқарылған жұмыстан кейін

біз мәтіндерге салыстырмалы талдау жасай аламыз және көптілді плагиаттың болуы немесе болмауы туралы қорытынды жасай аламыз. Бұл мақаланың ғылыми жаңалығы Яндекс және Google сервистерін пайдалану ақысын салыстыруға болып табылады және Яндекс сервистерін API арқылы немесе тура пайдаланудың ең тиімді тәсілі анықталған.

**Тірек сөздер:** Яндекс XML, API Яндекс аудармашы, тілдераралық плагиат, лексикалық құрылымдар.

## ABOUT USING YANDEX.XML AND THE YANDEX.TRANSLATOR API IN THE SYSTEM OF IDENTIFICATION OF PATTERNS OF POLYLINGUAL TEXTS

V.P. Kulikov, V.P. Kulikova, G.T. Yerkebulan

Manash Kozybayev North Kazakhstan State University, Petropavlovsk, Kazakhstan

**Annotation.** The development of machine translation allows to create a high-quality scientific article, which at first impression looks like an original work. Previously, this type of plagiarism could be detected only by carefully reading the text. Only recently, software development for detecting cross-language plagiarism in pairs of Russian-English, Kazakh-English and several others appeared. However, a universal detection solution for all languages is currently missing. In this article, the possibilities of using the services of Yandex - Yandex.XML and the Yandex.Translator API are considered. Selected texts in the source language are translated into English using the Yandex.Translator API. Received translations are sent to Yandex.XML to detect similar documents on the Internet. After the work, we can conduct a comparative analysis of the texts and draw conclusions about the presence or absence of multilingual plagiarism. The scientific novelty of this article will be the comparison of the paid use of Yandex and Google services and the determination of the best way to use Yandex services: through the API or directly.

**Keywords:** Yandex XML, Yandex Translator API, cross-language plagiarism, lexical constructions.



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

МРНТИ 81.93.29

**Г.Б. Шахметова, Ж.С. Сауханова, А.А. Шарипбай, Г.Б. Улюкова**

Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан  
sh\_mira2004@mail.ru, saukhanova@mail.ru, sharalt@mail.ru, [u.g.b@bk.ru](mailto:u.g.b@bk.ru)

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБРАТИМЫХ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ В АСИММЕТРИЧНЫХ КРИПТОСИСТЕМАХ

**Аннотация.** Статья посвящена новому направлению в криптографии, а именно проблеме применимости конечных автоматов в решении задачах криптографии. В частности, дается обзор проблемы использования конечных автоматов с выходом в построении асимметричных криптографических алгоритмов, называемых криптографических алгоритмов с открытыми ключами, основанных на принципе работы односторонней функции. Для моделирования односторонней функции с помощью конечных автоматов с выходом необходима проверка данных автоматов на обратимость. В свою очередь, обратимость конечного автомата с выходом проверяется с помощью теории графов. Для этого сначала используется алгоритм, который по заданному автомату с выходом строит ориентированный граф специального вида, отличного от диаграммы конечного автомата. Затем используется алгоритм проверки наличия или отсутствия циклов в построенном ориентированном графе. При этом, если в построенном по конечному автомату с выходом ориентированном графе имеется хотя бы один цикл, то заключается, что данный автомат не является обратимым, иначе, этот конечный автомат с выходом будет обратимым. Приведены примеры построения специальных ориентированных графов по заданным конечным автоматам с выходом и проверки на наличие или отсутствие циклов в этих ориентированных графах.

**Ключевые слова:** криптография, конечный автомат, обратимость конечного автомата, ориентированный граф, цикл графа

Как известно, реализация ассиметричных криптосистем основана на принципе обратимости функции шифрования, т.е. на принципе работы односторонней функции. Эту же идею можно применить и в реализации ассиметричной криптосистемы с помощью конечных автоматов. В работах [1-3] доказано, что конечные автоматы с выходом имеют свойство обратимости и соответственно могут быть построены обратные им автоматы.

Общеизвестно, что конечный автомат с выходом (КА) – это абстрактное математическое устройство, работающее в дискретном времени, обладающее конечной памятью. Он преобразовывает входную последовательность символов в выходную последовательность одинаковой длины [4, 5].

Формальное определение КА существенно опирается на формальное определение множества слов (последовательности символов) в заданном алфавите.

Пусть задан некоторый алфавит – конечное множество символов  $A$ , тогда множество всех слов в этом алфавите, включая и пустое слово  $\varepsilon$ , определяется как:

$$A^* = \bigcup_{k=0}^{\infty} A^k,$$

где  $k \geq 0$ ,  $A^0 = \{\varepsilon\}$ ,  $|\varepsilon| = 0$ ;  $A^1 = A$ ;  $A^2 = A \times A$ ; ...;  $A^k = \underbrace{A \times \dots \times A}_k$ .



КА состоит из множества входных символов, выходных символов и внутренних состояний (память) и формально представляется следующей пятеркой [4]:

$$M = \langle X, Y, S, \delta, \lambda \rangle, \quad (1)$$

где:

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  – конечный алфавит входных символов;

$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$  – конечный алфавит выходных символов;

$S = \{s_1, s_2, \dots, s_l\}$  – множество внутренних состояний;

$\delta: S \times X \rightarrow S$  – функция переходов;

$\lambda: S \times X \rightarrow Y$  – функция выходов.

Определение функции переходов и функции выходов можно расширить на случай, когда вместо множества  $X$  и  $Y$  рассматриваются множества  $X^*$  и  $Y^*$ , соответственно:

$$\delta: S \times X^* \rightarrow S: \delta(s, \varepsilon) = s, \delta(s, \alpha\beta) = \delta(\delta(s, \alpha), \beta),$$

$$\lambda: S \times X^* \rightarrow Y: \lambda(s, \varepsilon) = \varepsilon, \lambda(s, \alpha\beta) = \lambda(s, \alpha)\lambda(\delta(s, \alpha), \beta),$$

где  $s \in S, \alpha \in X^*, \beta \in X^*$ .

Как сказано выше, чтобы применить КА для создания асимметричной криптосистемы нужно доказать их обратимость и построить соответствующие им обратные конечные автоматы. В работе [6] обратимый конечный автомат (ОКА) и обратимый автомат с задержкой (ОКАЗ) определяются следующим образом:

#### Определение 1

КА  $M = \langle X, Y, S, \delta, \lambda \rangle$  называется *обратимым*, если  $\forall s \in S, \forall \alpha, \alpha' \in X^*$  выходы совпадают, т.е.  $\lambda(s, \alpha) = \lambda(s, \alpha')$ , то следует, что  $\alpha = \alpha'$ . Другими словами, автомат  $M$  обратимый, тогда и только тогда, когда для любого состояния  $s \in S$ , и любого входного слова  $\alpha \in X^*$ , который может быть однозначно определен с помощью функции выходов  $\lambda(s, \alpha)$ .

#### Определение 2

КА  $M = \langle X, Y, S, \delta, \lambda \rangle$  называется *обратимым с задержкой  $\tau$* , или  *$\tau$ -обратимым*, где  $\tau \in N_0$ , если  $\forall s \in S, \forall x, x' \in X$  и  $\forall \alpha, \alpha' \in X^\tau$  выходы совпадают, т.е.  $\lambda(s, x\alpha) = \lambda(s, x'\alpha')$ , то следует, что  $x = x'$ . Другими словами можно сказать, что для любых  $s \in S, x \in X$  и любых  $\alpha \in X^\tau$  вход  $x$  может быть однозначно определен с помощью состояния  $s$  и  $\lambda(s, x\alpha)$ .

В работе [6] доказана теорема обратимости конечных автоматов с выходом на основе представления КА  $M$  в виде ориентированного взвешенного графа  $G_M$ .

Рассмотрим понятия, связанные с ориентированным графом:

- графом называется упорядоченная пара  $G = (V, D)$ , где  $V$  – множество вершин, а  $D$  – множество дуг,  $D \subseteq V \times V$ ;

- граф  $G$  называется ориентированным, если каждая дуга  $(v_i, v_j)$  имеет свою начальную вершину  $v_i$  и конечные вершины  $v_j, i = 1, 2, \dots, j = 1, 2, \dots$ .

- путем в графа  $G$  называется конечная последовательность дуг  $\gamma = d_1 d_2 \dots d_n$ , где начальная вершина дуги  $d_1$  называется начальной вершиной пути  $\gamma$ , а конечная вершина дуги  $d_n$  называется конечной вершиной пути  $\gamma$ ;

- длиной пути  $\gamma = d_1 d_2 \dots d_n$  в графе  $G$  называется количество его дуг, т.е.  $|\gamma| = n$ ;

- циклом в графе  $G$  путь  $\gamma = d_1 d_2 \dots d_n$ , когда конечная вершина дуги  $d_n$  является начальной вершиной дуги  $d_1$  и в цикле существует путь бесконечной длины.

Уровни вершин определяются рекуррентно следующим образом:

- если вершина  $v \in V$  не является конечной вершиной какой-либо дуги, то уровень вершины  $v$  равен нулю;

- если у всех дуг с конечной вершиной  $v \in V$  определены уровни начальных вершин и их максимум равен  $h$ , то уровень вершины  $v$  равен  $h + 1$ .

В работе [6] для КА  $M = \langle X, Y, S, \delta, \lambda \rangle$  строится специальный ориентированный граф  $G_M = (V, D)$ . Следует отметить, что в графе  $G_M$  вершинами будут пары, образованные из двух его состояний. Поэтому этот граф будет отличаться от традиционной диаграммы (графа переходов) конечного автомата, где вершинами являются единичные состояния.

Алгоритм построения специального ориентированного графа  $G_M$  для КА  $M$  записывается так:

1. Строится множество

$$R = \{(\delta(s, x), \delta(s', x')) \mid x \neq x', \lambda(s, x) = \lambda(s', x'), x, x' \in X, s, s' \in S\}.$$

2. Если множество  $R = \emptyset$ , то граф  $G_M$  является пустым, иначе граф  $G_M$  будет непустым. т.е. он имеет непустое множество вершин  $V$  и непустое множество дуг  $D$ .

Пусть множество вершин графа  $G_M$ , являющихся минимальным подмножеством  $S \times S$ , удовлетворяют следующим условиям:

1)  $R \subseteq V$ ;

2) если  $(s, s') \in V$  и  $\lambda(s, x) = \lambda(s', x'), x, x' \in X$ , тогда  $(\delta(s, x), \delta(s', x')) \in V$ .

Пусть множества дуг  $D$  графа  $G_M$ , являющихся множеством всех дуг  $((s, s'), (\delta(s, x), \delta(s', x')))$ , удовлетворяют следующим условиям:

1)  $(s, s') \in V, x, x' \in X$ ;

2)  $\lambda(s, x) = \lambda(s', x')$

В работе [6] также конструктивно доказывается, что КА является обратимым тогда и только тогда, когда в графе  $G_M$  нет цикла. Более того, если граф  $G_M$  не имеет цикла, и уровень графа  $G_M$  равен  $\rho - 1$ , то КА обратим с задержкой  $\rho + 1$  и не обратим с задержкой  $\tau$  для любого  $\tau \leq \rho$ .

Теперь рассмотрим конкретный пример, чтобы проверить обратимость КА с помощью построения специального ориентированного графа и проверки в нем наличия или отсутствия циклов.

Пусть задан КА  $M_1$  с параметрами  $X = \{0, 1\}, Y = \{a, b\}, S = \{s_1, s_2\}$  и функцией переходов  $\delta(s_1, 0) = s_1, \delta(s_2, 0) = s_1, \delta(s_1, 1) = s_2, \delta(s_2, 1) = s_2$  и функцией выходов  $\lambda(s_1, 0) = a, \lambda(s_2, 0) = b, \lambda(s_1, 1) = b, \lambda(s_2, 1) = b$ .

Диаграмма автомата  $M_1$  представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Диаграмма автомата  $M_1$ .

Согласно правилам строим граф  $G_{M_1}$ :

Так как  $\lambda(s_1, 1) = \lambda(s_2, 1) = \lambda(s_2, 0) = b$ , тогда множество  $R$  будет иметь вид:

$$R = \{(\delta(s_1, 1), \delta(s_2, 0)); (\delta(s_2, 0), \delta(s_1, 1)); (\delta(s_2, 1), \delta(s_2, 0)); (\delta(s_2, 0), \delta(s_2, 1))\} = \{(s_2, s_1), (s_1, s_2)\}.$$

В нашем случае  $R \neq \emptyset$ , следовательно, можно найти множество вершин  $V$  и множество дуг  $D$ .

Для построения множества вершин предположим, что  $V = R$ , тогда для всех пар состояний  $(s, s') \in V$ , которые производят одинаковый выходной символ для некоторых входных данных  $x, x' \in \{0, 1\}$  и состояний  $(\delta(s, x), \delta(s', x')) \in V$ .

Поскольку  $\lambda(s_2, 1) = \lambda(s_1, 1)$  и  $\lambda(s_2, 0) = \lambda(s_1, 1)$ , то вершина  $(s_2, s_1)$  имеет дуги к вершинам  $(\delta(s_2, 1), \delta(s_1, 1)) = (s_2, s_2)$  и  $(\delta(s_2, 0), \delta(s_1, 1)) = (s_1, s_2)$ . Аналогично,

вершина  $(s_1, s_2)$  имеет дуги к вершинам  $(s_2, s_2)$  и  $(s_2, s_1)$ . Новая вершина  $(s_2, s_2)$  имеет дугу к вершине  $(s_1, s_2)$ . Данный граф  $G_{M_1}$  представлен на рисунке 2.

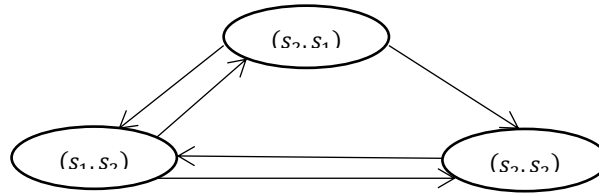


Рисунок 2 – Граф  $G_{M_1}$  автомата  $M_1$ .

Как видно на рисунке 2, что граф  $G_{M_1}$  имеет цикл (например,  $((s_1, s_2), (s_2, s_1), (s_2, s_2))$ ), следовательно, автомат  $M_1$  не является обратимым.

Действительно, при получении одинаковых выходов на вход автомата  $M$  подаются различные входные символы ( $\lambda(s_2, 0) = b = \lambda(s_2, 1), 0 \neq 1$ ), что не соответствует определению обратимого автомата.

Рассмотрим другой автомат  $M_2 = \langle \{0,1\}, \{a, b\}, \{s_1, s_2\}, \delta, \lambda \rangle$  с функциями переходов и выходов, указанных на таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1. Функция перехода КА  $M_2$

	<b>s<sub>1</sub></b>	<b>s<sub>2</sub></b>
<b>0</b>	$s_2$	$s_2$
<b>1</b>	$s_1$	$s_1$

Таблица 2. Функция выхода КА  $M_2$

	<b>s<sub>1</sub></b>	<b>s<sub>2</sub></b>
<b>0</b>	$b$	$a$
<b>1</b>	$b$	$a$

Проверяем  $M_2$  на обратимость. Для этого построим граф  $G_{M_2}$  и определяем множество  $R$ :

$$R = \{(\delta(s_1, 1), \delta(s_1, 0)); (\delta(s_1, 0), \delta(s_1, 1)); (\delta(s_2, 1), \delta(s_2, 0)); (\delta(s_2, 0), \delta(s_2, 1))\} = \{(s_1, s_2), (s_2, s_1)\}.$$

Множество вершин  $V$  содержит две пары состояний  $(s_1, s_2)$  и  $(s_2, s_1)$ . Так как  $\lambda(s_1, 1) = \lambda(s_1, 0) = b$  и  $\lambda(s_2, 1) = \lambda(s_2, 0) = a$ , пары вершин в  $R$  никогда не получают одинаковый выходной символ. Следовательно, граф  $G_{M_2}$  не цикличен, так как имеет две изолированные вершины. Автомат  $M_2$  обратимый с задержкой 1, потому что граф  $G_{M_2}$  имеет уровень равный  $0(\rho + 1)$ .

Для того чтобы убедиться в доказанной обратимости автомата  $M_2$ , нужно вычислить выходные данные для каждого состояния и каждой входной последовательности длины 2:

$$\lambda(s_1, 00) = ba \quad \lambda(s_2, 00) = aa \quad \lambda(s_1, 10) = bb \quad \lambda(s_2, 10) = ab$$

$$\lambda(s_1, 01) = ba \quad \lambda(s_2, 01) = aa \quad \lambda(s_1, 11) = bb \quad \lambda(s_2, 11) = ab$$

Отсюда следует, что  $\forall s \in \{s_1, s_2\}, \forall x, x' \in \{0,1\}, \forall a, a' \in \{0,1\}^1, \lambda(s, xa) = \lambda(s, x'a')$ . Следует, что  $x = x'$ , что показывает обратимость автомата  $M_2$  согласно определению.

Как видно из продемонстрированных примеров, не все конечные автоматы с выходом являются обратимыми.

Кроме того, в работе [6] для задержки  $\tau$  определена верхняя оценка  $\tau \leq \frac{|S|(|S|-1)}{2}$ . Действительно, автомат  $M_2$  имеет два состояния, тогда получим  $\frac{|2|(|2|-1)}{2} = 1 \geq \tau$ . Данное утверждение было исследовано и продемонстрировано в работе [7], где проверена возможность построения обратимых автоматов с задержкой  $\tau$ . При выборе задержки  $\tau$  большей, чем количество состояний автомата, автомат не будет обратимым.

### Заключение

В статье обсуждаются вопросы применимости конечных автоматов с выходом для построения асимметричных криптографических алгоритмов, основанных на односторонних функциях. Приводятся алгоритмы построения по заданному конечному автомату общего вида специального ориентированного графа и алгоритм проверки обратимости этого автомата на основе наличия или отсутствия циклов в построенном графе. Показаны конкретные примеры обратимых и необратимых конечных автоматов. Из приведенных в статье примеров видно, что не все конечные автоматы с выходом могут быть обратимыми и тем самым применимыми к решению задач асимметричного шифрования информации.

Можно отметить, что в изученных теоретических материалах, посвященных разработке криптографических систем основанных на конечных автоматах без выхода, представлены в основном процедуры построений обратимых автоматов специального вида (автоматов с входо-выходной памятью) и отсутствие процедур проверки на обратимость конечных автоматов с выходом общего вида. Для решения этой проблемы авторами будет реализован функционально независимый модуль, состоящий из следующих функций, основанных на изученных алгоритмах:

– функция построения специального ориентированного графа по заданному автомату с выходом;

– функция проверки специального ориентированного графа на наличие цикла;

Данный функционально независимый модуль позволит расширить область применения автоматов с выходом в криптографии и может быть использован как один из компонентов какой-либо комбинированной криптографической системы, состоящей из нескольких алгоритмов шифрования и дешифрования информации.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Tao R., Chen Sh. A necessary condition on invertibility of finite automata // SCIENCE IN CHINA.- Vol.40 (6).- 1997.- с. 637-643
- [2] Tao R. Invertibility of Finite Automata // Science Press.- №3.- 1979.
- [3] Chen Sh., Tao R. Invertibility of quasi-linear finite automata // Advances in Cryptology CHINACRYPT'92 (eds. Tao Renji, Li Xi, Pei Dingyi). -№5.- 1992.– p.77
- [4] Хопкрофт Дж. Э., Мотвани Р., Ульман Дж. Д. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений, 2-е изд. М.: Вильямс, 2002. - 528 с.
- [5] Шарипбай А.А. Автоматные модели в криптографии // Вестник КазНУ. – Алматы. – №3/1(90). - 2016. – с. 96-104.
- [6] Tao, R.J. Finite Automata and Application to Cryptography. – Tsinghua University Press, 2009. – 406 p.
- [7] Amorim I., Machiavelo A., Reis R. On the Number of Linear Finite Transducers // International Journal of Foundations of Computer Science. - №.7 (26). – 2015. – с. 873–893

### LIST OF REFERENCES

- [1] Tao R., Chen Sh. A necessary condition on invertibility of finite automata // SCIENCE IN CHINA.- Vol.40 (6).- 1997.- с. 637-643
- [2] Tao R. Invertibility of Finite Automata // Science Press.- №3.- 1979.
- [3] Chen Sh., Tao R. Invertibility of quasi-linear finite automata // Advances in Cryptology CHINACRYPT'92 (eds. Tao Renji, Li Xi, Pei Dingyi). -№5.- 1992.– p.77
- [4] Hopcroft, J. E., Motwani, R., Ulman, J. D. Introduction to the theory of automata, languages, and computation, 2nd ed. M.: Williams, - 2002.-528 p.
- [5] Sharipbay A.A. Automata models in cryptography // Bulletin of KazNU. - Алматы. – №3/1(90). - 2016. – с. 96-104.

[6] Tao, R.J. Finite Automata and Application to Cryptography. – Tsinghua University Press, 2009. – 406 p.

[7] Amorim I., Machiavelo A., Reis R. On the Number of Linear Finite Transducers // International Journal of Foundations of Computer Science. - №.7 (26). – 2015. – с. 873–893

## АСИММЕТРИЯЛЫҚ КРИПТОЖҮЙЛЕРДЕ ҚАЙТЫМДЫ АҚЫРҒЫ АВТОМАТТАРДЫ ҚОЛДАНУ

Г.Б. Шахметова, Ж.С. Сауханова, А.А. Шәріпбай, Улюкова Г.Б.

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан  
sh\_mira2004@mail.ru, saukhanova@mail.ru, sharalt@mail.ru, u.g.b@bk.ru

*Аңдатпа.* Мақалада криптографиядағы жаңа бағыт, атап айтқанда, криптография есептерін шешуде ақырғы автоматтардың қолданылу мәселесі қарастырылған. Соның ішінде, шығысы бар ақырғы автоматтардың бір жақты функцияның принципіне негізделген ашық кілтті криптографиялық алгоритм деп аталатын асимметриялық криптожүйелерде қолдану мәселелеріне шолу жасалынған. Шығысы бар ақырғы автоматтар көмегімен бір жақты функцияларды моделдеу үшін осы автоматтардың қайтымдығын тексеру керек. Өз кезегінде, ақырғы автоматтардың қайтымдығы графтар теориясы арқылы қолдану арқылы тексеріледі. Ол үшін алдымен ақырғы автоматтардың диаграммасынан бөлек берілген шығысы бар ақырғы автоматтар бойынша бағытталған арнайы граф тұрғызатын алгоритм пайдаланылады, сонан кейін, құрастырылған бағытталған графта цикл бар немесе жоқ екендігі тексеріледі. Сонда, егер шығысы бар ақырғы автомат бойынша құрастырылған графта ең болмаса бір цикл болса, онда осы автомат қайтымды болмайды, әйтпесе ол қайтымды болады. Шығысы бар ақырғы автоматтар бойынша бағытталған арнайы графтар құрастырудың және осы графтарда циклдың бар немесе жоқ екендігі тексерілген мысалдары берілген.

*Тірек сөздер:* криптография, ақырғы автомат, ақырғы автоматтардың қайтымдылығы, бағытталған граф, графциклі

## USING INVERTIBLE FINITE AUTOMATA IN ASYMMETRIC CRYPTOSYSTEMS

G.B. Shakhmetova, Zh.S. Saukhanova, A.A. Sharipbay, G.B. Ulyukova

<sup>1</sup>Eurasian National University. L.N. Gumilyov, Nur-Sultan, Kazakhstan  
sh\_mira2004@mail.ru, saukhanova@mail.ru, sharalt@mail.ru, u.g.b@bk.ru

*Abstract.* The article is devoted to a new direction in cryptography, namely, the problem of applicability of finite state machines in solving cryptography problems. In particular, a review of the problem of using finite state machines with an exit in the construction of asymmetric cryptographic algorithms called public-key cryptographic algorithms based on the principle of operation of a one-way function is given. To simulate a one-way function using finite state machines with an output, it is necessary to check the data of machines for reversibility. In turn, the reversibility of a finite state machine with an output is verified using graph theory. To do this, first, an algorithm that, using a given automaton, builds an oriented graph of a special form, different from the diagram of a finite automaton, is used. Then the algorithm for checking the presence or absence of cycles in the constructed directed graph is used. If there is at least one cycle in a directed graph constructed with a finite state machine with output, then the conclusion is given that the given machine is not reversible, otherwise, this finite state machine with output will be reversible. Examples are given of constructing special oriented graphs for given finite state machines with output, and checking for the presence or absence of cycles in these oriented graphs.

*Keywords:* cryptography, finite state machine, reversibility of finite state machine, oriented graph, graph cycle





## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

МРНТИ 28.23.00

Г.А. Самигулина<sup>1</sup>, Ж.А. Масимканова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК

<sup>2</sup>Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

### РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В JADE ДЛЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ КООПЕРАТИВНОГО АЛГОРИТМА РОЯ ЧАСТИЦ С ВЕСОМ ИНЕРЦИИ

**Аннотация.** Статья посвящена разработке мультиагентной системы на основе кооперативного алгоритма роя частиц с весом инерции (Cooperative Particle Swarm Optimization with Inertia Weight, CPSOIW) для интеллектуальной системы управления и прогнозирования сложными объектами в нефтегазовой отрасли. Обоснована актуальность применения мультиагентных систем для различных приложений. Разработано программное обеспечение на платформе JADE для обработки многомерных данных и построения оптимального набора дескрипторов на основе модифицированного CPSOIW алгоритма. Представлена UML диаграмма CPSOIW алгоритма. Разработана архитектура мультиагентной системы на основе CPSOIW алгоритма. При разработке мультиагентной системы созданы следующие агенты: агент базы данных, менеджер агент, агент основного роя, агенты подчинённых роев и др. Применение данного подхода позволяет параллельно обрабатывать многомерные данные при построении оптимального набора дескрипторов для уменьшения времени вычислений.

**Ключевые слова:** кооперативный алгоритм роя частиц с весом инерции, выделение информативных дескрипторов, параллельные вычисления, мультиагентная система в JADE.

Технические достижения в области искусственного интеллекта способствовали разработке интеллектуальных систем управления и прогнозирования, широко применяемых в современных системах промышленной автоматизации для различных отраслей. В рассматриваемых системах активно используются современные распределённые системы, которые осуществляют мониторинг, диагностику оборудования и управление сложными технологическими процессами. Огромный объём информации не учитывается при функционировании рассматриваемых систем, который может с успехом применяться для анализа и прогнозирования производственных данных на основе интеллектуальных алгоритмов. Особенностью интеллектуальных систем управления является необходимость обработки огромного потока многомерных данных в режиме реального времени. Актуально использование различных алгоритмов с параллельной обработкой данных, которые существенно сокращают время вычислений.

В последнее время большой интерес вызывают алгоритмы роевого интеллекта (РИ), которые основаны на коллективном поведении самоорганизующихся агентов локально взаимодействующих друг с другом. Примерами РИ являются: муравьиный алгоритм (Ant Colony Optimization, ACO), алгоритм роя частиц (Particle Swarm Optimization, PSO), пчелиный алгоритм (Artificial Bee Colony, ABC), алгоритм серых волков (GreyWolfOptimization) и др.

Для реализации алгоритмов РИ применяется агентно-ориентированная технология на основе мультиагентных систем (МАС). На сегодняшний день разработано обширное программное обеспечение для построения МАС. Наиболее известными платформами



МАС являются: JADE (Java Agent Development Framework), Jack Intelligent Agents, Eclipse AMP, MadKIT (Multi-Agent Development Kit), AgentBuilder, Cougaar (Cognitive Agent Architecture), MASON (Multi-Agent Simulator Of Neighborhoods), CogniTAO, Adaptive Modeler и др. Платформа JADE является открытой платформой, реализованной на языке программирования Java. JADE состоит из основного контейнера (Main Container) и несколько дополнительных контейнеров, каждый из которых содержит агенты и может распределяться между хостами. Главный контейнер состоит из специальных агентов: AMS (Agent Management System) для регистрации и управления агентами; DF (Directory Facilitator) – каталог сервисов, которые могут предоставлять агенты для всеобщего пользования.

Действие агента выполняется на основе поведения (behaviors). Для достижения высокой производительности и вычислений используется параллельная обработка информации агентами с использованием потоков (threads). Связь между контейнерами осуществляется через протоколы, коммуникация между агентами внутри контейнера выполняется ACL-сообщениями. Интеллектуальные агенты описываются онтологиями и UML моделями.

В настоящее время МАС широко применяются для планирования и управления распределёнными производственными процессами, для поиска и обработки информации в сетях, для управления автономными роботами, для регулирования городского движения и др. В статье [1] решается задача локального и глобального поиска PSO алгоритма в классе МАС с использованием JADE платформы. Гибридная модель протестирована на 30 стандартных функциях и результаты моделирования показывают эффективность по сравнению с другими известными алгоритмами. В исследовании [2] описывается распределённый PSO алгоритм на JADE платформе. Структура PSO алгоритма состоит из нескольких вычислительных блоков. Каждый блок является интеллектуальным агентом, основанным на стандартном PSO алгоритме. За счёт распределённой структуры повышается эффективность работы системы и скорость вычислений. В статье [3] совместно применяется PSO алгоритм и мультиагентный подход для планирования пути и обхода препятствий при движении робота. В работе [4] предлагается мультиагентная интеллектуальная система для управления микросетями в режиме реального времени, которая тестируется при различных условиях нагрузки и конфигурациях сети. В исследовании [5] рассматривается МАС для достижения высокого уровня эффективности при минимальном энергопотреблении. В статье [6] описываются основные принципы передачи данных между агентами для осуществления координации и объединения их в одну целостную МАС. Мультиагентная система реализуется на языке программирования C#. В работе [7] разрабатывается интеллектуальная система-советчик, которая отслеживает текущее состояние распределительной сети электроэнергии, обеспечивает эффективное выполнение плана и вносит необходимые корректировки в режиме реального времени. В исследовании [8] предлагается МАС на основе PSO алгоритма для определения оптимального потока мощности. В статье [9] рассматривается гибридная МАС на основе PSO алгоритма (Hybrid multi-agent based hybrid particle swarm optimization technique (HMAPSO)) для экономических задач. Предложенный алгоритм объединяет детерминированный поиск, PSO алгоритм и мультиагентную систему. Результаты моделирования показывают, что данный алгоритм более точен и надежен в поиске глобального оптимума. В работе [10] исследуется адаптивная МАС, которая позволяет планировать, оптимизировать и контролировать сложные и многоуровневые процессы производства.

Литературный обзор подтверждает актуальность применения мультиагентного подхода на основе PSO алгоритма для интеллектуальной системы управления и прогнозирования сложными объектами.

Постановка задачи формулируется следующим образом: необходимо разработать мультиагентную систему в JADE на основе модифицированного CPSOIW (Cooperative Particle Swarm Optimization with Inertia Weight) алгоритма для интеллектуальной системы управления и прогнозирования сложными объектами в нефтегазовой отрасли.

Модифицированный CPSOIW алгоритм [11, 12] разработан для выделения информативных дескрипторов и построения оптимального набора данных с использованием кооперативного алгоритма роя частиц CPSO (Cooperative particle swarm optimization) и алгоритма роя частиц с весом инерции IWPSO (Inertia Weight Particle Swarm Optimization).

Алгоритм CPSOIW:

Шаг 1. Выбор, настройка коэффициентов и случайная генерация начальных положений частиц.

Шаг 2. Вычисление фитнес-функции для подчинённых роев и сохранение лучшего значения фитнес-функции.

Шаг 3. Сравнение лучшего значения фитнес-функции подчинённых роев и глобального лучшего значения основного роя.

Шаг 4. Обновление веса инерции для всего роя.

Шаг 5. Обновление скорости и положения частиц основного роя

Шаг 6. Построение оптимального набора дескрипторов на основе лучших значений частиц основного роя для дальнейшего использования при решении задачи прогнозирования и управления сложным объектом.

На рисунке 1 представлена UML-диаграмма CPSOIW алгоритма.

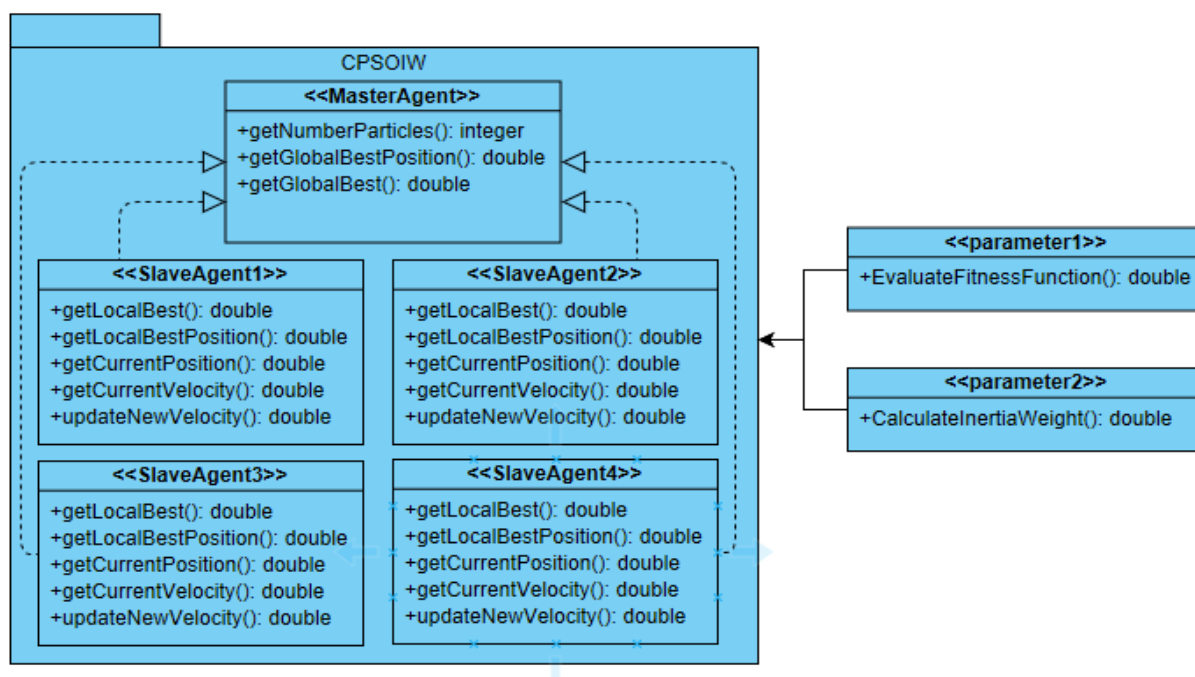


Рисунок 1 – UML-диаграмма CPSOIW алгоритма

При разработке мультиагентной системы на основе модифицированного CPSOIW алгоритма созданы следующие агенты на языке программирования Java: агент базы данных (DatabaseAgent), менеджер агент (ManagerAgent), агент основного роя (MasterAgent) и четыре агента подчинённых роев (SlaveAgents).

На рисунке 2 представлена архитектура мультиагентной системы на основе модифицированного CPSOIW алгоритма на платформе JADE.

Дополнительный контейнер содержит агент основного роля (MasterAgent) и агенты подчинённого роля (SlaveAgents). Агенты подчинённых ролей выполняют следующие функции: находят локальные лучшие значения, вычисляют фитнес-функцию, находят текущие значения, сравнивают лучшие и текущие значения, вычисляют позиции и скорости агентов, вычисляют вес инерции, обновляют позиции и скорости агентов. Агент основного роля обновляет глобальное лучшее значение при каждой итерации подчинённых ролей.

На рисунке 3 представлен интерфейс платформы JADE и обмен сообщениями между агентами с помощью специального агента SnifferAgent.

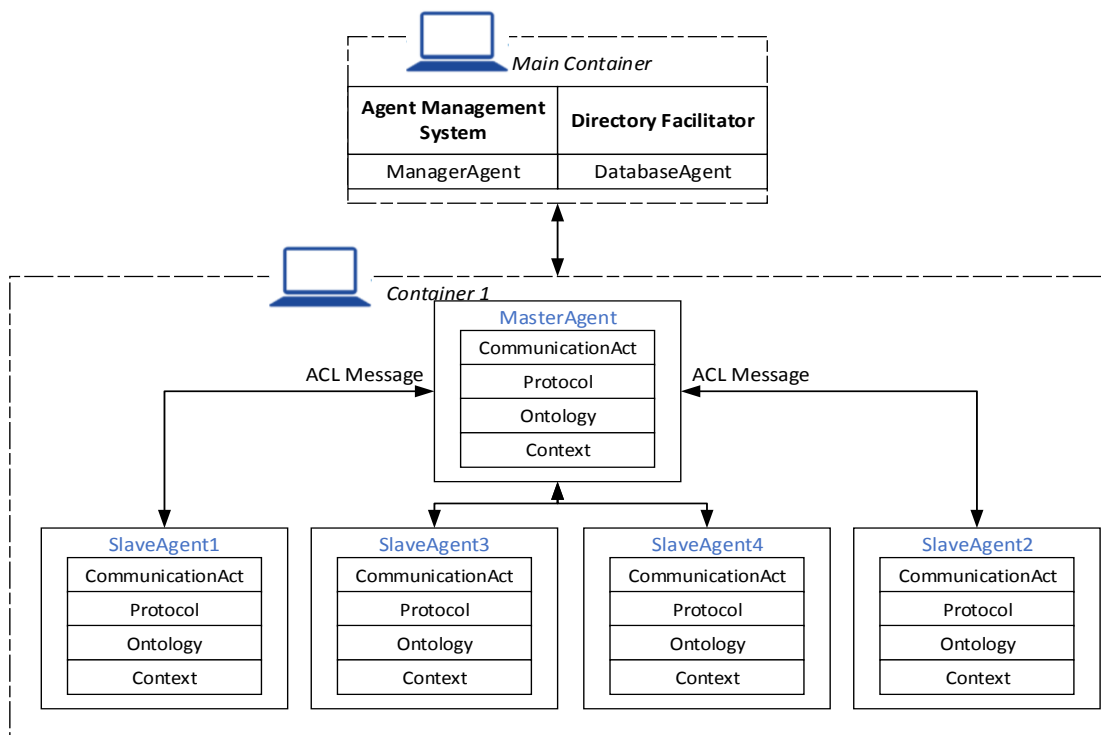


Рисунок 2 – Архитектура мультиагентной системы CPSOIW алгоритма на платформе JADE

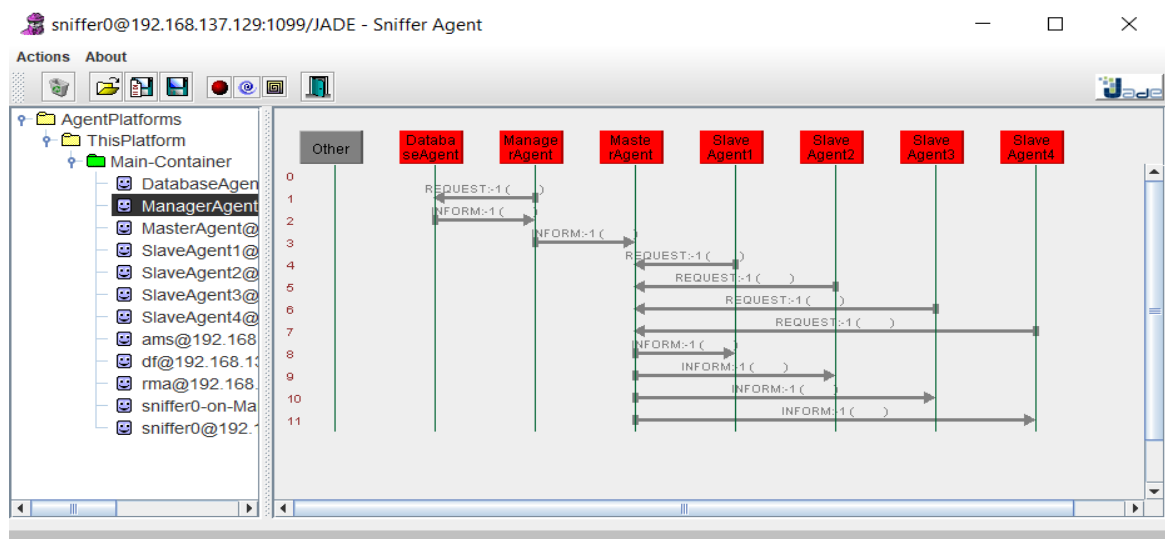


Рисунок 3 –Обмен сообщениями с помощью специального агента SnifferAgent

Таким образом, предложенное программное обеспечение в JADE для мультиагентной системы на основе кооперативного алгоритма роя частиц с весом инерции позволяет эффективно обрабатывать многомерные данные в реальном режиме времени, строить оптимальный набор дескрипторов и за счёт параллельной обработки данных сокращать время вычислений.

Работа выполнена по гранту КН МОН РК по теме: №AP05130018 «Разработка когнитивной Smart-технологии для интеллектуальных систем управления сложными объектами на основе подходов искусственного интеллекта» (2018-2020 гг.).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Du S., Liu Z. An improved particle swarm optimization by hybridizing with JADE // 2017 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS). - DOI: 10.1109/ISPACS.2017.8266519
- [2] Sheng S. A Particle Swarm Optimization (PSO) Algorithm Based on Multi-agent System // 2008 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA). - DOI: 10.1109/ICICTA.2008.367
- [3] Sumana Biswas S.G., Anavatti M.G. Obstacle Avoidance for Multi-agent Path Planning Based on Vectorized Particle Swarm Optimization // Intelligent and Evolutionary Systems: The 20th Asia Pacific Symposium. – Australia, 2016. – P. 61-74.
- [4] Thillainathan L., Naayagi R.T., Khalid A. Intelligent Control System for Microgrids Using Multiagent System // IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics. – 2015. – DOI:10.1109/jestpe.2015.2443187
- [5] Wanga Z., Wanga L., Dounis L.I. Multi-agent control system with information fusionbased comfort model for smart buildings // Applied Energy. – 2012. – P. 247-254.
- [6] Малыгина М.П., Герасимов Д.А. Разработка многоагентной системы на языке C# // Научные труды КубГТУ. – 2019. – № 3. – <https://ntk.kubstu.ru/file/2528>
- [7] Глущенко А.И., Еременко Ю.И., Цуканов М.А. Мультиагентные технологии как основа проектирования системы-советчика диспетчера энергосистемы // Фундаментальные исследования. – 2013. – №10. – С. 3305-3309.

[8] Ravi Kumar K., Anand S., Sydulu M. Comparison of Multi Agent Based PSO Approach for Optimal Power Flows with Security Constraints // *Applied Mechanics and Materials*. – 2011. – P. 5206-5210.

[9] Kumar R., Sharma D., Sadu A. A hybrid multi-agent based particle swarm optimization algorithm for economic power dispatch // *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. – 2011. – Vol. 33, Issue 1. – P. 115-123.

[10] Pavel V., Ondřej H., Martin K., Vladimír M. Agent-Based Production Scheduling for Aircraft Manufacturing Ramp-up // *Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems*. – Switzerland: Springer International Publishing, 2015. – P. 145-156.

[11] Самигулина Г.А., Масимканова Ж.А. Многофункциональная мультиагентная Smart-система на основе модифицированных алгоритмов роевого интеллекта // *Вестник КБТУ*. – 2019. – Т. 16, вып. 2. – С. 157-164.

[12] А.с. 2313. MCPSO (Multi-agent Cooperative Particle Swarm Optimization) / Г.А. Самигулина, Ж.А. Масимканова; опубл.15.03.2019.

## REFERENCES

[1] Du S., Liu Z. An improved particle swarm optimization by hybridizing with JADE // 2017 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS). - DOI: 10.1109/ISPACS.2017.8266519(in en.).

[2] Sheng S. A Particle Swarm Optimization (PSO) Algorithm Based on Multi-agent System // 2008 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA). - DOI: 10.1109/ICICTA.2008.367 (in en.).

[3] Sumana Biswas S.G., Anavatti M.G. Obstacle Avoidance for Multi-agent Path Planning Based on Vectorized Particle Swarm Optimization // *Intelligent and Evolutionary Systems: The 20th Asia Pacific Symposium*. – Australia, 2016. – P. 61-74. (in en.).

[4] Thillainathan L., Naayagi R.T., Khalid A. Intelligent Control System for Microgrids Using Multiagent System // *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*. – 2015. – DOI:10.1109/jestpe.2015.2443187 (in en.).

[5] Wanga Z., Wanga L., Dounis L.I. Multi-agent control system with information fusionbased comfort model for smart buildings // *Applied Energy*. – 2012.– P. 247-254. (in en.).

[6] Malyhina M.P., Gerasimov D.A. Razrabotka mnogoagentnoj sistemy na yazyke C# // *Nauchnye trudy KubGTU*. – 2019. – № 3. – <https://ntk.kubstu.ru/file/2528> (in rus.).

[7] Glushchenko A.I., Eremenko Y.I., Cukanov M.A. Mul'tiagentnye tekhnologii kak osnova proektirovaniya sistemy-sovetchika dispetchera energosistemy // *Fundamental'nye issledovaniya*. – 2013. – №10.– С. 3305-3309. (in rus.).

[8] Ravi Kumar K., Anand S., Sydulu M. Comparison of Multi Agent Based PSO Approach for Optimal Power Flows with Security Constraints // *Applied Mechanics and Materials*. – 2011. – P. 5206-5210. (in en.).

[9] Kumar R., Sharma D., Sadu A. A hybrid multi-agent based particle swarm optimization algorithm for economic power dispatch // *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. – 2011. – Vol. 33, Issue 1. – P. 115-123. (in en.).

[10] Pavel V., Ondřej H., Martin K., Vladimír M. Agent-Based Production Scheduling for Aircraft Manufacturing Ramp-up // *Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems*. – Switzerland: Springer International Publishing, 2015. – P. 145-156. (in en.).

[11] Samigulina G.A., Massimkanova Z.A. Mnogofunkcional'naya mul'tiagentnaya Smart-sistema na osnove modifitsirovannyh algoritmov roevogo intellekta // *Vestnik KBTU*. – 2019. – Т.16, vyp. 2. – С. 157-164. (in rus.).

[12] А.с. 2313. MCPSO (Multi-agent Cooperative Particle Swarm Optimization) / Samigulina G.A., Massimkanova Z.A.; opubl. 15.03.2019. (in rus.).

## ИНЕРЦИЯ САЛМАҒЫ БАР КООПЕРАТИВТІК ҮЙІР АЛГОРИТМІНІҢ НЕГІЗІНДЕГІ МУЛЬТИАГЕНТТІК ЖҮЙЕ ҮШІН JADE АРҚЫЛЫ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚАПТАМА ҚҰРАСТЫРУ

Г.А. Самигулина<sup>1</sup>, Ж.А. Масимканова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты РМК

<sup>2</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

Алматы қ., Қазақстан

**Аңдатпа.** Мақала мұнай-газ саласындағы күрделі нысандарды басқару мен болжаудың интеллектуалды жүйесі үшін инерция салмағы бар кооперативтік үйір (Cooperative Particle Swarm Optimization with Inertia Weight, CPSOIW) алгоритмінің негізінде мультиагенттік жүйе құрастыруға арналған. Өртүрлі қосымшалар үшін мультиагенттік жүйелерді қолданудың өзектілігі көрсетілген. JADE платформасында модификацияланған CPSOIW алгоритмінің негізінде көпөлшемді мәліметтерді өңдеуге және дескрипторлардың оңтайлы жиынтығын құруға арналған бағдарламалық қаптама құрастырылды. CPSOIW алгоритмінің UML диаграммасы көрсетілді. CPSOIW алгоритміне негізделген мультиагенттік жүйенің архитектурасы құрылды. Мультиагенттік жүйе құру барысында келесідей агенттер құрылды: деректер қорының агенті, менеджер-агент, негізгі үйір агенті, қосымша үйір агенттері және т.б. Бұл тәсіл есептеу уақытын қысқарту үшін дескрипторлардың оңтайлы жиынтығын құру кезінде көп өлшемді мәліметтерді қатар өңдеуге мүмкіндік береді.

**Тірек сөздер:** инерция салмағы бар кооперативтік үйір алгоритмі, ақпараттық дескрипторларды таңдау, параллельді есептеу, JADE-те мультиагенттік жүйе.

## SOFTWARE DEVELOPMENT IN JADE FOR MULTI-AGENT SYSTEM BASED ON COOPERATIVE PARTICLE SWARM OPTIMIZATION WITH INERTIA WEIGHT ALGORITHM

G.A. Samigulina<sup>1</sup>, Z.A. Massimkanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK

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

**Abstract.** The article is devoted to the development of a multi-agent system based on the cooperative Particle Swarm Optimization with Inertia Weight (CPSOIW) algorithm for an intelligent control and forecasting system for complex objects in the oil and gas industry. The relevance of using multi-agent systems for various applications is justified. Software on the JADE platform for processing multidimensional data and constructing an optimal set of descriptors based on a modified CPSOIW algorithm has been developed. The UML diagram of the CPSOIW algorithm is presented. The architecture of a multi-agent system based on the CPSOIW algorithm has been developed. When developing a multi-agent system, the following agents were created: a database agent, a manager agent, a main swarm agent, agents of subordinate swarms, etc. The use of this approach allows parallel processing of multidimensional data while constructing an optimal set of descriptors to reduce the computation time.

**Keywords:** cooperative algorithm of particle swarm with inertia weight, selection of informative descriptors, parallel computing, multi-agent system in JADE.





## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

МРНТИ 50.37.23

Т.Ж. Мазақов<sup>1,2</sup>, Ш.А. Жомартова<sup>1,2</sup>, Г.З. Зиятбекова<sup>2</sup>, Р. Kisala<sup>3</sup>, К.О. Тоғжанова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты», Алматы қ.,  
Қазақстан

<sup>2</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>3</sup>Люблин техникалық университеті, Люблин, Польша

<sup>4</sup>«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КеАҚ,  
Алматы қ., Қазақстан  
e-mail: ziyatbekova@mail.ru

### ТОПЫРАҚ БӨГЕТТЕРІНІҢ БҰЗЫЛУ ҮРДІСІН ЗЕРТТЕУДІ ДАМЫТУ

**Аңдатпа.** Бұл мақалада өзен ағынын модельдеудің тиімді тәсілдері қарастырылады. Су тасқынының және серпінді толқындардың таралуын компьютерлік модельдеу негізінде су басудан қорғау шараларына талдау жүргізілді. Су деңгейіне автоматтандырылған бақылау жүргізу гидротехникалық құрылымдардың серпілісіне жол бермеудің оңтайлы тәсілі болып табылады. Осы жағдайлар топырақ бөгеттерінен өту үрдісін зерделеуге және уақытында саңылаулардың пайда болуының болжамды тәсілдерін жетілдіруге бағытталған зерттеулерді тұжырымдауға себеп болады. Бұл ақпарат болашақта төтенше жағдайды болжау үшін қолданылады.

**Тірек сөздер:** топырақ бөгеттері, саңылаулардың қалыптасуы, су тасқыны мен серпінді толқындар, компьютерлік модельдеу.

#### Кіріспе

Қазіргі уақытта салынып жатқан және жұмыс істеп тұрған гидротехникалық құрылыстарға, оларға іргелес аумақтардың экологиясына, сондай-ақ осы нысандарды қауіпсіз пайдалануға ерекше көңіл бөлінеді.

Гидроэлектрқұрылыстардың қысым фронттарының бұзылуы гидротехникалық құрылыстарды пайдалану кезіндегі апаттық жағдайлардың бірі болып табылады, бұл елеулі экономикалық, экологиялық және әлеуметтік салдарға әкеледі, сонымен қатар төменгі гидроэлектростанциялардың экологиясына әсер етеді. Әлемде бар 15 мың ірі бөгеттер туралы статистикалық мәліметтерге сүйенсек, жылына орта есеппен солардың 1,5 түрлі жағдайы бұзылған, яғни бөгеттерді су шайып кету ықтималдығы жылына шамамен  $10^{-4}$  жағдайды құрайды.

Шөгінді толқындардың өлшемдерін (ағын тереңдігінің уақыт өзгерісі, ағым жылдамдығы және т.с.с.) болжаудың сенімділігі шөгінді гидрографын болжау дәлдігіне байланысты болады. Шөгінді толқындар су тасқынының әртүрлі аймақтарында (бұл туралы ақпарат экономикалық объектілердің орналасуын таңдау үшін қажет), су тасқынына қарсы шараларды әзірлеу, серпіліс болған жағдайда іс-шаралар жоспарын дайындау, серпінді толқынның және одан кейінгі экологиялық жағдайдың салдарын бағалау, сақтау құрылымдарын сақтандыру және т.б. болады [1].

Қысым алдындағы серпілістің ең көп таралған жағдайы – топырақ бөгетін жыртып жіберуі (көп жағдайда жазатайым оқиғалар орын алады). Серпінді толқындарды бағалау кезінде, әсіресе алдыңғы жылдары жасалған бағалауларда топырақ бөгетін су шайып

кетудің нақты өлшемдеріне бірден қол жеткізуге болатындығы туралы болжам жасалды. Алайда, бұл болжам ықтимал су тасқыны аймағынан оқшаулау жұмыстарын жүргізуге және апат нәтижесінде келтірілген залалды азайтуға бағытталған басқа да шараларды қамтамасыз етпейді. Нақты авариялар кезіндегі топырақ бөгеттеріндегі саңылаулардың дамуын бағалау нәтижелері, су қоймаларының мөлшері аз болғанына қарамастан, шұңқырларды игеру уақыты сағатпен өлшенетінін көрсетеді. Топырақ бөгетінің жыртылып кетуі кезінде пайда болған серпінді толқындарды қолайлы есептеу үшін саңылаулардың дамуын уақытында бағалау қажет. Сонымен бірге, қазіргі уақытта шұңқырдың тек интегралдық сипаттамаларын есептеудің азды-көпті қолайлы әдістері бар (топырақты жоюдың жалпы мөлшері немесе шұңқырдың соңғы ені, максималды ағып кету, шұңқырдың тұрақтандыру уақыты). Саңылаулардың даму процесін анықтауда қол жетімді әдістер көбінесе айқын емес және нәтижесі қайшы болады. Топырақ бөгеттерінде саңылаулардың пайда болуы су қысымының алдын-алудың ең көп таралған түрі болып табылады және қазіргі уақытта мұндай саңылаулардың өсуін бағалаудың тиімді әдістері жоқ, өйткені бұл мақала бөгеттердегі шұңқырлардың пайда болуына арналған, сондай-ақ, топырақ бөгеттерінде саңылаулардың пайда болуына басты назар аударылады. Топырақ бөгетінде саңылаулардың пайда болу мәселесін шешудің апатты төгілу жолдары артып келеді.

Топырақ бөгетіндегі саңылаулардың пайда болу процесін бетон және темірбетон бөгеттерімен салыстырғанда айырмашылығы жер мен көктей. Топырақ бөгетіндегі тесік арқылы өтетін шөгінді гидрограф саңылаудың салыстырмалы түрде ұзақ уақыт бойына дамуына байланысты болады. Сонымен, өзгермелі сыртқы факторлардың әсерінен саңылаулардың пайда болуы туралы мәселе (атап айтқанда, жоғарғы және төменгі бассейндердегі су деңгейі) қысымның басталуы кезінде пайда болатын жағдайларды зерттеуде өте маңызды болып табылады. Осыған байланысты бірқатар зерттеулерде топырақ бөгетінде саңылаулардың пайда болу процесін зерттеуге көп көңіл бөлінеді [2-3].

Бұл мәселені шешу үшін белгілі мөлшерде эксперименттік зерттеулер жүргізілді. Сонымен бірге зертханалық зерттеулер де жүргізілді, оның ішінде су тасқынын физикалық модельдеу аясында, ірі жағалауларды қолдана отырып далалық зерттеулер жүргізу, сонымен бірге бөгет баурайларының тұрақтылығын зерттеу жұмыстары жүргізілді.

Топырақ бөгеттерінің серпінділігі кезінде пайда болатын процестердің күрделілігі мен көп факторлы сипатына және оларды көбейту қиындықтарына байланысты, белгілі бір объект үшін бұл процесті физикалық модельдеу жеткілікті сенімді болып көрінбейді. Соңғы жылдары саңылаулардың пайда болуын сандық модельдеуге және ол арқылы судың ағуына көп көңіл бөлінді. Жоғарыда аталған көп факторлы процестің және оның компоненттерінің жеткіліксіздігінің салдарынан серпілістің толық кеңістіктік математикалық моделін жасауға талпыныс әлі оң нәтиже бермеді. Осыған байланысты бүгінгі күнге дейін орындалған жұмыстардағы сандық модельдеу математикалық модельдердің жеңілдетілген жүйелеріне, оның ішінде эмпирикалық (немесе жартылай эмпирикалық) тәуелділіктерге негізделген. Бұл модельдеудің нәтижелері шамамен жуық деп қарастырылуы керек.

Ұсынылған математикалық модельдер, әдетте, шұңқырдың өту қабілетіне, ағынның үздіксіздігінің теңдеуіне, резервуардағы су көлемінің ондағы су деңгейіне қатынасы мен топырақтың гидравликалық және геометриялық параметрлердің судың ағып кету қарқындылығына тәуелділіктен тұрады. Сонымен бірге, саңылаулардың даму процесі, әсіресе оның қалыптасуының екінші сатысында, негізінен, оның баурайларының сандық түрде құлдырауына байланысты жүреді және бұл жағдайда жоғарыда келтірілген формулаларды қолдану заңға қайшы келеді.

Осыған байланысты А.М. Прудовский энергетикалық құрылымдардың ғылыми-зерттеу институтының гидравликалық зертханасында жүргізілген зертханалық эксперименттердің нәтижелерін өңдеу кезінде алынған эмпирикалық тәуелділікті саңылаулардың кеңею қарқындылығын анықтау үшін біртектес «ерітінділердің» жуылуын зерттеу үшін пайдалануды ұсынды. Бұл тәуелділік мына түрде болады [4]:

$$\left( \frac{dB_{np}}{dt} \right)_t \cong \frac{C \cdot \sqrt{g}}{w_{yo}} \cdot h_t^{5/2} \quad (1)$$

мұндағы  $C \cong 0,02$ ; ал  $t$  индексі сол мезетте саңылаулардың пайда болуына тікелей қатысты шамалар белгіленген,  $w_{yo}$  - бөгеттің оның жағалауы мен бұзылған түбінің арасындағы көлденең қимасы;  $h_t$  - жоғарғы бассейндегі және шұңқырдың түбіндегі су деңгейінің арасындағы айырмашылық (саңылауға тиімді қысым).

Өкінішке орай, тәуелділікті табу үшін пайдаланылған деректер  $h_t$  мәндерінің салыстырмалы түрде аз диапазоны үшін алынды, алайда есептеулер сандық модельдеу және өріс деректері арқылы алынған саңылаулардың интегралдық сипаттамалары арасында айтарлықтай жақсы келісімді көрсеткенімен, бұл тәуелділіктің сенімділігі кейде күмән туғызады.

Сипатталған жағдайлар топырақ бөгеттерінен өту процесін зерделеуге және уақытында саңылаулардың пайда болуының болжамды әдістемесін жетілдіруге бағытталған зерттеулерді тұжырымдауға себеп болды [5].

Зерттеудің мақсаттары мыналар болды.

1. Топырақ бөгетіндегі саңылаулардың даму процесінің сапалы сипаттамасы.
2. Саңылау қалыптастырудың математикалық моделінің құрылысы.
3. Уақыт өте келе саңылаулардың кеңею қарқындылығына қатынасын анықтау.
4. Алынған тәжірибелік тәуелділікті топырақ бөгеттерінің нақты серпілістері туралы қолда бар мәліметтерден алу жылдамдығын бағалау.
5. Саңылаулардың пайда болу процесін және бірінші кезекте саңылау арқылы судың гидрографын есептеуге арналған бағдарлама құру.

Зерттеуде тәжірибелік қондырғы ұзындығы 23,82 м, ені 3,48 м және тереңдігі 0,9 м болатын гидравликалық шұңқыр болды. Су зертханасының жүйесінен науа басына құбыр арқылы жеткізілді. Науаның басына су төгетін төгінді жолы орнатылды, бұл қондырғыға құйылған судың ағу жылдамдығынан, шұңқырдың өткізу қабілеттілігінен асқан кезде бөгеттің моделінің жоғарғы бассейніндегі деңгейін ұстап тұру үшін су ағызуды қамтамасыз етеді. Су төгетін науалар дамбаның шыңы арқылы судың толып кетуіне жол бермейтіндей етіп орнатылды. Науаның соңында саңылау арқылы судың шығынын анықтау үшін көлбеу ағынды өлшеуіш орнатылды (бөгеттің моделінің төменгі ағысында судың жиналуын қоспағанда). Бөгеттен жоғары және одан төмен су деңгейі лимниграфтармен анықталды. Науаның ортасына көлденең бетон табалдырығында топырақ бөгетінің моделі орнатылды, ол тасқын судың төгілген жолмен енуі үшін жасалды. Бөгет модельдері екі құрамды кварц құмынан жасалды: бөлшектердің орташа мөлшері 0,15 мм біртекті ұсақ түйіршікті құм және бөлшектердің орташа мөлшері 0,22 мм гетерогенді орташа түйіршікті құм. Бөгет моделінің көлденең қимасы биіктігі 60, 45 және 30 см болатын трапеция тәрізді деп қабылданды. Эксперименттердің негізгі бөлігінде биіктіктің көлбеуі 1: 3, ал төменгі жағы - 1: 2 тең болды. Барлық эксперименттерде дамба үлгісінің ені 10 см болды. Осылайша, тәжірибелерде мына шамалардың уақыт өзгерісі анықталды: бөгет моделінің басындағы су деңгейі, шұңқыр арқылы шұңқырдың ағуы және шұңқырдың мөлшері [6].

Саңылаудың үлкеюінің басталуы бөгет моделінің бастапқы бөлігінде, науаның осі бойымен немесе оның бүйір қабырғасында орналасқан. Сапалы түрде, біртекті құрамы бар бөгетте саңылаудың пайда болу процесі, көрнекі бақылау нәтижелері бойынша (саңылаудың қалыптасуы жотадан судың толып кетуімен байланысты болған жағдайда) келесідей жалғасады. Бастапқы толып кету аймағында топырақтың ағуы төменгі жиектен басталады, онда ағынның төмендеу қисығы біркелкі ағынға көшу деңгейінде болады. Бекіту жойылғаннан кейін бөгет корпусының бүлінуі жоғарыға, жоталарға қарай таралады, ал төменгі баурайда қуыс пайда болады. Бұл бөгет бағанасын кесіп өткенде тиімді қысымның жоғарылауына және саңылаудың еніне байланысты тесік арқылы ағынның жоғарылауы орын алады. Бөгеттің корпусына толып жатқан ағынды тереңдету кезінде енудің бүйір беткейлері тұрақтылықты жоғалтады, ал бейімділіктің дамуы топырақтың ағынды беттерден ағып кетуіне де, ал беткейлердің құлауына байланысты болады. Тесікшенің пайда болуының сипатталған бірінші кезеңі бөгеттің ойық түбінің бүкіл табаны бойынша бөгет түбіне жеткенде аяқталады.

Саңылаудың пайда болуының екінші кезеңінде оның бүйірлік кеңеюі жүреді. Бөгет корпусы арқылы өтетін жарықшақ бойындағы топырақтың массасы саңылаусыздыққа түсіп, оның бір бөлігі төменгі ағысқа қарай ағып кетеді, ал қалған бөлігі көлбеудің түбінде орналасады, бұл оның тұрақтылығын біраз уақыт қамтамасыз етеді. Біртіндеп ағынның түбіндегі топырақ ағынды сулармен ағып кетеді, ал беткей қайтадан тұрақтылықты жоғалтады [7].

Саңылаудың даму процесінде, резервуардың таусылуына байланысты жоғарғы бассейндегі су деңгейі төмендейді (саңылауға тиімді қысым азаяды). Тиімді қысым мен шұңқырдың енінің белгілі бір тіркесімімен ағын жылдамдығы максимумға жетеді. Содан кейін қысымның төмендеуіне байланысты ағынның жылдамдығы азаяды және саңылаудың кеңею қарқындылығы да төмендейді. Саңылаудың кеңеюі резервуар таусылғанда немесе топырақтың бүлінуіне алып келмейтін тесіктердегі ағын жылдамдығы жеткенде тоқтайды.

Тәжірибе нәтижелері бойынша саңылау енінің уақытқа байланысты  $B_t = B(t)$  өзгеруінің графигі құрылды, ол уақыт аралығында осы шаманың өзгеруінің қадамдық сипатын анық көрсетті, бұл саңылаудың беткейлерінің сандық күйреуімен байланысты. Бүйірлік кеңеюге кедергілер болмаған кезде саңылау бастапқы ұяға қатысты симметриялы түрде дамыды.

Саңылаудың қарқынды кеңею уақытының өзгерісі  $\overline{dB_t/dt}$  процестің басында оның екінші кезеңінің басына сәйкес келетін ең жоғары деңгейге ие болды. Дамудың осы кезеңінде, егер беткейлердің құлауымен байланысты секірулерді ескермесек, алшақтықтың ені ақырындап асимптотикалық түрде соңғы мәнге  $B_{\max}$  - ке жақындады.

Өлшемдер теориясына сүйене отырып және проранның есептелген енінің эксперименттік мәліметтерден минималды ауытқу шартының негізінде проранның даму қарқындылығына келесі тәуелділік алынды [8]

$$\frac{dB}{dt} = 0,06 \cdot \frac{g^{1/2} \cdot h_t^{5/2}}{w_{y0}} \cdot \left( \frac{h_t^2}{w_{y0}} \right) = 0,06 \cdot \frac{g^{1/2} \cdot h_t^{9/2}}{w_{y0}^2} \quad (2)$$

Эксперименттік тәуелділіктерді өріс деректерімен салыстыру кезінде есептеулерге сәйкес келетін нүктелердің көп бөлігі биссектрисаның бір жағына жылжитындығы анықталды: есептеулер табиғаттағы сәйкес мәндерден үлкен  $Q_{\max}$  мәндерді береді. Бұл фактінің себептерін табиғаттағы шұңқырдың максималды ағымының жылдамдығы туралы өте шектеулі ақпарат деп санауға болады (салыстыру үшін қолайлы). Сондай-ақ,

ажыратылған топырақтан біртекті бөгеттерге эксперименттік тәуелділіктер алынғандығы және нақты бөгеттердің көпшілігінде бөгет корпусының бүліну жылдамдығын төмендететін сүзгіге қарсы элементтер бар. Статистикалық өңдеу есептелген мәндердің 1,7 есе асырылу ықтималдығын көрсетеді.

Егер топырақтың нақты бөгеттеріне ену жылдамдығына тәуелділік құрылымы тәжірибелерде алынғанмен бірдей болса, онда есептелген мәндерді  $Q_{\max}$  осы шаманың тиісті мәндеріне заттай түрде жақындатуға (2) формуладағы сәйкес мәнді таңдау арқылы қол жеткізуге болады. Есептеулер нәтижесінде айырмашылықтың минималды стандартты ауытқуы, яғни мәліметтер орта есеппен  $Q_{\max}^{pac}$  –  $Q_{\max}^{nam}$  сәйкес келетіні анықталды

$$\frac{dB}{dt} = 0,035 \cdot \frac{g^{1/2} \cdot h_t^{9/2}}{W_{y0}^2} \quad (3)$$

Әлбетте, тәуелділік (2) арқылы есептелген және біртекті құрылымы бар топырақ бөгетіне сәйкес келетін шұңқырдың гидрографиясы нақты жағдайларға қарағанда судың неғұрлым қарқынды шегін анықтайды (үлкенірек  $Q_{\max}$  мән, шұңқырдың басталуы мен максималды ағымның өту сәтінің арасындағы қысқа уақыт, аз болады). Осыдан мынадай қорытынды жасауға болады: тәуелділікті пайдалану (2) серпінді кезеңдегі бассейндердегі жағдайды бағалауда белгілі бір мән береді (су деңгейінің үлкен ауытқуы, судың үлкен жылдамдығы, су тасқыны үлкен аудандар және т.б.). Тәуелділікті (3) қолдана отырып, нақты бағалау қажет, бірақ ол өте аз мәліметтерді қолдану арқылы алынған және нақты түрде анықтауды қажет етеді [9-10].

Әзірленген мақалада қолданылған табиғаттағы саңылаудың дамуын сипаттайтын шамалардың айқын белгісіздігін және ондағы тәсілдердің жақындығын ескере отырып, оны қолданған есептеулердің нәтижелерін жуықтап қарастырған жөн. Алайда, топырақ бөгетіндегі тесік арқылы шұңқырлы гидрографтарды анықтаудың ұсынылған әдісін қолдану нәтижелері көп жағдайда бұрын ұсынылған әдістерді қолданған есептеулер нәтижелерінен гөрі табиғатқа жақын деп болжауға болады, өйткені ұсынылған әдіс жүйелік эксперименттердің мәліметтеріне негізделеді және шын мәнінде орын алған бөгеттерді бұзу туралы мәліметтерді қолдана отырып тексерілген.

#### Қорытынды

Жүргізілген жұмыстың нәтижесінде жерасты бөгетінде саңылауды дамытудың жаңа әдістемесі ұсынылды. Сонымен бірге, дүниежүзілік гидротехникалық тәжірибеде орын алған бөгеттердің серпінділігі туралы мәліметтер жиналды және осы мәліметтер негізінде қалыптасқан саңылаулардың интегралдық сипаттамалары үшін эмпирикалық қатынастар ұсынылды. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері бойынша саңылаулардың даму процесінің және ол арқылы су шұңқырының болжалды моделі жасалды, бұл алғашқы жуықтау ретінде шұңқырдың гидрографикасын бағалауға мүмкіндік береді және ол туралы ақпарат шұңқыр толқынының параметрлерін бағалау үшін қажет.

Жұмыс АР05131027 «Ақпаратты қорғаудың биометриялық әдістері мен құралдарын жасау» жобасы бойынша 2018-2020 жылдарға арналған ғылыми зерттеулерге гранттық қаржыландыру есебінен жүргізілді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Добровольский Г.В. Деградация и охрана почв. М.: Изд-во МГУ, 2002. – 654 с.  
 [2] Федянин В. И., Проскурников Ю.Е. Организация и ведение аварийно-спасательных и других неотложных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций природного характера: учеб.пособие. Воронеж: Воронеж.гос. техн. ун-т, 2006. – Ч. 1. – 469 с.



- [3] Хамутова М. В., Кушников В. А. Математическая модель прогнозирования последствий наводнений // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. Управление, вычислительная техника и информатика, 2016. – № 3. – С. 109–114.
- [4] Авакян А.Б. Наводнения. Концепция защиты // Изв. РАН. Сер. Географическая, 2000. – №5. – С. 40-46.
- [5] Kuchment L.S., Gelfan A.N., Demidov V.N. Development of physical and mathematical models of river flow formation and experience of their application with a lack of hydrometric observations // Abstracts of reports of the VIth All-Russian Hydrological Congress. - SPb.: Gidrometeoizdat, 2004.
- [6] Montes, J.S. Hydraulics of Open Channel Flow. New-York, USA: ASCE Press, 1998. – 697 p.
- [7] Bednarouk S., Ovcharov E. Flood Prevention and Protection in Russian. United Nation. Seminar on Flood Prevention and Protection. Berlin, 7-8 oct., 1999. – № 37. – P. 1-4.
- [8] Brammer H. Floods in Bangladesh, I - Geographical Background to the 1987 and 1988 Floods // Geographical Journal. GEOAREA: Southeast Asia, Bangladesh, 1990. – Vol.156. – Part 1. – P. 12-22.
- [9] Global Register of Large River Flood Events (1997-2000). Dartmouth Flood Observatory Department of Geography, Dartmouth College. Hanover NH 03755 USA. <http://www.dartmouth.edu/artsci/geog/floods/>
- [10] Kuchment, L.S., A.N. Gelfan, V.N. Demidov. Application of dynamic-stochastic models of runoff generation for estimating extreme flood frequency distribution. In: Water Resources Systems – Hydrological Risk, Management and Development (Proceedings of symposium HS02b held during IUGG2003 at Sapporo, July 2003). – №281, – P.107-114.

## REFERENCES

- [1] Dobrovolskiy G.V. Degradatsiya i ohrana pochv. - M.: Izd-vo MGU, 2002. – 654 s.
- [2] Fedyanin V. I., Proskurnikov Yu.E. Organizatsiya i vedenie avariyno-spasatelnyih i drugih neotlozhnyih rabot pri likvidatsii chrezvyichaynyih situatsiy prirodnoogo haraktera: ucheb. posobie. Voronezh: Voronezh. gos. tehn. un-t, 2006. – Ch. 1. – 469 s.
- [3] Hamutova M. V., Kushnikov V. A. Matematicheskaya model prognozirovaniya posledstviy navodneniy // Vestn. Astrahan. gos. tehn. un-ta. Ser. Upravlenie, vyichislitel'naya tehnika i informatika, 2016. – # 3. – S. 109–114.
- [4] Avakyan A.B. Navodneniya. Kontseptsiya zaschityi // Izv. RAN. Ser. Geograficheskaya, 2000. – #5. – S. 40–46
- [5] Kuchment L.S., Gelfan A.N., Demidov V.N. Development of physical and mathematical models of river flow formation and experience of their application with a lack of hydrometric observations // Abstracts of reports of the VIth All-Russian Hydrological Congress. - SPb.: Gidrometeoizdat. - 2004.
- [6] Montes, J.S. Hydraulics of Open Channel Flow. New-York, USA: ASCE Press, 1998. – 697 p.
- [7] Bednarouk S., Ovcharov E. Flood Prevention and Protection in Russian. United Nation. Seminar on Flood Prevention and Protection. Berlin, 7-8 oct., 1999. – № 37. – P. 1-4.
- [8] Brammer H. Floods in Bangladesh, I - Geographical Background to the 1987 and 1988 Floods // Geographical Journal. GEOAREA: Southeast Asia, Bangladesh, 1990. – Vol.156. – Part 1. – P. 12-22.
- [9] Global Register of Large River Flood Events (1997-2000). Dartmouth Flood Observatory Department of Geography, Dartmouth College. Hanover NH 03755 USA. <http://www.dartmouth.edu/artsci/geog/floods/>



[10] Kuchment, L.S., A.N. Gelfan, V.N. Demidov. Application of dynamic-stochastic models of runoff generation for estimating extreme flood frequency distribution. In: Water Resources Systems – Hydrological Risk, Management and Development (Proceedings of symposium HS02b held during IUGG2003 at Sapporo, July 2003). – №281, – P.107-114.

## РАЗРАБОТКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН

Т.Ж. Мазаков<sup>1,2</sup>, Ш.А. Джомартова<sup>1,2</sup>, Г.З. Зиятбекова<sup>2</sup>, Р. Kisala<sup>3</sup>, К.О. Тогжанова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, г.Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Люблинский технический университет, Люблин, Польша

<sup>4</sup>НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», г.Алматы, Казахстан  
ziyatbekova@mail.ru

**Аннотация.** В этой статье обсуждается, как эффективно оптимизировать речной сток. Проведен анализ мер защиты от наводнений на основе компьютерного моделирования распространения паводковых и прорывных волн. Приведенные различные примеры показывают, что самым оптимальным способом предотвращения прорыва гидротехнических сооружений является постоянный автоматизированный мониторинг уровня воды. Эти обстоятельства явились причиной постановки исследований, направленных на изучение процесса прорыва грунтовых плотин и на усовершенствование методики приближенного прогноза формирования прорана во времени. Данная информация впоследствии используется для прогнозирования аварийной ситуации.

**Ключевые слова:** грунтовые плотины, формирование прорана, паводковые и прорывные волны, компьютерное моделирование.

## DEVELOPMENT OF RESEARCH OF THE PROCESS OF DESTRUCTION OF SOIL DAMS

T.Zh. Mazakov<sup>1,2</sup>, Sh.A. Dzhomartova<sup>1,2</sup>, G.Z. Ziyatbekova<sup>2</sup>, P. Kisala<sup>3</sup>, K.O. Togzhanova<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Institute of information and computational technologies CS MES RK, Almaty, Kazakhstan

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

<sup>3</sup>Lublin Technical University, Lublin, Poland

<sup>4</sup> Non-profit JSC “Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev”, Almaty, Kazakhstan  
e-mail: ziyatbekova@mail.ru

**Abstract.** In the article the effective optimization of river flow is discussed. An analysis of flood protection measures based on computer simulation of the spread of flood and breakthrough waves has been carried out. There various examples show that constant automated water level monitoring is the best way to prevent the breakdown of hydrotechnical installations. These circumstances were the reason for conducting studies aimed at studying the process of breaking through soil dams and improving the methodology for the approximate forecast of the formation of outlet in time. This information is subsequently used to predict an emergency situation.

**Key words:** soil dams, formation of the outlet, flood and breakthrough waves, computer simulation.



## ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 346,52:628, 4,032

Б.Т. Ахметов

Каспийский общественный университет, Высшей школы права «Әділет», г. Алматы  
Казахстан

### ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ ПОТРЕБЛЕНИЯ

**Аннотация.** В статье изложены сведения по вопросам правового регулирования обращения с отходами потребления в Республике Казахстан. Обращение с отходами – это одна из злободневных проблем, требующих тщательного изучения и комплексного правового урегулирования. В настоящее время в Казахстане на системном уровне не налажен отдельный сбор ТБО «у источника» образования отходов, поэтому сложно проводить комплексную экономическую оценку по всей стране систем разделения отходов у источника, отдельного вывоза отходов, переработки и продажи восстановленных материалов. Одной из основных проблем государства является повышение эффективности, надежности, экологической и социальной приемлемости комплекса услуг по сбору, транспортировке, утилизации, переработке и захоронению отходов потребления, а также увеличение доли переработки ТБО и обеспечение безопасного захоронения отходов. С постепенным ростом производительных сил и развитием потребительского рынка стремительно увеличился объем образования как производственных отходов, так и отходов, образующихся в результате потребления населением товаров и продукции. В настоящее время отходы являются не только источником существенного загрязнения окружающей среды, нарушают почвенный слой, засоряют водные объекты, загрязняют атмосферный воздух, а также разрушают естественные экологические системы, они также захламляют огромные территории и оказывают негативное влияние на здоровье человека.

Обращение с отходами является сферой, в которой наблюдается столкновение различных и порой разнополярных интересов разных субъектов, от государства до среднего и малого бизнеса. Именно законодательство должно обеспечивать сбалансированное соотношение публичных и частных интересов в экологической политике государства, гарантировать соблюдение права каждого на благоприятную окружающую среду, закрепленного Конституцией РК.

**Ключевые слова:** отходы производства и потребления, твердые бытовые отходы, право на благоприятную окружающую среду, закон, экология, государство.

**Основная цель экологического законодательства Республики Казахстан** – создание эффективной правовой модели регулирования природоохранных и природоресурсных отношений, адекватно отражающей соотношение экологических и экономических интересов общества, экологические приоритеты нашего государства. При этом совершенствование экологического законодательства должно быть увязано с проводимыми в стране экономическими, социальными и иными реформами.

Ключевую роль в практической реализации основополагающих принципов и приоритетов государственной экологической политики играет правотворческая деятельность, которая позволяет заложить их в качестве фундамента в экологическое законодательство. Правотворческая деятельность выражается в правотворческих актах (решениях), то есть в юридических действиях, которые, как и всякие юридические акты, порождают те или иные правовые последствия, в данном случае последствия, выраженные в принятии определенных положений в качестве юридических норм.

В настоящее время стало очевидно, что казахстанское законодательство, регулирующее отношения в области обращения с отходами производства и потребления, не отвечает потребностям времени и нуждается в системном совершенствовании [1-3,12,13].

В законодательстве целого ряда стран главной целью деятельности государства признана охрана окружающей среды и выполнение законов, устанавливающих правила сбора, переработки и уменьшения количества отходов как основных источников загрязнения природной среды, что контролируется очень строго.

Цель правового регулирования в области обращения с отходами – предотвращение вредного воздействия на здоровье человека и окружающую природную среду, обеспечение рационального использования природных и материальных ресурсов [9-11].

Принимаемые государством правовые акты создают каркас правового регулирования в области обращения с отходами.

Основой нормативно-правовой базы, которая регулирует управление отходами производства и потребления в Казахстане, является Экологический Кодекс РК[1]. В Республике Казахстан отсутствует внутриотраслевое законодательство по отходам, а действующее законодательство не предусматривает принципа иерархии управления отходами, в отличие от большинства международных передовых практик (например, EHSG Всемирного банка или Рамочная Директива ЕС по отходам)[2].

На национальном уровне действует ряд документов, касающихся вопросов утилизации, захоронения отходов:

- Постановление Правительства Республики Казахстан от 31 июля 2013 года № 750 «Об утверждении Плана мероприятий по реализации Концепции по переходу Республики Казахстан к "зеленой экономике" на 2013 - 2020 годы»[3];
- Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 23 апреля 2018 года № 187 «Об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к сбору, использованию, применению, обезвреживанию, транспортировке, хранению и захоронению отходов производства и потребления»[4];
- Приказ Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 31 мая 2007 года N 169-п «Об утверждении Классификатора отходов»[5];
- Приказ и.о. Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 2 августа 2007 года N 244-п «Об утверждении перечня отходов для размещения на полигонах различных классов»[6];
- Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 25 ноября 2014 года № 145 «Об утверждении Типовых правил расчета норм образования и накопления коммунальных отходов»[7, 18];
- Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 1 сентября 2016 года № 404 «Об утверждении Методики расчета тарифа на сбор, вывоз, утилизацию, переработку и захоронение твердых бытовых отходов»[8];
- Приказ Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 16 апреля 2012 года № 110-ө «Об утверждении Методики определения нормативов эмиссий в окружающую среду»[9];
- Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 20 марта 2015 года № 229 «Об утверждении Правил управления бесхозяйными опасными отходами, признанными решением суда поступившими в республиканскую собственность»[10];
- «Санитарные правила устройства и содержания полигонов для твердых бытовых отходов» № 3.01.016.97 (утверждены Главным государственным санитарным врачом Республики Казахстан от 29 апреля 1997 г.)[11].

Большим значением для реализации законотворческих инициатив в данной сфере являются направления совершенствования законодательства об охране окружающей

среды и обеспечении экологической безопасности, три из которых непосредственно касаются сферы обращения с отходами:

- 1) внесение в законодательство РК изменений, касающихся придания особого правового статуса отходам потребления, которые используются в качестве вторичных ресурсов;
- 2) внесение в законодательство РК изменений, касающихся стимулирования организаций, применяющих отходы потребления, которые используются в качестве вторичных ресурсов, для производства продукции, осуществления работ, оказания услуг;
- 3) совершенствование механизмов государственного регулирования вопросов, касающихся ответственности производителей товаров и импортеров товаров за утилизацию отходов от их использования.

Очевидно, что основой совершенствования законодательства в области обращения с отходами должны стать основные и актуальные на сегодняшний день направления государственной экологической политики. Одним из главных приоритетов государственной экологической политики было и остается обеспечение экологически безопасного обращения с отходами. Решение данной задачи может быть обеспечено целым комплексом мер, среди которых одно из основных мест занимают меры правового характера.

Говоря о важнейших тенденциях законодательного регулирования отношений в области обращения с отходами производства и потребления на современном этапе, следует выделить важнейшие из них, изложенные ниже, находящиеся в общем русле с общими направлениями развития государственной экологической политики Республики Казахстан.

### **1. Развитие законодательства о вторичных ресурсах**

Одним из наиболее перспективных способов использования отходов, позволяющих не только снизить объемы уже накопленных отходов, но и уменьшить количество вновь образованных, является их переработка, вовлечение во вторичный оборот и использование в качестве вторичных материальных или энергетических ресурсов. Как уже отмечалось, полноценная переработка отходов возможна лишь при применении селективного сбора их различных видов либо в процессе их сортировки (в ходе обработки) на специальных мусоросортировочных и мусороперерабатывающих заводах и предприятиях.

Разграничение тех отходов, которые не подлежат вторичному использованию, и тех, которые могут быть повторно использованы, путем применения различных упомянутых ранее терминов («отходы» и «сырье» или «вторичные материальные ресурсы»), в целом соответствует подходу, который наблюдается в различных нормативных правовых актах и иных документах.

На практике мы называем вторичными ресурсами (многие также используют термин «вторичное сырье») вещества и материалы, которые можно повторно вовлекать в оборот. Все, что образуется в производственном процессе помимо целевой продукции и эффективно вовлекается предприятием в хозяйственный оборот повторно, фактически не является отходами.

Следует предположить, что образовавшиеся до завершения технологического процесса вещества и предметы, используемые в таком процессе, следует рассматривать как сырье, материалы, полуфабрикаты, которые продолжают использоваться и, таким образом, не удаляются, не предназначены для удаления и не подлежат удалению, следовательно, не могут рассматриваться как отходы и могут рассматриваться как продукция.

Создание соответствующей правовой основы для повышения эффективности вовлечения отходов во вторичный оборот и для обращения с вторичными ресурсами

заслуживает несомненной поддержки, однако разработка подобных мер должна осуществляться только с учетом имеющихся результатов научных исследований и актуальных достижений науки (включая юридическую науку) и техники.

В соответствии со ст. 298 Экологического кодекса определяются два режима размещения отходов:

- 1) на специально оборудованных полигонах складироваться отходы для их безопасного хранения в течение неограниченного срока (навсегда);
- 2) в специально оборудованных местах (площадках, складах, хранилищах) складироваться отходы для их последующей безопасной утилизации или захоронения.

Период хранения отходов устанавливается для каждого вида отходов и определяется в проектной документации. Производственные и коммунальные отходы размещаются (утилизируются) в соответствии с проектом нормативов размещения отходов и паспортом опасных отходов.

Основные мероприятия по минимизации экологического риска и предотвращению необратимых последствий для окружающей среды основаны на следующих принципах:

- 1) правильного выбора места для размещения полигонов;
- 2) создания технологического и технического оформления полигонов, предотвращающих проникновение загрязняющих веществ в компоненты окружающей среды (элементов искусственной защиты);
- 3) проведения контроля качества складироваемых отходов и мониторинга за окружающей средой.

Физические и юридические лица, владельцы полигонов отходов, обязаны осуществлять производственный экологический контроль. Порядок проведения производственного экологического контроля полностью описан в главе 14 Экологического кодекса РК.

На практике все еще актуальными являются повышение результативности, надежности, экологической и социальной приемлемости комплекса услуг по сбору, транспортировке, утилизации, переработке и захоронению твердых бытовых отходов, увеличение доли переработки твердых бытовых отходов, а также обеспечение безопасного захоронения отходов.

По данным зарубежных исследований, предварительная сортировка ТБО на порядок снижает содержание тяжелых металлов в отходящих газах и является важнейшим первичным мероприятием по уменьшению токсичных выбросов.

Во многих странах твердые отходы являются неизменным топливом на постоянной основе большинства электростанций, работающих на органических материалах. Многие зарубежные страны уже давно перешли на отдельный сбор мусора и его дальнейшую переработку во вторсырье. Более того, эта сфера приносит реальный доход, и немалый.

В Казахстане во всех населенных пунктах, особенно в крупных городах, остро стоит проблема сбора, хранения и переработки все возрастающих объемов коммунальных отходов.

Переработка твердых бытовых отходов на территории Республики Казахстан в настоящее время практически не производится. В процессе смешанного сбора и захоронения отходов безвозвратно теряется значительная часть ценных материальных ресурсов, которые могли бы быть повторно использованы в промышленном производстве, сельском хозяйстве или для получения тепловой и электрической энергии. Организация их отдельного сбора в жилищно-коммунальном секторе недостаточно эффективна. В результате отсутствия системы отдельного сбора и удаления отходов, содержащих токсичные компоненты, растет загрязнение окружающей среды опасными веществами[12].



Темпы роста использования многотоннажных отходов значительно ниже темпов их образования. Причина проблемы не только в устаревших технологиях сбора и переработки мусора, но и в отсутствии последовательности в правовом регулировании.

Международный опыт и казахстанская практика показывают, что отходы должны быть сортированы в момент образования, «у источника». Это позволяет увеличить объем отходов, направляемых на переработку, а также улучшить качество сырья, получаемого из них. Для того чтобы наладить систему сбора и переработки отходов в Казахстане, прежде всего, необходимо относиться к отходам, как к ценному вторичному сырью.

Но на практике реально существует проблема отсутствия культуры раздельного сбора мусора среди населения страны. Немаловажным является и тот факт, что отрасль переработки ТБО в стране находится на начальном этапе становления, и её эффективность крайне мала.

Проблема обращения с ТБО должна рассматриваться как один из определяющих факторов экологической безопасности, а в плане выбора приоритетов – исходить из оценки его как источника ценных ресурсов, так и экологически опасного фактора.

Существующую проблему с ТБО необходимо решать, учитывая опыт других государств в этой сфере, с жестким соблюдением вопросов обеспечения экологической безопасности, а также принимая во внимание, что отходы – это в сущности дешевые вторичные ресурсы.

По стране не хватает мусороперерабатывающих предприятий, а действующие не загружены на полную мощность по причине не налаженности взаимодействия между местными властями, коммунальными службами и соответственно самими учреждениями.

## **2. Создание комплексного правового регулирования отношений в области обращения с медицинскими и биологическими отходами**

Медицинские отходы – совершенно специфический вид отходов, образующихся, как правило, в результате различных видов медицинской и фармацевтической деятельности, а также функционирования лечебно-профилактических учреждений. Опасность несоблюдения требований по обращению с медицинскими отходами заключается, прежде всего, в высокой степени их патогенности. Отходы медицинских организаций содержат потенциально опасные микроорганизмы, которые могут инфицировать пациентов, медработников и других людей, кроме того, такие отходы могут способствовать распространению лекарственно-устойчивых микроорганизмов из медицинских организаций в окружающую среду.

Далеко не любые отходы, образовавшиеся в деятельности медицинских организаций, могут автоматически признаваться медицинскими, так как в ходе деятельности медицинских организаций могут образовываться и твердые коммунальные, и биологические, и радиоактивные отходы. Медицинские отходы в настоящее время находятся вне рамок комплексного законодательного регулирования – в частности, остаются неурегулированными на законодательном уровне такие важные вопросы обращения с медицинскими отходами, как нормирование их образования, их учет, лицензирование и получение разрешений, представление отчетности, внесение платы за негативное воздействие на окружающую среду при обращении с ними, обучение персонала и т.п.

Таким образом, представляется очевидным, что в настоящее время назрела насущная необходимость в обеспечении комплексного законодательного регулирования отношений по обращению с медицинскими отходами. В указанных целях требуется закрепить самостоятельный понятийный аппарат, распространить на деятельность по обращению с медицинскими отходами большинство существующих публично-правовых требований, аналогичных требованиям в области обращения с отходами производства и потребления, в частности, нормирование, лицензирование, учет, ведение и представление



отчетности, а также следует предусмотреть возможность привлечения к административной ответственности за нарушение требований в сфере обращения с медицинскими отходами.

Остается открытым вопрос о том, требуется ли принятие в Республике Казахстан самостоятельной системы законодательных норм, регулирующих отношения по обращению с медицинскими отходами - в качестве самостоятельного Закона РК либо в рамках внесения соответствующих изменений в Кодекс РК «О здоровье народа и системе здравоохранения» [13], либо распространения на указанные отношения норм законодательства об отходах (путем внесения изменений в Экологический кодекс РК).

### **3. Подготовка правовой основы обращения с отходами тары и упаковки, вышедшими из употребления автотранспортными средствами, отходами электрического и электронного оборудования и техники, отработавшими элементами питания**

В настоящее время следует констатировать наличие общих пробелов в законодательном регулировании обращения с отдельными видами отходов. Действующий Экологический Кодекс РК закрепляет лишь общие основы законодательного регулирования отношений в данной сфере, а также систему норм, регулирующих обращение с ТБО, а также отходов от использования товаров, подлежащих утилизации после утраты ими потребительских свойств (ст. 292-1).

В большинстве зарубежных государств, являющихся членами Европейского союза, в настоящее время созданы правовые механизмы обращения с упаковочными отходами, отработавшими батарейками и иными элементами питания, отходами электронного и электротехнического оборудования (бытовой и офисной техники, вышедшей из употребления), вышедшими из употребления колесными транспортными средствами. Данные механизмы закреплены как директивами Европейского союза, так и национальным законодательством его стран-участниц [14, 15]. Вместе с тем, несмотря на явную необходимость подготовки специальной основы законодательного регулирования обращения с отходами тары и упаковки в Республике Казахстан, в особенности в части создания правовых механизмов их экономически выгодной переработки и экологически безопасной утилизации, юридически значимых мер со стороны органов государственной власти в этом направлении принято до сих пор не было.

**3.1.** Как известно во многих странах Европейского союза уже существуют либо специальные законы об упаковке, либо иные акты, регламентирующие их оборот.

Полезный опыт накоплен в Германии, Нидерландах и других его государствах-участниках.

В Европейском союзе отношения в сфере оборота упаковочных отходов регулируются особым образом.

Так, в настоящее время действует специальная Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза 94/62/ЕС от 20 декабря 2004 г. «Об упаковке и отходах от упаковки» [16], устанавливающая комплекс мер, направленных на предупреждение образования отходов от упаковки, на их повторное использование, переработку и другие формы их восстановления и, как следствие, сокращение объема конечной утилизации таких отходов.

В Российской Федерации основой для совершенствования правового регулирования отношений в данной сфере может послужить Модельный закон об упаковке и упаковочных отходах, принятый постановлением 31-9 на 31-м пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств – участников СНГ 25 ноября 2008 г. в г. Санкт-Петербурге [17]. Данный Модельный закон в числе прочих моментов закрепляет обязанности производителей и продавцов упаковки проектировать и производить ее таким

образом и из таких материалов, чтобы образующиеся при ее производстве отходы могли быть вторично переработаны в качестве вторичных материальных и (или) энергетических ресурсов, а в отношении одноразовой упаковки – проектировать и производить ее с учетом возможности последующей утилизации либо, при невозможности утилизации, биоразлагаемости или безопасного сжигания.

В Казахстане в настоящее время отсутствует специальный закон, регулирующий общественные отношения, складывающиеся в сфере обращения упаковочных материалов и отходов. Но в то же время в Экологическом кодексе РК содержатся экологические требования при обращении с коммунальными отходами (ст. 292), в которых в общем затрагиваются вопросы упаковочных отходов. Согласно нему местные исполнительные органы отвечают за организацию рациональной и экологически безопасной системы сбора коммунальных отходов, предусматривающей отдельный сбор ценных компонентов, временное хранение, регулярный вывоз и обезвреживание коммунальных отходов, а также очистку территории населенного пункта.

Анализ существующих пробелов в законодательстве РК, препятствующих эффективному сбору и переработке упаковочных отходов показал, что:

- в РК законодательно не прописана государственная политика в области обращения с упаковочными материалами;
- четко не прописаны права и обязанности производителей упаковочных материалов;
- отсутствуют законодательно установленные меры экономического регулирования, в том числе финансирования и инвестирования, налогообложения, обращения с упаковочными материалами и отходами;
- законодательно не определен государственный орган, а также хозяйствующие субъекты, целенаправленно занимающиеся проблемами обращения с упаковочными материалами и отходами;
- существует проблема чрезмерного регулирования экономической деятельности.

Сложные и непрозрачные процедуры, которым должны следовать предприниматели при создании и ведении бизнеса, служат самым серьезным препятствием экономическому росту. Эти процедуры увеличивают затраты на производство и издержки предпринимателей, ограничивают их доступ на рынок, сдерживают развитие бизнеса, ухудшают бизнес-среду и способствуют коррупции. Административные барьеры являются одной из причин появления теневого сектора экономики.

В Республике Казахстан следует упорядочить законодательство в этой области, что можно осуществить следующим образом:

- Инициировать внесение изменений и дополнений в Экологический кодекс РК по вопросам обращения с упаковочными материалами и отходами, а именно определить основные направления государственной политики, прописать права и обязанности их производителей, меры экономического регулирования, экологические требования в этой сфере.
- Выработать единство взглядов промышленного бизнеса, занятого в сфере упаковки: ее производителей и ее промышленных потребителей, выработать единую позицию и доведение ее до сведения разработчиков законов.
- Внести предложения по созданию некоммерческой организации по обращению с упаковочными отходами, что можно осуществить путем создания Ассоциации производителей упаковочных материалов и отходов.
- Внести предложения по разработке проекта закона РК «Об упаковке и упаковочных отходах».

При отсутствии надлежащего законодательного регулирования отношений в сфере обращения с отходами тары и упаковки в Республике Казахстан органы местного самоуправления не выделяют упаковочные отходы из общей массы твердых бытовых

отходов, не устанавливая для них специальных правил сбора, вывоза, утилизации и переработки данных отходов.

**3.2.** Актуальными для Казахстана и не урегулированными положениями казахстанского законодательства являются вопросы утилизации вышедших из употребления автотранспортных средств (авторециклинг). Требуется создание целой системы по сбору, переработке и вторичному использованию вышедших из употребления автомобилей и их компонентов, действующей на всей территории страны, а следовательно, комплексное законодательное регулирование отношений в данной сфере – начиная от закрепления необходимого понятийного аппарата, заканчивая установлением специальных экологических требований при утилизации транспортных средств и их компонентов.

**3.3.** Немаловажное значение как для обеспечения экологически безопасного обращения с отходами, так и для развития рынка вторичных ресурсов имеет законодательное регулирование утилизации отходов электрического и электронного оборудования и техники.

В этом отношении интересен опыт стран Европейского союза. В частности, Директивой Европейского парламента и Совета Европейского союза № 2002/96/ЕС от 27 января 2003 г. «Об отходах электрического и электронного оборудования» устанавливаются специальные требования к режиму обращения данного оборудования, его восстановлению, разделному сбору его отходов, порядок и условия информирования производителями оборудования его пользователей о порядке сбора и вторичного использования отходов и некоторые иные аспекты обращения с данным видом оборудования и его отходами. Актуальность данной проблемы для Казахстана усиливается, прежде всего, тем, что он имеет большой товарооборот с другими государствами и вынужден нести расходы на утилизацию произведенных в них техники и оборудования, экспортируемых из них.

К сожалению, казахстанское законодательство не регулирует надлежащим образом данные отношения, тогда как отношения в области обеспечения экологической безопасности при утилизации данной продукции требуют установления специальных норм и правил, преимущественно на законодательном уровне.

**3.4.** Большое значение для Республики Казахстан имеет также экологически безопасная утилизация ртутьсодержащих отходов (ртутных ламп и др.). Как в крупных мегаполисах, так и в небольших городах подавляющее большинство как коммерческих организаций, так и государственных и муниципальных учреждений социального и иного характера используют экологически опасные ртутьсодержащие лампы дневного освещения, требующие специальных экологически безопасных способов утилизации.

К сожалению, в настоящее время порядок обращения с данными видами отходов не урегулирован на законодательном уровне, что, несомненно, необходимо. В настоящее время, с 1 января 2020 года вступил в силу новый Национальный стандарт по обращению с отходами на всех этапах технологического цикла. Согласно ему заниматься сбором ртутьсодержащих отходов может только компания, которая сама их демеркуризирует и утилизирует. Данный стандарт регулирует методы обработки ртутьсодержащих отходов, однако очевидно, что установление правил обращения с данными видами отходов на уровне подзаконного нормативного правового акта не может в полной мере обеспечить обязательность их выполнения и возможность привлечения нарушителей к юридической ответственности за несоблюдение требований по обращению с ними.

В заключение необходимо подчеркнуть, что, несмотря на введение в законодательном порядке в 2016 году и изменениями в 2018 года (глава 410-1 Экологического кодекса РК) принципа расширенных обязательств производителей (импортеров) (РОП), системный подход к решению проблемы сбора, утилизации и

переработки бытовых и промышленных отходов в настоящее время остается не отрегулированным.

Основная цель введения принципа РОП, несомненно, благая – создание эффективной системы управления отходами путем увеличения объемов и доли перерабатываемых отходов. Во всем мире это происходит за счет производителя – на него возлагается ответственность за сбор, транспортировку, переработку и обезвреживание отходов, которые образуются после утраты потребительских свойств продукции, товаров или упаковки.

По Экологическому кодексу РК принцип РОП производителями и импортерами реализуется одним из двух способов. Первый – применение собственной системы сбора, переработки и утилизации отходов согласно требованиям законодательства [18]. Второй – заключение с уполномоченной организацией, оператором РОП, договора, направленного на организацию сбора, переработки и (или) утилизации отходов и внесение за это платы на счет оператора РОП.

При этом необходимо отметить, что в отношении оператора отсутствуют целевые показатели по объемам переработки отходов и ее глубине.

Анализ норм, направленных на расширение обязательств производителей и импортеров товаров, подлежащих переработке показывает: наиболее целесообразным для производителей и импортеров является изыскание возможности по организации собственного производства по сбору, переработке и утилизации отходов, образующихся после утраты потребительских свойств продукции (товаров). Данный вывод основан на анализе требований к собственной системе сбора и переработки, а также на расчетах экономической целесообразности постоянных выплат операторам расширенных обязательств, в рамках договорных обязательств.

В этой связи логичным выглядит использование первого способа реализации принципа расширенной ответственности — собирать и перерабатывать свои отходы самостоятельно. Но в этом случае возникают законодательные сложности: при существующих формулировках получается, что каждый производитель должен сам собрать и переработать 30% от квартального объема реализованной продукции. Производители в отличие от оператора РОП получили целевые показатели, причем такие, которые нереально выполнить при отсутствии в стране инфраструктуры для сбора вторсырья.

Такой же нереальной выглядит перспектива производителям создать непрофильный бизнес — собственное производство по переработке отходов. Разумной альтернативой оператору РОП могли бы быть объединения производителей однородной продукции, которые аккумулируют определенные средства и выбирают к кому обратиться за услугой по сбору, сортировке и переработке отходов. Но условия создания коллективных систем действующим законодательством не предусмотрены.

Законодательно оператору РОП определены в основном права и полномочия, большей частью направленные на сбор денег, а производителям и их системам — в основном обязанности. Различия в правовом положении и полномочиях оператора РОП и собственных систем производителей по переработке отходов налицо.

Для того чтобы модель РОП в Казахстане все-таки заработала, целесообразно усовершенствовать законодательство и ввести правила обращения с отходами, обеспечивающие эффективный технологический цикл; законодательно обозначить пределы расширенной ответственности производителя (то есть до какой стадии они отвечают за переработку). Для решения экологических проблем необходимо разработать государственную программу по переработке и утилизации отходов.

**Заключение.** Действующее законодательство об отходах нуждается в системном совершенствовании, направленном на модернизацию основных его институтов,

формирование и внедрение системы методов экономического стимулирования хозяйствующих субъектов к внедрению малоотходных технологий и оборудования, регулированию особенностей обращения с отдельными видами отходов в целях их экологически безопасной утилизации, а также к развитию отходоперерабатывающей индустрии.

При этом вопросам совершенствования действующего законодательства об отходах производства и потребления следует уделить особое внимание, так как именно правовые методы воздействия позволяют создать стабильную основу для регулирования общественных отношений в данной сфере, обеспечить развитие рынка вторичных материальных и энергетических ресурсов, а также достигнуть постепенного и последовательного снижения уровня негативного воздействия на окружающую среду от накопленных и образующихся отходов производства и потребления.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

[1] Экологический Кодекс Республики Казахстан от 9 января 2007 года № 212. // Информационно-правовая система нормативно правовых актов Республики Казахстан «Әділет», дата обращения 10 декабря 2019 год;

[2] Интернет-ресурс: <http://energo.gov.kz>; дата обращения 10 декабря 2019 год;

[3] Постановление Правительства Республики Казахстан от 31 июля 2013 года № 750 «Об утверждении Плана мероприятий по реализации Концепции по переходу Республики Казахстан к "зеленой экономике" на 2013-2020 годы»// Информационно-правовая система нормативно правовых актов Республики Казахстан «Әділет», дата обращения 10 декабря 2019 год;

[4] Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 23 апреля 2018 года № 187 «Об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к сбору, использованию, применению, обезвреживанию, транспортировке, хранению и захоронению отходов производства и потребления»// Информационно-правовая система нормативно правовых актов Республики Казахстан «Әділет», дата обращения 12 декабря 2019 год;

[5] Приказ Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 31 мая 2007 года N 169-п «Об утверждении Классификатора отходов»// Информационно-правовая система нормативно правовых актов Республики Казахстан «Әділет», дата обращения 12 декабря 2019 год;

[6] Приказ и.о. Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 2 августа 2007 года N 244-п «Об утверждении перечня отходов для размещения на полигонах различных классов»// Информационно-правовая система нормативно правовых актов Республики Казахстан «Әділет», дата обращения 12 декабря 2019 год;

[7] Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 25 ноября 2014 года № 145 «Об утверждении Типовых правил расчета норм образования и накопления коммунальных отходов»// Информационно-правовая система нормативно правовых актов Республики Казахстан «Әділет», дата обращения 12 декабря 2019 год;

[8] Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 1 сентября 2016 года № 404 «Об утверждении Методики расчета тарифа на сбор, вывоз, утилизацию, переработку и захоронение твердых бытовых отходов»// Информационно-правовая система нормативно правовых актов Республики Казахстан «Әділет», дата обращения 12 декабря 2019 год;

[9] Приказ Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 16 апреля 2012 года № 110-ө «Об утверждении Методики определения нормативов эмиссий в



окружающую среду»// Информационно-правовая система нормативно правовых актов Республики Казахстан «Әділет», дата обращения 12 декабря 2019 год;

[10] Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 20 марта 2015 года № 229 «Об утверждении Правил управления бесхозными опасными отходами, признанными решением суда поступившими в республиканскую собственность»// Информационно-правовая система нормативно правовых актов Республики Казахстан «Әділет», дата обращения 12 декабря 2019 год;

[11] «Санитарные правила устройства и содержания полигонов для твердых бытовых отходов» № 3.01.016.97 (утверждены Главным государственным санитарным врачом Республики Казахстан от 29 апреля 1997 г.)// Информационно-правовая система нормативно правовых актов Республики Казахстан «Әділет», дата обращения 12 декабря 2019 год;

[12] Интернет-ресурс: Проблема переработки отходов остро стоит в Казахстане// <http://liter.kz>; дата обращения 12 декабря 2019 год;

[13] Кодекс РК «О здоровье народа и системе здравоохранения»// Информационно-правовая система нормативно правовых актов Республики Казахстан «Әділет», дата обращения 18 декабря 2019 год;

[14] Дубовик О.Л. Опыт законодательного регулирования и доктринального толкования оборота упаковок в Республике Польша // Экологическое право. 2007. № 1. С. 33–37;

[15] Директива № 2012/19/ЕС Европейского парламента и Совета Европейского союза от 4 июля 2012 г. «Об отходах электрического и электронного оборудования» (WEEE) // ИПО «Гарант», дата обращения 18 декабря 2019 год;

[16] Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза 94/62/ЕС от 20 декабря 2004 г. «Об упаковке и отходах от упаковки»(принята в г. Брюсселе 20 декабря 1994 г., с изм. и доп. от 29 апреля 2015 г.) // СПС «КонсультантПлюс», дата обращения 18 декабря 2019 год;

[17] Модельный закон об упаковке и упаковочных отходах, принятый постановлением 31-9 на 31-м пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств – участников СНГ 25 ноября 2008 г. // Информационный бюллетень. Межпарламентская Ассамблея государств – участников Содружества Независимых Государств. 2009. № 43. С. 237–259;

[18] Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 25 декабря 2015 года № 761 «Об утверждении Требований к собственной системе сбора, переработки и утилизации отходов»// Информационно-правовая система нормативно правовых актов Республики Казахстан «Әділет», дата обращения 18 декабря 2019 год.

## REFERENCES

[1] The Environmental Code of the Republic of Kazakhstan dated January 9, 2007 №212.Information and legal system of regulatory legal acts of the Republic of Kazakhstan «Әділет», appeal date December 10, 2019;

[2] Internet resource: <http://energo.gov.kz>; Date of circulation December 10, 2019;

[3] Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan dated July 31, 2013 № 750 «On approval of the Action Plan for the implementation of the Concept for the transition of the Republic of Kazakhstan to the «green economy» for 2013 - 2020 Information and legal system of normative legal acts of the Republic of Kazakhstan «Әділет» , date circulation December 10, 2019



[4] Order of the Minister of Health of the Republic of Kazakhstan dated April 23, 2018 № 187 “On approval of the Sanitary Rules «Sanitary and epidemiological requirements for the collection, use, disposal, transportation, storage and disposal of production and consumption waste» Legal Information System of Legal Acts Republic of Kazakhstan «Әділет », circulation date December 12, 2019;

[5] Order of the Minister of Environmental Protection of the Republic of Kazakhstan dated May 31, 2007 N 169-p «On Approving the Waste Classifier» Information and Legal System of Normative Legal Acts of the Republic of Kazakhstan «Әділет», appeal date December 12, 2019;

[6] Order of the Minister of Environmental Protection of the Republic of Kazakhstan dated August 2, 2007 N 244-p «On Approving the List of Wastes for Disposal at Landfills of Various Classes» Information and Legal System of Normative Legal Acts of the Republic of Kazakhstan «Әділет», appeal date December 12, 2019

[7] Order of the Minister of Energy of the Republic of Kazakhstan dated November 25, 2014 №145 «On approval of the Model Rules for calculating the norms for the generation and accumulation of municipal waste» Information and Legal System of Normative Legal Acts of the Republic of Kazakhstan «Әділет», appeal date December 12, 2019;

[8] The order of the Minister of Energy of the Republic of Kazakhstan dated September 1, 2016 №404 «On approval of the Methodology for calculating the tariff for the collection, removal, utilization, processing and burial of solid household waste» Information and Legal System of Normative Legal Acts of the Republic of Kazakhstan «Әділет», appeal date 12 December 2019

[9] Order of the Minister of Environmental Protection of the Republic of Kazakhstan dated April 16, 2012 №110-ө «On the Approval of the Methodology for Determining the Norms of Emissions into the Environment» Information and Legal System of Normative Legal Acts of the Republic of Kazakhstan “Әділет”, appeal date December 12, 2019

[10] Order of the Minister of Energy of the Republic of Kazakhstan dated March 20, 2015 №229 «On approval of the Rules for the management of ownerless hazardous waste recognized as a republican decision by the court» Information and legal system of normative legal acts of the Republic of Kazakhstan «Әділет» appeal date December 12, 2019 ;

[11] «Sanitary rules for the design and maintenance of landfills for solid household waste» №3.01.016.97 (approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Republic of Kazakhstan dated April 29, 1997) Information and Legal System of Normative Legal Acts of the Republic of Kazakhstan «Әділет», appeal date December 12 2019 year

[12] Internet resource: The problem of waste processing is acute in Kazakhstan //http://liter.kz; appeal date December 12, 2019;

[13] Code of the Republic of Kazakhstan «On the health of the people and the health care system» .Information and legal system of normative legal acts of the Republic of Kazakhstan «Әділет», appeal date December 18, 2019

[14] Dubovik O.L. «The experience of legislative regulation and doctrinal interpretation of packaging turnover in the Republic of Poland». Environmental Law 2007 №1. S. 33–37

[15] Directive 94/62 / EC of the European Parliament and of the Council of the European Union of December 20, 2004 «On packaging and packaging waste»(adopted in Brussels on December 20, 1994, as amended and added on April 29, 2015 ) Consultant Plus, appeal date December 18, 2019

[16] Model law on packaging and packaging waste, adopted by resolution 31–9 at the 31st plenary meeting of the Interparliamentary Assembly of CIS Member States on November 25, 2008 Newsletter. Interparliamentary Assembly of States Parties to the Commonwealth of Independent States. 2009№ 43 S 237–259

[17] Directive №2012/19 / EU of the European Parliament and of the Council of the European Union of July 4, 2012 «On Wastes of Electrical and Electronic Equipment» (WEEE) Garant, accessed December 18, 2019

[18] Recognition of the Minister of Energy of the Republic of Kazakhstan dated December 25, 2015 №761 «On approval of requirements for its own system of collection, processing and disposal of waste» Information and legal system of regulatory acts of the Republic of Kazakhstan «Әділет», appeal date December 18, 2019.

## ҚАЛДЫҚТАРДЫ БАСҚАРУ САЛАСЫНДАҒЫ ҚҰҚЫҚТЫҚ РЕТТЕУ ТӘРТІБІ

Б.Т. Ахметов

Каспий қоғамдық университеті, «Әділет» Жоғарғы құқық мектебі, Алматы қ., Қазақстан

**Аңдатпа.** Мақалада Қазақстан Республикасында тұтыну қалдықтарын өндеудің құқықтық реттелуі туралы ақпарат берілген. Қалдықтарды өндеу - мұқият зерделеуді және жан-жақты құқықтық реттеуді қажет ететін өзекті мәселелердің бірі екендігі, қазіргі уақытта Қазақстанда қалдықтардың пайда болу көзінде «қатты» қалдықтарды бөлек жинау жүйелік деңгейде жүргізілмегені, сондықтан елдің қоқыстарды қайнар көзде бөлу жүйесін, қалдықтарды бөлек жинау, өндеу және сату жүйелерін кешенді экономикалық бағалауды жүргізу қиындығы айтылған. Мемлекеттің басты мәселелерінің бірі - қалдықтарды жинау, тасымалдау, өндеу және кәдеге жарату, қатты қалдықтарды қайта өндеу үлесін арттыру, сондай-ақ қалдықтарды қауіпсіз жоюды қамтамасыз ету қызметтерінің тиімділігі, сенімділігі, экологиялық және әлеуметтік қол жетімділігін арттыру мәселелері баяндалған. Өндіруші күштердің біртіндеп өсуіне және тұтыну нарығының дамуына байланысты халықтың тауарлар мен өнімдерді тұтынуы нәтижесінде пайда болатын өнеркәсіптік қалдықтардың да, тез өсу мәселесі сипатталған.

Қазіргі уақытта қалдықтар қоршаған ортаны ластаудың қайнар көзі ғана емес, топырақ қабатын бұзады, су қоймаларын жауып, атмосфералық ауаны ластайды және табиғи экологиялық жүйелерді бұзады, сонымен қатар кең аумақтарды ластайды және адам денсаулығына кері әсерін тигізеді. Қалдықтарды басқару - бұл мемлекеттен орта және шағын бизнеске дейінгі әртүрлі субъектілердің және кейде біртектес емес мүдделерінің қақтығысы болатын сала. Қазақстан Республикасының Конституциясында бекітілген заңнама барлық адамдардың қолайлы ортаға құқығын сақтауды, Мемлекеттің экологиялық саясатындағы мемлекеттік және жеке мүдделердің тепе-тең қатынасын қамтамасыз етеді.

**Тірек сөздер:** өндіріс және тұтыну қалдықтары, қатты тұрмыстық қалдықтар, қолайлы орта, заң, экология, мемлекет.

## TENDENCIES OF DEVELOPMENT OF LEGAL REGULATION IN AREA OF HANDLING WASTES OF CONSUMPTION

B.T. Akhmetov

Caspian Public University, undergraduate of the Higher School of Law «Әділет»,  
Kazakhstan, Almaty

**Annotation.** The article provides information on the legal regulation of the handling wastes of consumption in the Republic of Kazakhstan. Waste management is one of the burning issues requiring careful study and a comprehensive legal settlement. At present, in Kazakhstan, separate collection of solid waste “at the source” of waste generation is not established at the system level, therefore it is difficult to conduct a comprehensive economic assessment of the country’s

systems of separation of waste at the source, separate waste collection, processing and sale of recovered materials. One of the main problems of the state is increasing the efficiency, reliability, environmental and social acceptability of a range of services for the collection, transportation, disposal, processing and disposal of consumer waste, increasing the share of solid waste processing, as well as ensuring safe disposal of waste.

With the gradual growth of productive forces and the development of the consumer market the volume of production of both industrial waste and waste generated as a result of the consumption of goods and products by the population has rapidly increased. Currently, waste is not only a source of significant environmental pollution, disrupts the soil layer, clogs water bodies, pollutes atmospheric air, and destroys natural ecological systems; they also litter vast territories and have a negative impact on human health.

Waste management is an area in which there is a clash of different and sometimes heterogeneous interests of different entities, from the state to medium and small businesses. It is legislation that should ensure a balanced ratio of public and private interests in the environmental policy of the state, guarantee the observance of the right of everyone to a favorable environment, enshrined in the Constitution

**Keywords:** production and consumption waste, municipal solid waste, the right to a favorable environment, law, ecology, state.