

ISSN 1999-9801



АУЭС

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ
БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК

Алматинского университета
энергетики и связи

BULLETIN

OF ALMATY UNIVERSITY OF POWER
ENGINEERING AND TELECOMMUNICATIONS

3 (50)

2020



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Сагинтаева С.С., д-р экон. наук, канд. физ.- мат. наук, академик МАИН, ректор НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»
Гита Ревалде, доктор PhD, член-корреспондент Академии наук Латвии, директор Национального Совета науки, Рига, Латвия
Главный редактор – Стояк В.В., канд. техн. наук, профессор, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»
Заместитель главного редактора – Жауыт А., доктор PhD, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»
Илиев И.К., д-р техн. наук, Русенский университет, Болгария
Белоев Кристо, д-р техн. наук, Русенский университет, Болгария
Галайко Дмитрий, доктор PhD, университет Сарбонны, Франция
Такая Инамори, доктор PhD, Университет Токио, Япония
Цветков В.Ю., д-р техн. наук, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Белоруссия.
Кузнецов А.А., д-р техн. наук, ФГБОУ ВА «Омский государственный университет путей сообщения», Российская Федерация.
Авезова Н.Р., д-р, техн. наук, Министерство инновационного развития Республики Узбекистан.
Мунц В.А., д-р техн. наук ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Российская Федерация.
Мустафин М.А., д-р техн. наук, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»
Обозов А.Д., д-р техн. наук, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Кыргызская Республика
Орумбаев Р.К., д-р техн. наук, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»
Потехин В.В., канд. техн. наук доцент Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
Франческо Сандоро, доктор PhD, Университет Альдо Моро, Бари, Италия
Туманбаева К.Х., канд. техн. наук, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»
Мутуле Анна, доктор PhD, Рижский Технический Университет, Латвия
Махмутов С.К., канд. истор. наук, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»
Алипбаев К.А., доктор PhD, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»
Кабдушев Б.Ж., канд. истор. наук, НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева»

Ответственный секретарь: Шубаева Д.А.

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> , <http://vestnik-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,

[Тираж 200 экз.](#)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ ИМЕНИ ГУМАРБЕКА
ДАУКЕЕВА»

В Е С Т Н И К

АЛМАТИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Учрежден в июне 2008 года

3 (50)

2020

Импакт-фактор - 0.154

Научно-технический журнал
Выходит 4 раза в год

Алматы



**АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ**
имени Гумарбека Даукеева

057
КОД ВУЗА

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЛИЦЕНЗИЯ НА ОБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ №01377445 ОТ 08.08.2010г. СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ АККРЕДИТАЦИИ № 000003

АУЭС - ведущий ВУЗ в Казахстане, готовящий высококвалифицированных специалистов в сфере энергетики, телекоммуникации и IT-технологий во всем регионе Центральной Азии. Университет готовит специалистов по образовательным программам **БАКАЛАВРИАТА, МАГИСТРАТУРЫ И ДОКТОРАНТУРЫ PhD.**

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ

Группы ОП	Образовательная программа	Бакалавриат	Магистратура	Докторантура
Информационные технологии	Информатика	+	+	
	Информационные системы	+	+	
	Вычислительная техника и программное обеспечение	+	+	
Информационная безопасность	Системы информационной безопасности	+	+	
Коммуникации и коммуникационные технологии	Радиотехника, электроника и телекоммуникации	+	+	+
	Инфокоммуникационные технологии и системы	+		
	Специальная электросвязь	+		
Электротехника и энергетика	Теплоэнергетика	+	+	+
	Современные и инновационные технологии возобновляемой энергетики	+		
	Предпринимательство в инженерии	+		
	Электротехника	+	+	+
	Интеграция и управление Smart технологиями энергосбережения и энергоэффективности в электротехнике	+		
	Электротехнические системы	+		
Электротехника и автоматизация	Автоматизация и управление	+	+	+
Механика и металлообработка	Приборостроение	+	+	+
Воздушный транспорт и технологии	Космическая техника и технологии	+	+	+
	Космическая инженерия	+		
	Энергообеспечение сельского хозяйства	+		
Агроинженерия	Гибридные системы электроснабжения агропромышленных объектов	+		
Санитарно-профилактические мероприятия	Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды	+	+	
	Инженерная экология и безопасность в энергетике	+		



Язык обучения:
- Казахский
- Русский
- Английский



Форма обучения:
- Очное
- Очное с применением дистанционных технологий

КОЛЛЕДЖ

Шифр	Специальность	Шифр	Квалификация
1304000	Вычислительная техника и программное обеспечение (по видам)	130404 3	Техник-программист
1302000	Автоматизация и управление (по профилю)	130203 3	Промышленный электронщик
0906000	Теплоэнергетические установки тепловых электрических станций	090603 3	Техник-энергетик
		090601 2	Машинист-обходчик по котельному оборудованию
1305000	Информационные системы (по областям применения)	130502 3	Техник-программист
0901000	Электрооборудование электрических станций и сетей (по видам)	090101 3	Техник-электрик
		130610 3	Техник-радиомеханик
0901000	Радиоэлектроника и связь (по видам)	130601 2	Электромонтер по телекоммуникационным сетям и системам



ГРАНТЫ

- Государственный
- От компаний партнеров
- Имени первого ректора АУЭС Гумарбека Даукеева



Иногородным предоставляется общежитие

СТИПЕНДИИ

- Президентская
- Государственная
- Совета попечителей
- Имени первого ректора АУЭС Гумарбека Даукеева
- Имени Ш.Есенова
- Самрук Энерго

АДРЕС:
050013, г. Алматы,
ул. Байтурсынулы 126/1

AUES.KZ

#АУЭС
#AUES
#ТОТСАМЫЙЭНЕРГО
#НЕДЛЯГУМАНИТАРИЕВ

КОНТАКТНЫЙ ТЕЛЕФОН:
+7(727) 292-0303



AUES UNIVERSITY



РУБРИКИ

Теплоэнергетика и Теплотехнологии

- Экспериментальные и численные исследования теплоэнергетических и теплотехнологических процессов
- Физико-химические процессы в теплоэнергетике и теплотехнологиях
- Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, процессы и аппараты
- Автономные и распределенные системы комплексного энергоснабжения, комбинированное производство энергоносителей.

Телекоммуникации и Коммуникационная инженерия

- Сети и системы радиовещания и телевидения
- Системы и устройства связи, навигации и управления
- Информационные технологии в телекоммуникациях
- Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств

Космическая инженерия и Робототехника

- Космическая навигация и связь
- Космическое и специальное электронное приборостроение, малые космические аппараты
- ГИС-технологии и методы дистанционного зондирования земли
- Мехатроника и робототехнические системы

Энергообеспечение сельского хозяйства

- Агро инженерные проблемы, энергосбережение и энергоэффективные технологии
- Энергообеспечение отдаленных населенных пунктов и объектов производства на основе возобновляемых источников энергии

Электроэнергетика и Электротехнологии

- Электрические станции, сети и системы
- Электромеханика и электропривод
- Электрический транспорт
- Электроэнергетика на базе ВИЭ
- Интеллектуальные электрические сети

Автоматика, Информационные технологии и Кибербезопасность

- Системы автоматического управления
- Вычислительная техника и программное обеспечение
- Информационные системы
- Системы информационной безопасности

Промышленная и Экологическая безопасность

- Промышленная безопасность технологических процессов
- Состояние и проблемы охраны окружающей среды и пути их решения
- Экологическая безопасность объектов энергетики
- Системы управления безопасности труда

Вопросы высшей школы, Инновационное развитие высшего образования

- Содержание и качество высшего инженерного образования
- Инновационные технологии обучения в высшем образовании
- Прикладная инновационная экономика знаний
- Современные коммуникативные технологии в инженерном образовании



СОДЕРЖАНИЕ

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ

Умбетов Е. С., Хазимов К. М., Погуляев А. Д., Хазимов М. Ж.

Усовершенствование работы водогрейного котла КВТС-0,2 путем полнослойного сжигания угля с регулируемым температурным режимом воды.....6

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

Абдрахманов Е.А., Нигматуллин Р.М.

Снижение расхода электроэнергии на электродуговой печи ДСП-3А компенсацией реактивной мощности.....14

Смирнов Д.Е., Абдрахманов Е.А., Мустагулова Б.Ж.

Сравнительное исследование освещения люминесцентными и светодиодными светильниками.....22

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И КОММУНИКАЦИОННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Солощенко А.В.

Эффективность применения алгоритмов SON (self-organizing networks) на сетях мобильной связи в период пандемии COVID – 19.....31

Утебаева Д. Ж., Илимбаева Л. Б.

Әр түрлі модельдер үшін ұшқышсыз әуе көліктерін анықтау мәселелерінде акустикалық сигналдарды зерттеу.....38

КОСМИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И РОБОТОТЕХНИКА

Kryuchkov V.N., Savinkin V.V., Solodovnik A.A.

Application of the method of experimental research of the aerodynamic parameters of a modernized UAV.....46

Танырбергенова К.И.

Кинематика робота-манипулятора и аппроксимация его рабочей области.....54

Богуспаев Н.Б., Раскалиев А.С., Мурзалиев А.Т., Мелешкина И.В.

Разработка требований к навигационной системе на основе слабосвязанной интеграции спутниково-инерциальных измерений.....62

АВТОМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

Туржанова К.М.

Исследование особенностей применения технологии NB-IOT при оказании услуг интернета вещей в период пандемии COVID-19.....69

Мухаметжанова Б.О., Сагатбекова Д.Е.

Сандық бейнелердегі доминантты құрылымды анықтау әдістері.....77

Khan S.G., Ibrayeva L.K.

Development of methods for verifying flowmeters at the operation place.....84

ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Arshidinov M.M., Ospanova G.Sh.

Ozoniation purification of industrial plants wastewater.....90

ВОПРОСЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ, ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Smaiyl A.M.

Semantic representation of data in an intellectual information system.....96

Smirnova Y.G., Zhekeeva K.O., Sergeeva L.D.

Authentic texts in language studies for technical specialties: sources and principles of selection.....105

Шәріпбай А.Ә., Ергеш Б.Ж., Муканова А.С., Зулхажав А.

Түркі тілдерінің гармматикасы тезаурусының құрамы мен құрылымы.....111



ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ

ГРНТИ 55.36.15, 55.55.37

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА КВТС-0,2 ПУТЕМ ПОЛНОСЛОЙНОГО СЖИГАНИЯ УГЛЯ С РЕГУЛИРУЕМЫМ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ ВОДЫ

Е.С. Умбетов^{1*}, К.М. Хазимов², А. Д. Погуляев¹, М.Ж. Хазимов^{1,2,3}

¹НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева»,
г. Алматы, Казахстан

²НАО «Казахский национальный аграрный университет», Республика Казахстан, г. Алматы

³Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Республика Казахстан, г. Алматы,
e-mail: e.umbetov@au.es.kz

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы об использовании твердого топлива в водогрейных котлах, проведен анализ недостатков аналогичных котлов, работающих на ископаемом угле. Показана актуальность повышения эффективности работы котла путем совершенствования его конструкции для сжигания в полнослойном режиме, за счет автоматического регулирования подачи необходимого количества воздуха послойно через форсунки с помощью вентилятора. Представлены – конструктивная схема топки и функциональная схема предлагаемой автоматической системы регулирования подачи воздуха. Изложены результаты проведенного испытания усовершенствованного котла КВТС-02 с регулируемым температурным режимом и определены технико-экономические показатели, которые свидетельствуют о повышении эффективности работы котла.

Ключевые слова: водогрейный котел, твердое топливо, вентилятор, автоматическая система.

Введение.

Мировое производство энергии неуклонно растет, удваиваясь каждые 5-7 лет. Более того, больше 80% современной энергии – это топливо, использующее ископаемое углеводородное топливо. Эта энергия выбрасывает в окружающую среду огромное количество не только химических отходов, а также физические отходы в виде радиации и отходящего тепла, что неизбежно ведет к нагреву атмосферы [1].

Среди мировых производителей Казахстан занимает десятое место по добыче угля, одновременно являясь крупным потребителем угля. Республика Казахстан занимает восьмое место в мире по исследованным запасам угля, которые оцениваются примерно 34,2 млрд. т. (около 4 % от общемировых запасов). Этого достаточно для поддержания текущих темпов добычи на 300 лет [2].

Уголь – движущая сила экономики Казахстана. В настоящее время доля угля при потреблении энергоресурсов в стране составляет свыше 60 %. В перспективе ожидается, что основная доля угля в общей структуре долгосрочного потребления будет сокращаться, однако в ближайшее время уголь (также в долгосрочной перспективе) сохранит свои трендовые позиции в энергетическом балансе Казахстана [3].

Уменьшение вредных выбросов и повышение эффективности котлов малой мощности на твердом топливе остается одной из важнейшей задач в ближайшей перспективе. Основными факторами, определяющими значимость данного вопроса, являются не только отказ от централизованного теплоснабжения и установка в новых зданиях индивидуальных отопительных котлов, но и отсутствие современных эффективных технических решений в технологиях сжигания твердого топлива. В итоге во многих городах небольшие по мощности котельные, вместе с автотранспортом, определяют степень загрязнения и уровень приземной концентрации токсичных веществ. Выброс в атмосферный воздух огромных объемов продуктов сгорания топлива от котлов малой мощности, промышленных печей, а также отходящих газов автомобилей изменяют состав

атмосферного воздуха, приближая концентрации вредных веществ до предельно допустимых значений по показателям воздействия на организм человека [4].

Большинство развитых стран пошли по другому пути, оптимизируя степень централизации, они сделали свой выбор на децентрализованное теплоснабжение. При таком подходе качество теплогенерирующего оборудования было значительно улучшено, повысились КПД, уровень его безопасности и автоматизации, экологические, эргономические, санитарно-гигиенические и другие показатели. Создана комплексная система учета потребления энергии всеми категориями потребителей. Внедрены альтернативные источники тепловой энергии. Нормативно-техническая база определялась и согласовывалась с потребностями и удобствами потребителя. В результате все эти меры позволили перейти на новый более качественный уровень энергосбережения во всех сферах экономики, в том числе в ЖКХ [3, 4, 5].

Для полноценной оценки значимости применения ископаемых углей сначала следовало бы обратить внимание на развитие процесса сжигания угля и состояние аппаратов, используемых для этой цели. Технология послойного сжигания твердого топлива и технические решения котлов со слоевыми топками появились во второй половине XIX - первой половине XX веков (в России это работы А.В. Вихрова, Л.К. Рамзина, В.Г. Шухова, Т.Т. Усенко и многих других) [6, 7]. В связи с переходом на сжигание твердого топлива в пылевидном состоянии, этот период дал определенный сбой в развитии слоевого сжигания твердого топлива. Ориентация на новое направление процессов горения снизила внимание к слоистому горению, что привело к технической задержке в этом вопросе.

В котлах малой мощности эта проблема решается другими способами в связи с особенностями условий их эксплуатации и небольшими размерами оборудования. Во-вторых, после принятия Закона Республики Казахстан «Об охране атмосферного воздуха» (от 11 марта 2002 г. №302) контроль над соблюдением экологических требований был усилен, что обусловило ужесточение нормативов по выбросу оксидов азота в атмосферу [8]. В-третьих, обслуживающий персонал, включая руководство промышленных и местных котельных, не имеет достаточной подготовки и квалификации для решения экономических и экологических проблем, возникших в последние годы. В технических журналах часто можно найти статьи по различным аспектам повышения эффективности и защиты атмосферы от вредных выбросов промышленных и районных котельных. Однако разрозненный и порой противоречивый характер этих публикаций не в полной мере удовлетворяет потребности работников жилищно-коммунального хозяйства в поиске современных технологий сжигания твердого топлива.

При проектировании котлов используются расчетные значения основных энергетических характеристик углей, таких как низшая теплотворная способность, выход летучих показателей, влажность, состав минеральных примесей, свойство остатков твердого топлива и содержание серы. Именно эти характеристики определяют экологические проблемы, сопутствующие сжиганию твердого топлива на котельных [9, 10].

Известно, что твердые выбросы в продуктах сгорания угольных котлов состоят главным образом из зольных частиц и недогоревшего углерода. Среднегодовая концентрация твердых частиц в воздухе городских районов колеблется в диапазоне от 0,04 до 0,4 мг/м³ [11].

Концентрация твердых частиц в дымовых газах после котла (перед золоуловителем) определяется зольностью топлива, а также способом и процессом сжигания. При сжигании отсортированного угля в слоевых топках только 15-30% топливной золы удаляется с продуктами сгорания [12].

К недостаткам конструкции твердотопливных котлов длительного горения следует отнести неэффективное сжигание топлива и ограниченный объем топки, что приводит к необходимости частой загрузки топлива. Кроме того, наблюдается относительно большой процент недожженного топлива, особенно с большим содержанием влаги и большой зольностью, что увеличивает себестоимость отопления [13, 14, 15].

Большинство объектов, особенно в сельской местности, в школах и детских садах снабжаются несколькими водогрейными котлами малой мощности типа КВТС – 0,2 для сжигания твердого топлива. Аналогичные котлы имеют камеру сжигания топлива в плотном слое и снабжаются колосниковой системой. Такие конструкции котлов после загрузки топлива не подвергаются управлению, поэтому следует производить загрузку с учетом температуры нагрева и при необходимости произвести догрузку топлива. Кроме того, котлы, снабженные колосниковой системой, требуют определенный запас вытяжки воздуха. После загрузки топлива особо мелкие

частицы топлива вместе с воздухом вытягиваются в атмосферу, образуя темную копоть вместе с выхлопным газом после загрузки. Оставшиеся мелкие частицы через колосниковую решетку попадают в зольник и безвозвратно удаляются вместе с золой. Таким образом, потеря твердого топлива в колосниковых котлах в зависимости от степени измельчения достигает до 10-15%.

Поэтому усовершенствование конструкции существующих или разработка новой конструкции котлов таких типов является актуальной задачей.

Материалы и методы исследования

В связи с вышеизложенным предлагается усовершенствованная конструкция котла для повышения эффективности сжигания топлива в плотном слое [16]. Разработанная камера сгорания и конструкция котла малой мощности в целом имеют ряд существенных отличий от существующего вида котлов.

В предлагаемом водогрейном котле топливо загружают в нижней части реакционной камеры которого, размещен ряд горизонтально установленных труб подачи воздуха с форсунками, что обеспечивает при исключении колосника потери мелких частиц топлива с экономией до 15-20%. Радиальные отверстия на вертикально установленных форсунках, которые могут быть выполнены в два ряда, позволяют направить поток воздуха в горизонтальном направлении по всему слою топлива и обеспечивают более полное сгорание загружаемого слоя топлива. Кроме того, исключаются потери особо мелких частиц топлива, уходящих с вытяжным воздухом, так как скорость вытяжного воздуха минимальная. За счет уменьшения скорости воздуха время теплоотдачи увеличивается, в режиме малого горения повышается эффективность котла.

Для этого в конструкции водогрейного твердотопливного котла, содержащего корпус и размещенные в нем камеру сгорания, емкостной теплообменник, заполненный водой, узел подачи воздуха, в соответствии со схемой в нижней части реакционной камеры размещен ряд горизонтально установленных труб подачи воздуха, соединенных с трубой-распределителем воздуха, связанной с вентилятором. При этом горизонтально установленные трубы подачи воздуха снабжены вертикально установленными форсунками с радиальными отверстиями (рисунок 1). Радиальные отверстия на форсунках выполнены в два ряда. В предлагаемом водогрейном котле, в нижней части реакционной камеры которого загружают топливо, размещен ряд горизонтально установленных труб подачи воздуха с форсунками, что обеспечивает при исключении колосника потерю мелких частиц топлива с экономией до 10-12%. Радиальные отверстия на вертикально установленных форсунках выполнены в два ряда, позволяют направить поток воздуха в горизонтальном направлении по всему слою. И это обеспечит более полное сгорание загруженного слоя топлива, за счет чего повышается КПД котла. Котел содержит корпус 1, камеру сгорания 2, емкостной теплообменник с водой 3, соединенную с патрубками подвода 4 и отвода 5 воды. В нижней части реакционной камеры 2 котла размещен ряд горизонтально установленных труб подачи воздуха 6, соединенных с трубой-распределителем воздуха 7, связанной с вентилятором 8 и электродвигателем 9. Горизонтально установленные трубы подачи воздуха 6 снабжены вертикально установленными форсунками 10 с радиальными отверстиями 11. В боковой части корпуса 1 выполнен проем 12 для загрузки топлива, очистки от золы, обслуживания камеры сгорания 2. В проеме 12 установлена герметичная дверца 13. Продукты сгорания удаляются из котла через патрубок 14. Водонагревательный твердотопливный котел работает следующим образом. Топливо в камеру сгорания 2 загружают через проем 12 выше уровня форсунок 10 на 5-10 мм. Подаваемый через трубы подачи 6 и форсунки 10 воздух поддерживает горение топлива. Топочные газы, поднимаясь по камере 2, нагревают теплоноситель – воду в емкостном теплообменнике 3. Нагретая вода выходит из котла по патрубку 5 отвода, взамен поступает по патрубку 4 подвода вода для нагрева. При достижении необходимой температуры в обогреваемом помещении отключают электродвигатель 9, и подача воздуха прекращается.

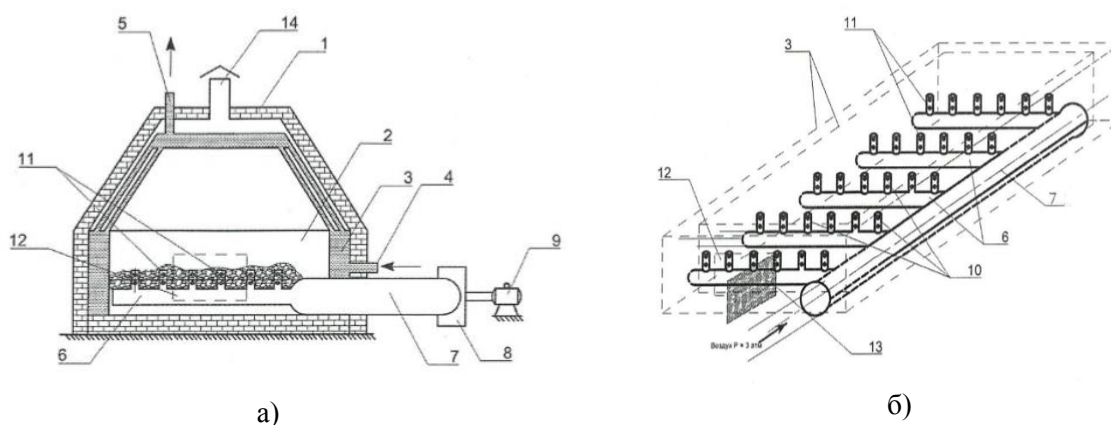


Рисунок 1– Вертикальный разрез котла (а) и размещение форсунок для подачи воздуха (б)

Для автоматического регулирования подачи воздуха с применением нагнетательного вентилятора была разработана функциональная схема, позволяющая автоматически включать и отключать двигатель вентилятора по сигналу термодатчика, установленного на линии подачи горячей воды в сети. Предлагаемая функциональная схема представлена в соответствии с рисунком 2.

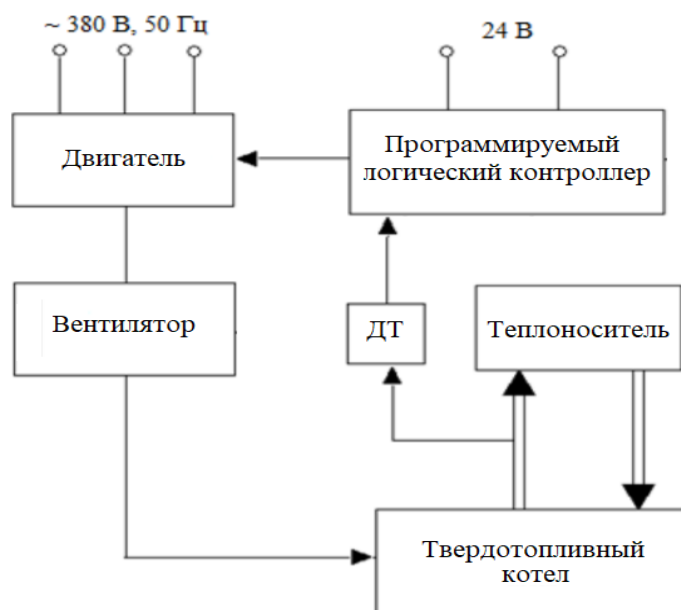


Рисунок 2 – Функциональная схема автоматической системы управления твердотопливного котла

Электрический сигнал от датчика температуры (ДТ), осуществляющего обратную связь в системе, передается программируемому логическому контроллеру (ПЛК), который сравнивает его с заданными значениями температуры, в соответствии с алгоритмом и режимом работы системы управления, и передает соответствующий управляющий сигнал электродвигателю вентилятора. В результате вентилятор включается или отключается, изменяя температуру в теплоносителе и соответственно регулируя подачу воздуха в топке.

Результаты работы

По предлагаемой схеме была реконструирована котельная, работающая для обогрева здания средней школы в с. Кок-Жайык Кокпектинского района Восточно Казахстанской области. В помещении котельной параллельно установлены 3 котла КВТС-0,2, которые работают параллельно. Загрузка угля производилась вручную, переоборудование было произведено в среднем котле, путем установки средств подачи воздуха.

Запускались все 3 котла одновременно с одинаковой загрузкой топлива. При достижении температуры воды на линии подачи необходимой температуры, в средний котел подача воздуха прекращалась путем отключения нагнетательного вентилятора. Процесс горения в топке котла прекращался. В топках необорудованных котлов продолжался процесс горения, и уменьшали процесс горения путем перекрытия дверцы колосников. Однако процесс горения в замедленном состоянии продолжался. При снижении температуры воды на линии подачи до допустимого минимального значения вентилятор включался в автоматическом режиме (по заранее регулируемому режиму). По завершении сжигания угля в двух крайних котлах загрузка свежим топливом не производилась. Работал реконструированный котел до полного сжигания топлива. По времени продолжительность работы реконструированного котла составляла на 30% больше, чем у стандартных котлов. По завершении горения разгружалась зола из всех топок одновременно, и процесс повторялся. Общий вид размещения форсунок для подачи воздуха и котельной представлен на рисунке 3.



а) б)
Рисунок 3 – Общий вид внутри топки (а) и котельной (б)

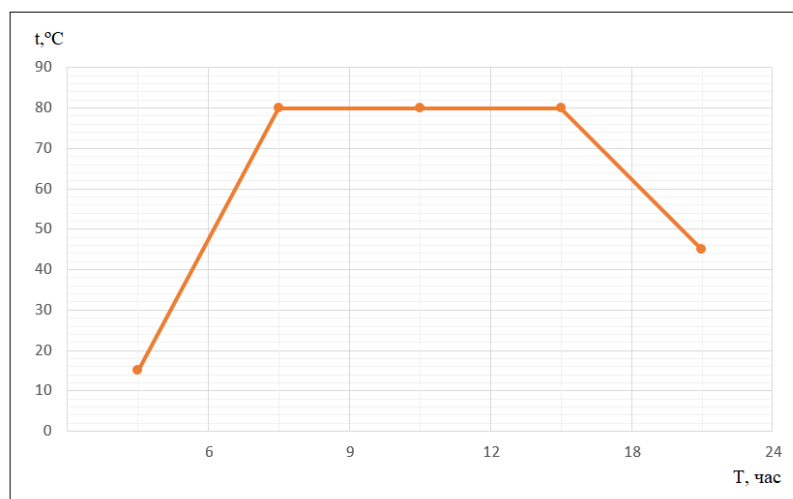


Рисунок 4 – График суточного изменения температуры воды

Выводы

1. На основании предварительно проведенного испытания усовершенствованного котла КВТС-02 по определению технико-экономической эффективности получены следующие показатели: уменьшение расхода топлива по сравнению стандартной на 25-30%; снижение выброса токсичных элементов на 15-20%.
2. Управление работой нагнетательного вентилятора позволяет поддерживать стабильную температуру в помещении в пределах $18-20^\circ\text{C}$ в режиме отопления автономного котла.
3. Реконструкция котла КВТС-02 за счет снижения скорости вытяжного воздуха, исключения потерь мелкодисперсных частиц угля через колосниковую решетку и управление процессом горения

угля в автоматическом режиме с помощью нагнетательного вентилятора, позволила достичь неравномерности температуры в помещении в пределах $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Литература

- [1] Гирусов Э. В. Энергетика человечества в глобальном измерении/ Век глобализации -2008.- №2.- С. 66–76. <https://www.socionauki.ru/journal/articles/129857/>
- [2] Национальный энергетический Доклад 2015. ОЮЛ «KAZENERGY», www.kazenergy.com
- [3] Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. Л.: Недра, 1988.312 с.
- [4] Ушаков В.Я., Харлов Н.Н., Чубик П.С.. Потенциал энергосбережения и его реализация на предприятиях ТЭК. Учебное пособие. Томск.: Изд-во ТПУ, 2015. – 283 с.
- [5] Ахмедов Р.Б., Цирульников Л.М. Технология сжигания горючих газов и жидких топлив. Л.: Недра, 1984. - 238 с.
- [6] Котлер В.Р. Оксиды азота в дымовых газах котлов, М.: Энергоатомиздат, 1987. -144 с.
- [7] Внуков А.К. Защита атмосферы от выбросов энергообъектов. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1992. - 176 с.
- [8] Закон Республики Казахстан от 11 марта 2002 года, № 302-III Об охране атмосферного воздуха.
- [9] Кривоногое Б.М. Повышение эффективности сжигания газа и охрана окружающей среды. Л.: Недра, 1986. 280 с.
- [10] Рихтер Л.А., Волков Э.П., Покровский В.Н. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов тепловых электростанций. М.: Энергоиздат, 1981. 296 с.
- [11] Котлер В.Р., Беликов СЕ. Промышленно-отопительные котельные: сжигание топлив и защита атмосферы. СПб.: Энерготех, 2001. 272 с.
- [12] Росляков П.В., Изюмов М.А. Экологически чистые технологии использования угля на ТЭС: Учеб. пособие - М.: Издательство МЭИ, 2003.-124 с.
- [13] Котлер В.Р., Резниченко Ю. Опыт фирмы ЕЕК (США) по снижению выбросов оксидов азота и сернистого ангидрида на пылеугольных котлах. /Теплоэнергетика, 1983, № 8, с. 69-72.
- [14] Павленко Ю.П. Парниковые газы (неточности и заблуждения). / Энергия: экономика, техника, экология, 2004, № 2, с. 42-43.
- [15] Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86 Госкомгидромет. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 93с.
- [16] Урмашев Б. А., Хазимов М. Ж., Идришев К. Ж., Касымбаев Б. М., Хазимов К. М.Патент на полезную модель РК №3368 Водогрейный твердотопливный котел. МКИ F23B 1/00. Опубл. 16.11.2018, бюл. №43.

LIST OF REFERENCES

- [1] Girusov E.H. V. Ehnergetika chelovechestva v global'nom izmerenii [Power of mankind in global measurement] /Vek globalizatsii -2008.-№2.-S. 66–76. - <https://www.socionauki.ru/journal/articles/129857/>
- [2] Natsional'nyj ehnergeticheskij Doklad 2015 [National power Report of 2015]. OYUL «KAZENERGY», www.kazenergy.com
- [3] Sigal I.Ya. Zashhita vozdushnogo bassejna pri szhiganii topliva [Protection of the air basin at combustion of fuel]. L.: Nedra, 1988, 312 s.
- [4] Ushakov V.Ya., Kharlov N.N., Chubik P.S.. Potentsial ehnergoberezheniya i ego realizatsiya na predpriyatiyakh TEK [Potential of energy saving and its realization at the enterprises FPC]. Uchebnoe posobie. Tomsk.: Izd-vo TPU, 2015. – 283 s.
- [5] Akhmedov R.B., TSirul'nikov L.M. Tekhnologiya szhiganiya goryuchikh gazov i zhidkikh topliv [Technology of combustion of combustible gases and liquid fuels]. L.: Nedra, 1984. -238 s.
- [6] Kotler V.R. Oksidy azota v dymovykh gazakh kotlov [Nitrogen oxides in combustion gases of coppers], M.: EHnergoatomizdat, 1987. -144 s.

- [7] Vnukov A.K. Zashhita atmosfery ot vybrosov ehnergoob"ektov. Spravochnik. M: EHnergoatomizdat, 1992. -176 s.
- [8] Zakon Respubliki Kazakhstan ot 11 marta 2002 goda, № 302-II Ob okhrane atmosfernogo vozdukha [About protection of atmospheric air].
- [9] Krivonogoe B.M. Povyshenie ehffektivnosti szhiganiya gaza i okhrana okruzhayushhej sredy [Increase in efficiency of combustion of gas and environmental protection]. L.: Nedra, 1986. 280 s.
- [10] Rikhter L.A., Volkov Eh.P., Pokrovskij V.N. Okhrana vodnogo i vozdushnogo bassejnov ot vybrosov teplovykh ehlektrostantsij [Protection of water and air basins from emissions of thermal power plants]. M.: Ehnergoizdat, 1981. 296 s.
- [11] Kotler V.R., Belikov SE. Promyshlennno-otopitel'nye kotel'nye: szhiganie topliv i zashhita atmosfery [Industrial and heating boiler houses: combustion of fuels and protection of the atmosphere]. SPb.: EHnergotekh, 2001. 272 s.
- [12] Roslyakov P.V., Izyumov M.A. Ehkologicheski chistye tekhnologii ispol'zovaniya uglya na TEHS [Environmentally friendly technologies of use of coal on thermal power plant]: Ucheb. posobie - M.: Izdatel'stvo MEHI, 2003.-124 s.
- [13] Kotler V.R., Reznichenko YU. Opyt firmy EEK (SSHA) po snizheniyu vybrosov oksidov azota i sernistogo ангидрида na pyleugol'nykh kotlakh [Experiment of EEK (USA) on decrease in emissions of nitrogen oxides and sulphurous anhydride on coal-dust coppers]. /Teploehnergetika, 1983, № 8, s. 69-72.
- [14] Pavlenko Yu.P. Parnikovye gazy (netochnosti i zabluzhdeniya) [Greenhouse gases (inaccuracies and delusions)]. / Ehnergiya: ehkonomika, tekhnika, ehkologiya, 2004, № 2, s. 42-43.
- [15] Metodika rascheta kontsentratsij v atmosfernom vozduke vrednykh veshhestv, soderzhashhikhsya v vybrosakh predpriyatij [Method of calculation of concentration in atmospheric air of the harmful substances which are contained in emissions of the enterprises]. OND-86 Goskomgidromet. L.: Gidrometeoizdat, 1987. 93s.
- [16] Urmashhev B. A., KHazimov M. ZH., Idrishev K. ZH., Kasymbaev B. M., KHazimov K. M. Patent na poleznuyu model' RK №3368 Vodogrejnnyj tverdotoplivnyj kotel [Water-heating solid propellant copper]. MKI F23B 1/00. Opubl. 16.11.2018, byul. №43.

СУДЫҢ РЕТТЕЛЕТІН ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ РЕЖИМІ НЕГІЗІНДЕ КӨМІРДІ ТОЛЫҚ ҚАБАТТЫ ЖАҒУ АРҚЫЛЫ КВТС-0,2 СУ ЖЫЛЫТУ ҚАЗАНДЫҒЫНЫҢ ЖҰМЫСЫН ЖЕТІЛДІРУ

Е.С. Умбетов^{1*}, К.М. Хазимов², А.Д. Погуляев¹, М.Ж. Хазимов^{1,2,3}

¹КеАҚ «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті», Алматы қ., Қазақстан

² КеАҚ «Қазақ ұлттық аграрлық университеті», Алматы қ., Қазақстан

³Әл-Фараби атындағы «Қазақ ұлттық университеті», Алматы қ., Қазақстан
e-mail: e.umbetov@au.es.kz

Андатпа. Мақалада көмір жағатын ыстық су қазандықтарында қатты отынды пайдалану мәселелері қарастырылды, қазбалы көмірде жұмыс істейтін ұқсас қазандықтардың жұмыс кемшіліктеріне талдау жасалды. Желдеткіштің көмегімен саңылаулар арқылы өтетін қабаттардағы қажетті ауа мөлшерін автоматты түрде реттеу арқылы, отынды толық қабатты күйде жағуға арналған ошақтың құрылымын жақсарту негізінде қазандықтың тиімділігін арттырудың өзектілігі көрсетілген. Ошақ құрылымының сызбасы және ауа беруді реттеудің автоматты жүйесінің қызметтік сызбасы келтірілген. Судың температуралық режимін реттегіші бар және жұмысы жетілдірілген КВТС-02 қазандығы үшін өткізілген сынау нәтижелері келтіріліп, қазандықтың тиімділігінің артуын көрсететін техникалық-экономикалық көрсеткіштер анықталған.

Түйін сөздер: ыстық су қазандығы, қатты отын, желдеткіш, автоматты жүйе.

IMPROVING THE OPERATION OF THE KVTS-0.2 WATER BOILER BY FULL-LAYER COMBUSTION OF COAL WITH A CONTROLLED WATER TEMPERATURE REGIME

Y.S. Umbetov¹, K.M. Khazimov², A.D. Pogulyaev¹, M.Z. Khazimov^{1,2,3}

¹Non-profit joint-stock company “Almaty University of Power Engineering and Telecommunications
named after Gumarbek Daukeev”, Almaty, Kazakhstan

²Non-profit joint-stock company “Kazakh National Agrarian University”, Almaty, Kazakhstan

³Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
e-mail: e.umbetov@aes.kz

Annotation. In the article, the questions about the use of solid fuel in hot water boilers are considered, an analysis of the disadvantages of similar boilers operating on fossil coal is carried out. The relevance of increasing the efficiency of the boiler by improving its design for combustion in full-bed mode is shown. This is due to the automatic regulation of the supply of the required amount of air layer by layer through the nozzles using a fan. Structural diagram of the furnace and functional diagram of the proposed automatic air supply control system are presented. The results of the test carried out for the improved KVTS-02 boiler with controlled temperature conditions are presented. Technical and economic indicators, which indicate an increase in the efficiency of the boiler, have been determined.

Key words: Hot water boiler, solid fuel, ventilator, automatic system.



МРНТИ 44.29.39

СНИЖЕНИЕ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ПЕЧИ ДСП-3А КОМПЕНСАЦИЕЙ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Е.А. Абдрахманов*, Р.М. Нигматуллин

Некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», г. Алматы, Казахстан
e-mail: e.abdrakhmanov@aes.kz

Аннотация. На основе проведенных исследований резервов экономии потребляемой электроэнергии дуговой печи ДСП-3А для компенсации ее реактивной мощности выбрана высоковольтная регулируемая батарея конденсаторов типа УКРЛ(П)56-6,3-600-300УЗ. Компенсация потребляемой реактивной энергии ДСП-3А позволяет снизить ее с 1800 кВар до 600 кВар, увеличить коэффициент мощности до 0,99. За счет снижения загрузки питающей сети и потерь в ней снижается расход электроэнергии и появляется возможность замены кабеля АСБ-(3х240) на более меньшее сечение АСБ-(3х120). В конечном счете, компенсация реактивной мощности дуговой печи ДСП-3А позволяет снизить расходы на оплату электроэнергии и подключить дополнительную нагрузку.

Ключевые слова: дуговая печь ДСП-3А, компенсация реактивной мощности, устройство компенсации реактивной мощности, снижение потерь, снижение расхода электроэнергии.

Введение

В настоящее время энергосберегающие и повышающие энергоэффективность мероприятия относятся к стратегическим задачам нашего государства, требующим реализацию ряда организационных, технических, технологических, экономических мероприятий, направленных на экономию потребляемых энергетических ресурсов [1,2].

В области электроэнергетики предусмотрено уменьшение энергоемкости внутренней валовой продукции не менее 25 % к 2020 году, не менее 40 % к 2020 году по сравнению ее значением 2008 года [3].

Алматинский завод тяжелого машиностроения для выплавки стали и чугуна эксплуатирует дуговые сталеплавильные печи типа ДСП-1,5 и ДСП-3А, мощностью 1,5 и 3.0 МВА соответственно. Данные печи являются энергоемкими и для них характерны резкопеременные электрические режимы (напряжение, ток, мощность) работы. Доля потребляемой электроэнергии этими двумя печами составляет (11-37) % суточного потребления электроэнергии всего предприятия [4].

Поэтому сокращение расхода электроэнергии потребляемой дуговыми сталеплавильными печами ДСП-1,5 и ДСП-3А является актуальной задачей завода, которая требует выявления и реализацию их резервов по экономии электропотребления.

В технологии производства стали на ДСП используются различные пути снижения расхода электроэнергии, реализующиеся как специальными организационными, так и техническими мероприятиями, за счет уменьшения угара металла и использования оптимальных электрических и технологических процессов плавки. Снижение угара достигается помещением шихты в загрузочную емкость, принимая во внимание насыпную плотность ее компонентов, загрузкой охлаждающих окатышей, шлакообразующего материала, размельченного лома и др. в подэлектродные зоны горения дуг и места подачи кислорода в ванну с образованием жидкой ванны расплава, обдувом ванны кислородом с распространением зон протекания окислительных реакций окисления жидкой стали по всему объему ванны, дополнительным перемешиванием стали, сливом расплава с пониженной температурой [5,6].

ДСП является наиболее неблагоприятной электрической установкой, которой характерен ряд отрицательных влияний на электроснабжающую сеть: повышенный уровень средней реактивной мощности ($\cos\phi$ менее 0,7); резкопеременный случайный колебательный характер реактивной мощности; несимметричное распределение нагрузки по фазам, генерация высших гармоник токов и напряжений и др. Такое воздействие вызывает в подводящей сети колебания напряжения (фликер), продолжительные отклонения (или просадки) напряжения, асимметричность по фазам и искажение синусоидальности формы кривой напряжения. Для устранения перечисленных отрицательных воздействий и снижения качества электроэнергии на питающие шины ДСП подключается установка компенсации реактивной мощности, которая позволяет сократить время расплавления шихты, повысить производительность печи и снизить расход активной электроэнергии на тонну продукции [7].

В дуговых печах применение установок компенсации реактивной мощности имеет свои особенности, связанные с резкопеременностью нагрузки и для оптимального решения требует правильного подхода и тщательного анализа данных [8].

Применение компенсирующих реактивную мощность устройств позволяет достигнуть увеличения мощности ДСП [9].

Компенсация реактивной мощности требует рассмотрения ряда специфических вопросов, характерных для каждой установки [10].

Одним из важных вопросов является технико-экономическое сравнение различных типов компенсирующих устройств для дуговых сталеплавильных печей [11].

Материалы и методы

В результате собственных исследований процесса плавки стали в дуговой печи ДСП-3А малой мощности было установлено, что печь потребляет значительную реактивную электрическую энергию, которая изменяется на различных стадиях плавки от 50 до 75% активной электрической энергии [4].

В таблице 1 и на рисунках 2 и 3 представлены значения и графики активной и реактивной электроэнергии, потребляемые ДСП-3А при выплавке стали в течение смены.

Таблица 1 – Результаты плавки стали на печи ДСП-3А

Время плавки, час	Расход активной эл.энергии, кВт час	Расход реак. эл. энергии, кВар час	Вес загружаемого лома, кг	Вес сливаемой стали, кг	Уд. расход эл.энергии, кВт час/т	Стадии плавления
23.00	0	0				Начало плавки
00.00	1 080	720				Процесс плавки
00.25	360	-				Загрузка лома
01.00	720	720				Процесс плавки
01.40	1 080	360				Выпуск стали
Итого	3 240	1 800	5075	4800	675	
02.04	0	0				Начало плавки
03.00	1 440	1080				Процесс плавки
04.00	1 440	720				Выпуск стали
Итого	2 880	1800	3894	3600	800	

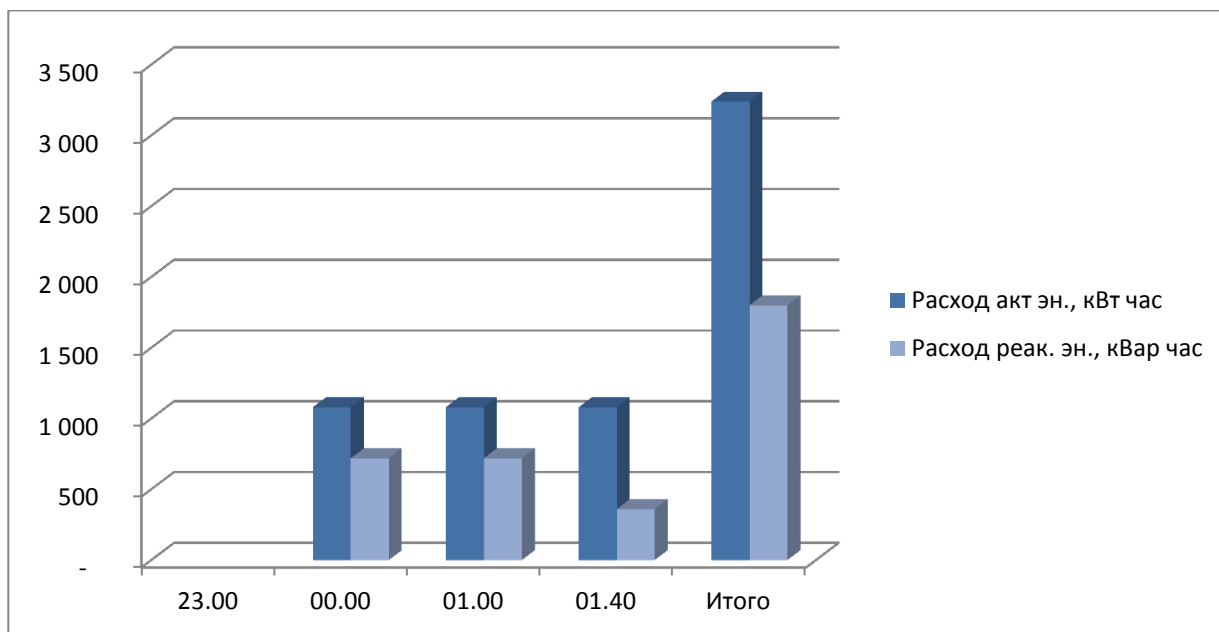


Рисунок 3 – Активная и реактивная электрическая энергия печи ДСП-3А в течение 1 плавки смены

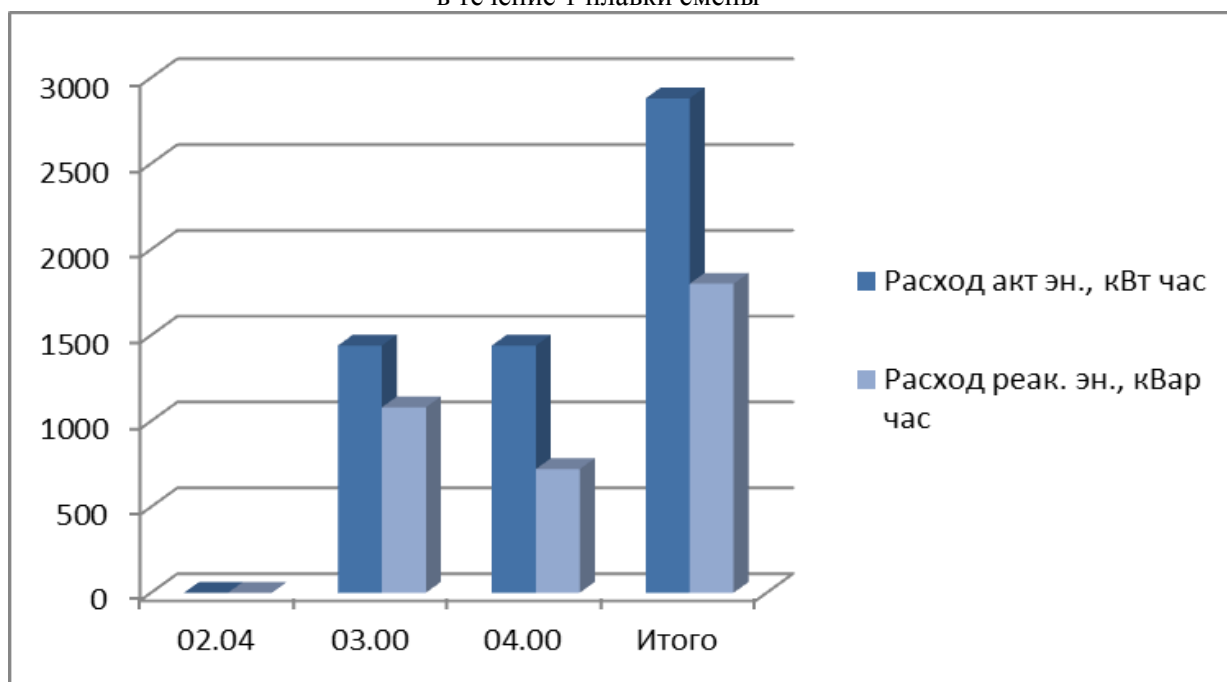


Рисунок 4 – Активная и реактивная электрическая энергия печи ДСП-3А в течение 2 плавки смены

Потребление активной электроэнергии печью ДСП-3А в течение смены в зависимости от объема сливаемого расплава 3600-4800 кг изменяется в пределах 2880-3240 кВт час, а реактивной составляет 1800 кВар час. Сопоставление потребляемых печью активной и реактивной электрической энергии показывает, что доля реактивной электрической энергии существенна и изменяется в пределах от 50 до 75 % активной электрической энергии. При этом удельный расход электроэнергии на выплавку стали составляет 675- 800 кВт час/т.

Для сокращения потребляемой печью ДСП-3А реактивной электрической энергии была применена ее емкостная компенсация с помощью автоматической регулируемой батареи конденсаторов. Выбор необходимой мощности компенсирующей установки требует определения базовой и превышающую ее (регулируемую) реактивной мощности.

Базовая реактивная мощность печи $Q_{\text{Кбаз}}$ соответствует реактивной нагрузке печи ДСП-3А в часы минимума реактивных нагрузок. Регулируемая реактивная мощность $Q_{\text{Крег}}$, берется по значению в часы максимальных нагрузок печи.

По результатам проведенных исследований базовая реактивная мощность $Q_{\text{Кбаз}} = 360$ кВАр, а регулируемая - $Q_{\text{Крег}} = 1080$ кВАр.

Учитывая, что печь ДСП-3А - специфический потребитель, характеризующийся резкопеременной нагрузкой, принят к использованию высоковольтная установка батарей конденсаторов типа УКРЛ(П)56-6,3-600-300У3 мощностью 600 кВАр с возможностью автоматического регулирования, параметры которой представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Параметры высоковольтной регулируемой установки для компенсации реактивной мощности [8].

Тип	УКРЛ(П)56-6,3-600-300У3
Номинальная мощность, кВ	600
Мощность минимальной ступени регулирования, кВАр	300
Напряжение, кВ	6,3
Габариты ДхШхВ	800х2400х1800
Масса, кг	650

Высоковольтная установка для компенсации реактивной мощности УКРЛ(П)56-6.3-600-300У3

Высоковольтная регулируемая установка для компенсации реактивной мощности УКРЛ(П)56-6,3 выпускается для увеличения коэффициента мощности промышленных потребителей реактивной мощности и электрических сетей распределения переменного тока напряжением 6-10 кВ и частотой 50 Гц.

Значение некомпенсированной реактивной мощности в различных режимах вычисляется по формуле:

$$Q_{\text{некомп}} = Q_{\text{Кбаз}} - Q_{\text{Кбазвбк}} = 360 - 300 = 60 \text{ кВАр};$$

$$Q_{\text{некомп}} = Q_{\text{Кбаз}} - Q_{\text{Кбазвбк}} = 1080 - 600 = 480 \text{ кВАр}.$$

Результаты расчета активной, реактивной и полной мощностей ДСП-3А за смену, получаемые после компенсации реактивной мощности, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные по активной, реактивной и полной мощностям печи ДСП-3А за смену после компенсации реактивной мощности

Время, час	P, кВт	Q, кВт	S, кВА	cos f
00.00	1080	120	1086,6	0,994
00.25	360	0	360,0	1,000
01.00	720	120	729,9	0,986
01.40	1080	60	1081,7	0,998
Итого	3240	300	3258	
03.00	1440	480	1517,9	0,949
04.00	1440	120	1445,0	0,997
Итого	2880	600	2963	

Результаты компенсации реактивной мощности ДСП-3А

Графики активной и реактивной энергии ДСП-3А после компенсации реактивной мощности представлены на рисунках 5,6.

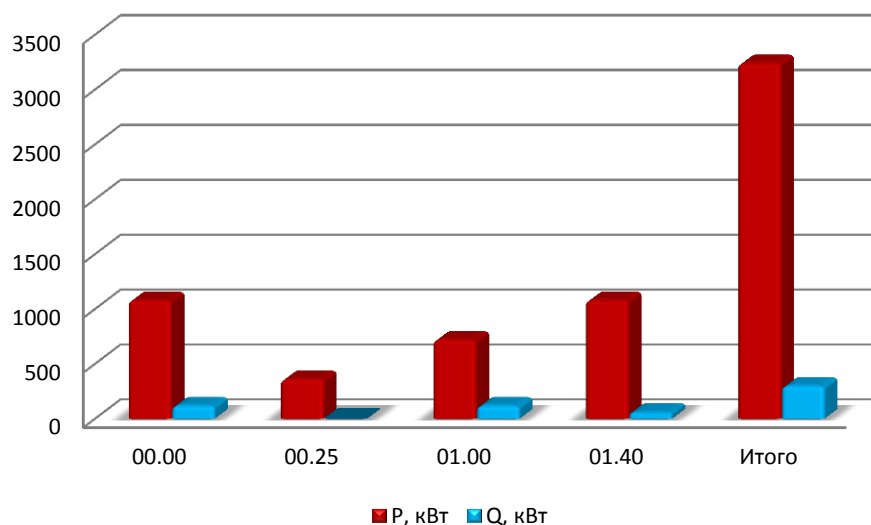


Рисунок 5 –Активная и реактивная мощности ДСП-3А в течение 1 плавки смены после компенсации реактивной мощности

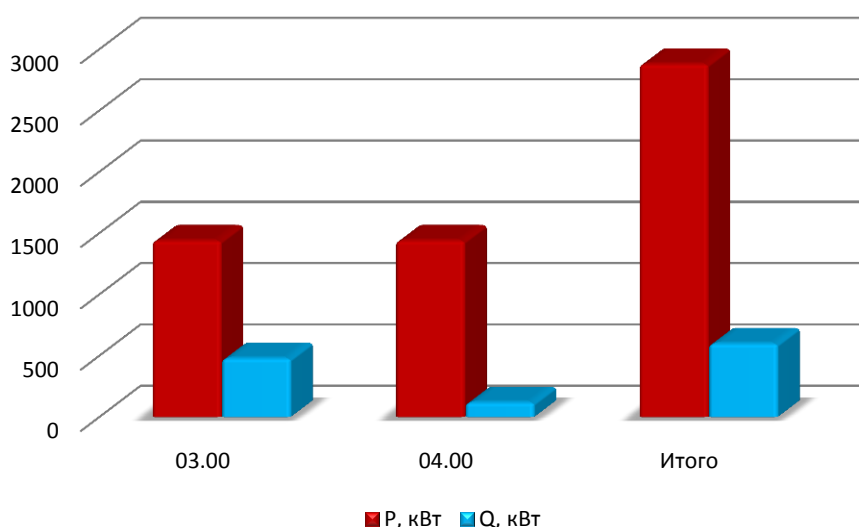


Рисунок 6 –Активная и реактивная мощности ДСП-3А в течение плавки смены после компенсации реактивной мощности

Высоковольтная конденсаторная установка УКРЛ(П)56-6,3 с возможностью регулирования позволяет сохранять необходимый коэффициент мощности в часы максимума и минимума нагрузок в узле энергосети, также не допускает нарушения режима генерации реактивной мощности (т.е. «перекомпенсацию»). Кроме того, применение данного компенсатора реактивной мощности позволяет автоматически поддерживать точный баланс реактивной мощности в сети, снизить загрузку на линиях электроснабжения, трансформаторах и распределительных устройствах, обусловленных транспортировкой реактивной мощности, а также стабилизировать напряжение в узлах электропитания. В результате уменьшаются расходы на оплату электроэнергии и появляется возможность подключения дополнительной нагрузки.

Кроме того, за счет снижения реактивной мощности дуговой печи и токовой нагрузки можно снизить сечение питающего печь кабеля АСБ-(3х240) с $I_{доп}=351\text{ А}$.

Условие выбора экономического сечения высоковольтного кабеля выражается формулой:

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}}$$

где $j=1,4$ А/мм² нормированное значение экономической плотности тока при $T_m = 4000$ час и 2-х сменной работе предприятия.

Полная мощность печи ДСП-3А, вычисляемая по активной и реактивной мощности без и с компенсацией реактивной мощности, составляет:

$$S_{\text{рДСП}} = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{1440^2 + 1080^2} = 1800, \text{ кВА};$$

$$S_{\text{рДСП}} = \sqrt{P_p^2 + (Q_p - Q_{\text{ВВК}})^2} = \sqrt{1440^2 + (1080 - 600)^2} = 1518 \text{ кВА};$$

Расчетный ток, протекающий по питающему печь ДСП-3А кабелю:

$$I_p = \frac{S_{\text{рДСП}}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{1518}{\sqrt{3} \cdot 6} = 146 \text{ А};$$

Сечение кабеля, соответствующее экономической плотности тока:

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} = \frac{146}{1,4} = 104 \text{ мм}^2;$$

Данному значению тока удовлетворяет кабель АСБ- (3х120) с $I_{\text{доп}} = 234 \text{ А}$, $I_{\text{доп.к.з.}} = 10,16 \text{ кА}$.

Выводы

На основе проведенных исследований резервов экономии потребляемой электроэнергии дуговой печи ДСП-3А установлено, что расход активной электроэнергии в отдельных плавках в смену зависимости от объема выплавляемой стали от 3600 до 4800 кг изменяется в пределах 2880-3240 кВт час, реактивной – 1800 кВар час. Сопоставление потребляемых активной и реактивной электрической энергии показывает, что доля потребляемой реактивной электрической энергии существенна и составляет от 50 до 75 % активной электрической энергии. При этом удельный расход электроэнергии на выплавку стали составляет 675- 800 кВт час/т.

Для компенсации реактивной мощности печи ДСП-3А рассчитана и выбрана высоковольтная регулируемая батарея конденсаторов типа УКРЛ(П)56-6,3-600-300У3, позволяющая:

- снизить потребляемую в смену дуговой печью ДСП-3А реактивную энергию с 1800 кВар до 600 кВар, увеличить коэффициент мощности до 0,99;
- снизить загрузку питающей сети и потери, тем самым сократить расход электроэнергии и заменить кабель АСБ-(3х240) на кабель более меньшего сечения АСБ-(3х120).

Таким образом, компенсация реактивной мощности дуговой печи ДСП-3А малой мощности в конечном счете позволяет снизить расходы на оплату электроэнергии и подключить дополнительную нагрузку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541-IV «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности».
- [2] «Энергосберегающие мероприятия в электроприводе и электротехнологии». Приказ Председателя Комитета государственного энергетического надзора Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан от «24» ноября 2010 года №117-П.
- [3] Программа "Энергосбережение - 2020" (изменения на 29 августа 2013). Постановление Правительства Республики Казахстан от 29 августа 2013 года № 904.
- [4] Абдрахманов Е.А. Исследование резервов энергосбережения электродуговой печи ДСП-3А при выплавке стали // Материалы XLIV Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика». Том 1. Алматы: КазАТК, -2020, с.134-137.
- [5] Ровин Л.Е., Ровин С.Л. Сокращение расхода электроэнергии при плавке чугуна и стали // Литье и металлургия. № 3(72), 2013, с.18-31.

[6] Шишимиров М.В., Сосонкин О.М. Ресурсосбережение и резервы повышения эффективности выплавки стали в ДСП / Bulletin of the South ural State University. Ser. Metallurgy. 2015. Vol.15, no.3, pp.70-79.

[7] Корнилов Г.П., Николаев А.А., Пястолова Д.Ю. Техничко-экономическое сравнение компенсирующих устройств для дуговых сталеплавильных печей широкого класса мощности. Электротехнические системы и комплексы. – 2016, с.1-5.

[8] Подбор установки КРМ для дуговой печи ДСП-1,5. Доступно по адресу: <https://khomovelectro.ru/articles/podbor-ustanovki-krm-dlya-dugovoy-pechi-dsp-1-5.html> (по состоянию 29.08.2020 г.).

[9] Nikolaev A.A., Kornilov G.P., Anokhin V.V. Increasing the power of electric arc furnace using compensating devices Том: 2, Номер: 3 Год: 2015 с. 3-7/ Электротехника: сетевой электронный научный журнал. Издательство: Радионов Андрей Александрович. eISSN: 2313-8742.

[10] Высоковольтный компенсатор реактивной мощности УКРЛ(П)56-6.3-600-300У3. Доступно по адресу: <https://www.ruspromelt.ru/cat/model.php?m=6&i=42> (по состоянию 29.09.2020 г)

[11] Николаев А.А., Корнилов А.А., Зайцев А.С., Скакун С.В., Урамнаова Ф.Ф. Разработка фильтрокомпенсирующего устройства дуговой сталеплавильной печи // Электрооборудование: Эксплуатация и ремонт, 2015. № 5/6. с. 58-63.

[12] Корнилов Г.П., Николаев А.А., Шемотов А.Н., Храмшин А.Н., Храмшин В.Р., Медведев А.Г. /Компенсирующие устройства в системах промышленного электроснабжения, Магнитогорск: МГТУ, 2012, 235 с.

LIST OF REFERENCES

[1] Zakon Respubliki Kazakhstan ot 13 yanvarya 2012 goda № 541-IV «Ob energosberezhenii i povyshenii energoeffektivnosti» [Law of the Republic of Kazakhstan dated January 13, 2012 No. 541-IV "On energy conservation and energy efficiency"].

[2] «Energosberegayushchiye meropriyatiya v elektroprivode i elektrotekhnologii». Prikaz Predsedatelya Komiteta gosudarstvennogo energeticheskogo nadzora Ministerstva industrii i novykh tekhnologiy Respubliki Kazakhstan ot «24» noyabrya 2010 goda №117-П. ["Energy saving measures in electric drive and electrical technology". Order of the Chairman of the State Energy Supervision Committee of the Ministry of Industry and New Technologies of the Republic of Kazakhstan dated November 24, 2010 No. 117-П].

[3] Programma "Energosberezheniye - 2020" (izmeneniya na 29 avgusta 2013). Postanovleniye Pravitelstva Respubliki Kazakhstan ot 29 avgusta 2013 goda № 904. [Program "Energy Saving - 2020" (changes as of August 29, 2013). Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated August 29, 2013 No. 904].

[4] E.A. Abdrakhmanov. Issledovaniye rezervov energosberezheniya elektrodugovoy pechi DSP-3A pri vyplavke stali. [Research of reserves of energy saving of electric arc furnace ДСП-3А during steel smelting] // Materials of XLIV International scientific-practical conference "Innovative technologies in transport: education, science, practice". Volume 1. KazATK, -2020. - pp. 134-137.3.

[5] L.E. Rovin, S.L. Rovin. Sokrashcheniye raskhoda elektroenergii pri plavke chuguna i stali. [Reduction of electricity consumption when melting iron and steel] // Casting and metallurgy. No. 3 (72), 2013. p.18-31.

[6] Shishimirov M.V., Sosonkin O.M. Resursosberezheniye i rezervy povysheniya effektivnosti vyplavki stali v DSP. [Resource saving and reserves for increasing the efficiency of steel smelting in EAF]. Bulletin of the South ural State University. Ser. Metallurgy. 2015. Vol.15, no.3, pp.70-79.

[7] Kornilov G.P., Nikolaev A.A., Pyastolova D.Yu. Tekhniko-ekonomicheskoye sravneniye kompensiruyushchikh ustroystv dlya dugovykh staleplavil'nykh pechey shirokogo klassa moshchnosti. [Technical and economic comparison of compensating devices for electric arc furnaces of a wide power class]. Electrical systems and complexes. - 2016, p. 1-5.

[8] Podbor ustanovki KRM dlya dugovoy pechi DSP-1,5. [Selection of the KRM installation for the arc furnace ДСП-1,5]. Available at: <https://khomovelectro.ru/articles/podbor-ustanovki-krm-dlya-dugovoy-pechi-dsp-1-5.html> (date of treatment 08/29/2020).

[9] Nikolaev A.A., Kornilov G.P., Anokhin V.V. Increasing the power of electric arc furnace using compensating devices Volume: 2, Number: 3 Year: 2015 с. 3-7 / Electrical engineering: network electronic scientific journal. Publisher: Radionov Andrey Alexandrovich. eISSN: 2313-8742.

[10] Vysokovoltный kompensator reaktivnoy moshchnosti UKRL(P)56-6.3-600-300U3. [High-voltage reactive power compensator UKRL (P) 56-6.3-600-300U3]. Available at: <https://www.ruspromelt.ru/cat/model.php?m=6&i=42>. (Date of treatment 09/29/2020).

[11] Nikolaev A.A., Kornilov G.P., Zaitsev A.S., Skakun S.V., Urmanova F.F. Razrabotka filtrokompensiruyushhego ustroystva dugovoy staleplavilnoy pechi [Design of Filter Compensating Device in Electric Arc Steel-making Furnace]. Elektrooborudovaniye: ekspluatatsiya i remont [Electric equipment: maintenance and repair], 2015. no.5 / 6, pp. 58-63.

[12] Kornilov G.P., Karandaev A.S., Nikolaev A.A., Shemetov A.N., Khramshin T.R., Khramshin V.R., Medvedev A.G. Kompensiruyushhie ustroystva v sistemah promyshlennogo elektrosnabzheniya [Compensating Devices for Industrial Power Systems], Magnitogorsk: MGUTU, 2012, 235 p.

РЕАКТИВТІ ҚУАТТЫ ӨТЕУ АРҚЫЛЫ ЭЛЕКТР ДОҒАЛЫ ДСП-3А ПЕШІНІҢ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯ ШЫҒЫНЫН АЗАЙТУ

Е.А. Абдрахманов, Р.М. Нығматуллин

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Алматы, Қазақстан
электрондық пошта: e.abddrakhmanov@aes.kz

Аңдатпа. ДСП-3А доғалы пешінің тұтынылатын электр энергиясын үнемдеу қорларын зерттеу негізінде оның реактивті қуатын өтеу үшін УКРЛ (P) 56-6.3-600-300U3 типті жоғары вольтты реттелетін конденсатор батареясы таңдалды. ДСП-3А пешінің тұтынылатын реактивті энергиясын өтеу оны 1800 кВар сағ 600 кВар сағ дейін төмендетуге, қуат коэффициентін 0,99-ға дейін көтеруге, мүмкіндік береді. Қоректендіруші желінің жүктемесін және ондағы шығындарды азайту арқылы электр энергия шығыны азаяды және АСБ-(3х240) кабелін АСБ- (3х120) кабеліне ауыстыру мүмкін болады. Нәтижесінде ДСП-3А доғалы пешінің реактивті қуатын өтеу электр энергиясына және қосымша жүктемені қосуға төленетін шығындарды азайтуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: ДСП-3А доғалы пеш, реактивті қуатты өтеу, реактивті қуатты өтеу құрылғысы, шығынды азайту, электр энергиясын тұтынуды азайту.

REDUCING ELECTRICITY CONSUMPTION ON THE ELECTRIC ARC FURNACES ДСП-3А WITH REACTIVE POWER COMPENSATION

Е.А. Abdrakhmanov, R.M. Nigmatullin

Non-profit joint-stock company “Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev”, Almaty, Kazakhstan
e-mail: e.abddrakhmanov@aes.kz

Annotation. On the basis of the conducted studies of the reserves of saving the consumed electric power of the DSP-3A arc furnace, a high-voltage adjustable capacitor bank of the UKRL (P) 56-6.3-600-300U3 type was selected to compensate for its reactive power. Compensation of consumed reactive energy DSP-3A allows to reduce it from 1800 kvar to 600 kvar. This will increase the power factor to 0.99. By reducing the load of the supply network and losses in it, the power consumption is reduced. Also, the possibility of replacing the ASB- (3x240) cable with a smaller section of the ASB- (3x120 appears). Ultimately, the compensation of the reactive power of the DSP-3A arc furnace allows you to reduce the cost of paying for electricity and connect an additional load.

Key words: arc furnace ДСП-3А, reactive power compensation, reactive power compensation device, loss reduction, power consumption reduction.



МРНТИ 44.29.39

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСВЕЩЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМИ И СВЕТОДИОДНЫМИ СВЕТИЛЬНИКАМИ

Д.Е. Смирнов¹, Е.А. Абдрахманов*², Б.Ж. Мустагулова²

¹ТОО «Increase Food»

²Некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи
имени Гумарбека Даукеева», г. Алматы, Казахстан
e-mail: e.abddrakhmanov@au.es.kz

Аннотация. Проведено сравнительное исследование применения светодиодных светильников ASTZ ДВО 04-36-001 PRS взамен люминесцентных ASTZ T8 ЛВО09-4х18-011 RS в инженерно-техническом помещении. Проведен расчет светораспределения и 3D-визуализация с использованием фиктивных цветов в обоих вариантах освещения. При использовании светодиодных светильников электропотребление в 2 с лишним раза меньше, освещенность в рабочей зоне помещения более равномерная, чем при использовании люминесцентных светильников. Срок окупаемости светодиодных светильников за счет экономии электропотребления составляет 3,7 года.

Ключевые слова: люминесцентный светильник, светодиодный светильник, энергосбережение, освещенность, 3D-визуализация, фиктивный цвет.

Введение

В свете государственной политики энергосбережения и повышения энергоэффективности модернизация существующих энергозатратных осветительных систем применением LED-ламп и светильников, а также выбором качественных осветительных приборов является актуальной задачей.

Затраты на освещение в среднем составляют 30% всех расходов на электроэнергию. Современные энергоэффективные системы освещения позволяют снизить затраты на освещение и улучшить световые характеристики помещения. Это комплекс инженерных и световых решений, включающий предварительный анализ помещения для наиболее рационального размещения светильников, подбор энергосберегающих ламп и светильников, современную оптику, датчики присутствия, «умную» систему управления светом. Подобные системы потребляют в среднем в 2 раза меньше электроэнергии, повышают работоспособность на 10-15%. Окупаются в среднем за 3-5 лет при нынешнем уровне тарифов на электроэнергию [1, 2].

Использование светодиодных ламп на различных объектах имеет свои особенности [3].

На всех объектах важна достаточность и равномерность подачи света, которая гарантирует снижение травматизма и улучшает условия труда на производстве. Также важны экологичность осветительных приборов, их уровень пожаробезопасности и удобство обслуживания [4].

Замена в определенном осветительном приборе лампы одного типа на лампу другого типа в совокупности с нестабильным напряжением приводит к изменению распределения силы света, что может потребовать корректировки схем расположения осветительных приборов (количества световых точек для ламп накаливания и светодиодных ламп, а для компактных люминесцентных ламп - еще и высоты подвеса) [5]. При этом также важен здоровьесберегающий аспект ламп освещения [6].

Материалы и методы

С целью модернизации системы освещения с обеспечением качества искусственного света и снижения электропотребления в ТОО «Increase Food» была произведена ревизия осветительных систем во всех помещениях.

Структура осветительных приборов, используемых ТОО «Increase Food», представлена на рис.1 [7].

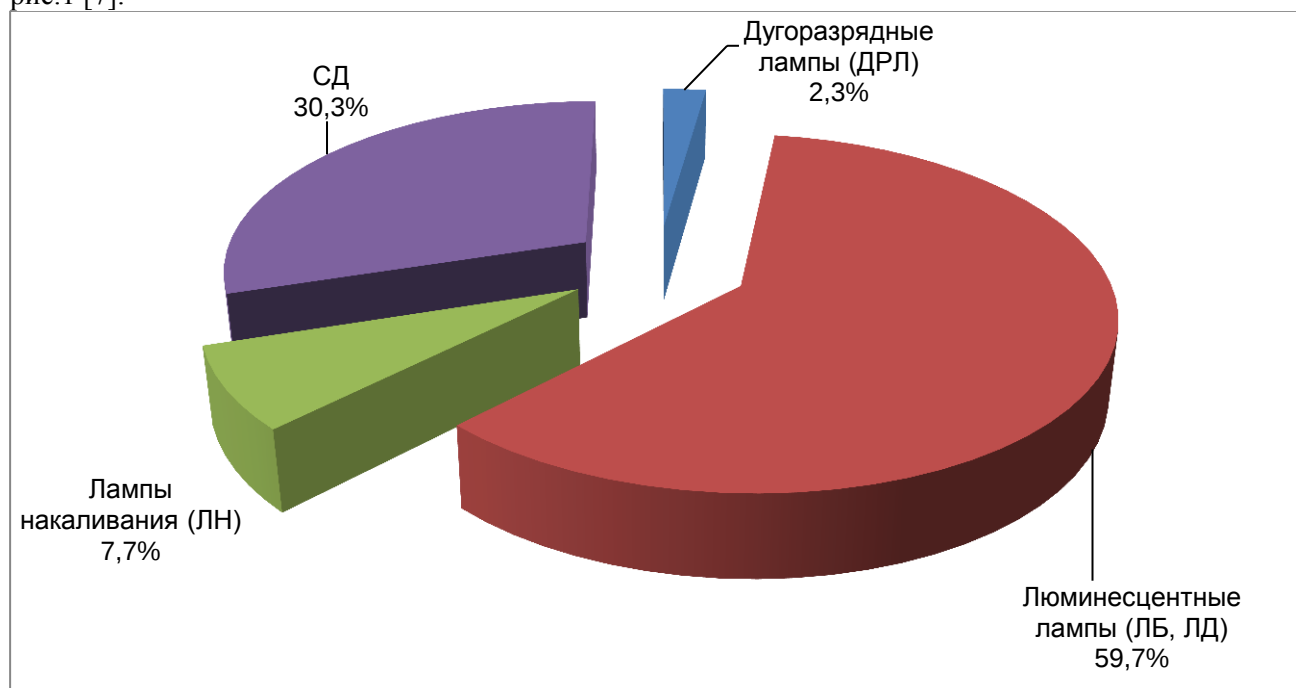


Рисунок 1 – Структура осветительных приборов

Как видно из рисунка 1, на предприятии используются преимущественно люминесцентные (59,7%) и светодиодные (30,3 %) лампы, также применяются неэкономичные источники освещения, такие как лампы накаливания (7,7%) и ДРЛ (2,3%). Время средней работы осветительных приборов составляет 720-6300 часов в год. Дежурное освещение работает круглосуточно и круглогодично в течение 8760 часов.

Исходя из изложенного, в данной работе проведено сравнительное исследование применения светодиодных светильников взамен люминесцентных в инженерно-техническом помещении с размерами: длина – 9 м; ширина – 9 м; высота – 3 м. Количество и размещение светильников, необходимое для освещения помещения, принято следующее: $4 \times 4 = 16$ шт. Рассмотрены светильники: светодиодный 36 Вт; люминесцентный – 4x18 Вт.

Согласно нормативной освещенности, установленной СНиП РК 2.04-05-2002* – «Искусственное и естественное освещение» по типу помещения, норма освещенности равна $E=400$ Лк, коэффициент запаса с учетом средней загрязненности помещения $k_3=1,4$ с учетом высоты помещения 3 метра [8].

Расчет освещения проводили с помощью функциональной программы DIALux, используемой для проектирования внутреннего и внешнего освещения. Программа позволяет в интерактивном режиме планировать размещение светильников, цветовых фильтров, окрашенных материалов и просматривать получившиеся сцены в виде фотореалистичных 3D-моделей [9].

План помещения представлен на рисунке 2.

В качестве люминесцентного светильника выбран ASTZ T8 ЛВО09-4x18-011 RS, представленный на рис.3 [10].

Технические характеристики:

Сеть питания: 220 В, 50 Гц.

Тип источника света: люминесцентная лампа.

Световой поток: 4800 Лм.

Мощность светильников: 72,0 Вт.

Комплектация: 4 x ЛЛ T8 G13, 18Вт, 1200 Лм.

Результаты расчета светораспределения приведены на рис. 4, а на рис.5 - 3D-визуализация с использованием фиктивных цветов.

Отображение освещаемого участка в фиктивных цветах позволяет оценить качество

освещения и точно определить недосвеченные или пересвеченные зоны при их наличии.

Анализ результатов расчетов показывает, что имеет место переосвещенность до 560 Лм в средней части помещения, убывающая до 400 Лм у его стен и до 320 в углах.

Выбранные

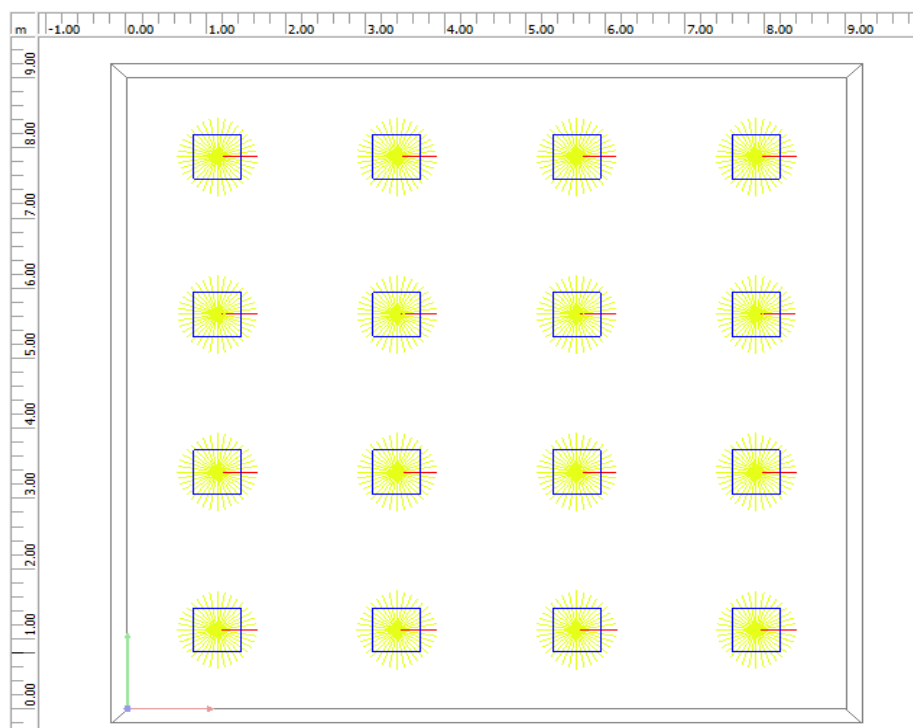


Рисунок 2 – План помещения и схема размещения светильников

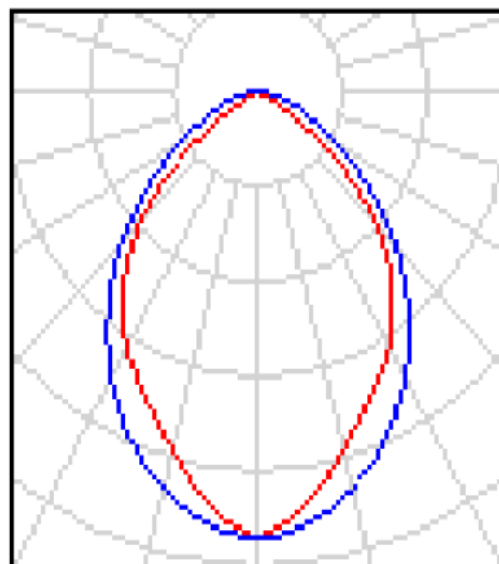
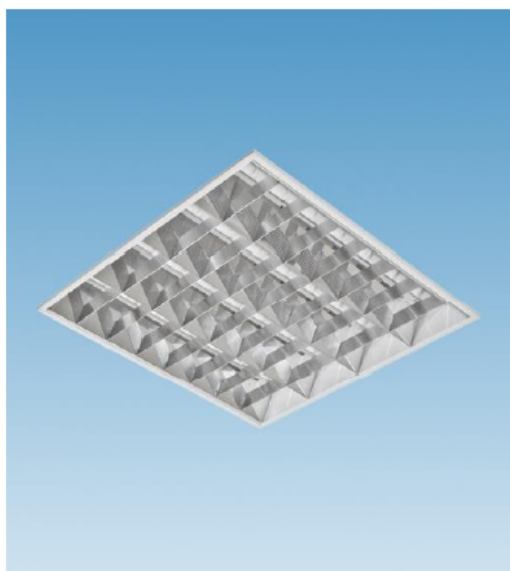


Рисунок 3 – Люминесцентный светильник ASTZ T8 ЛВО09-4x18-011 RS

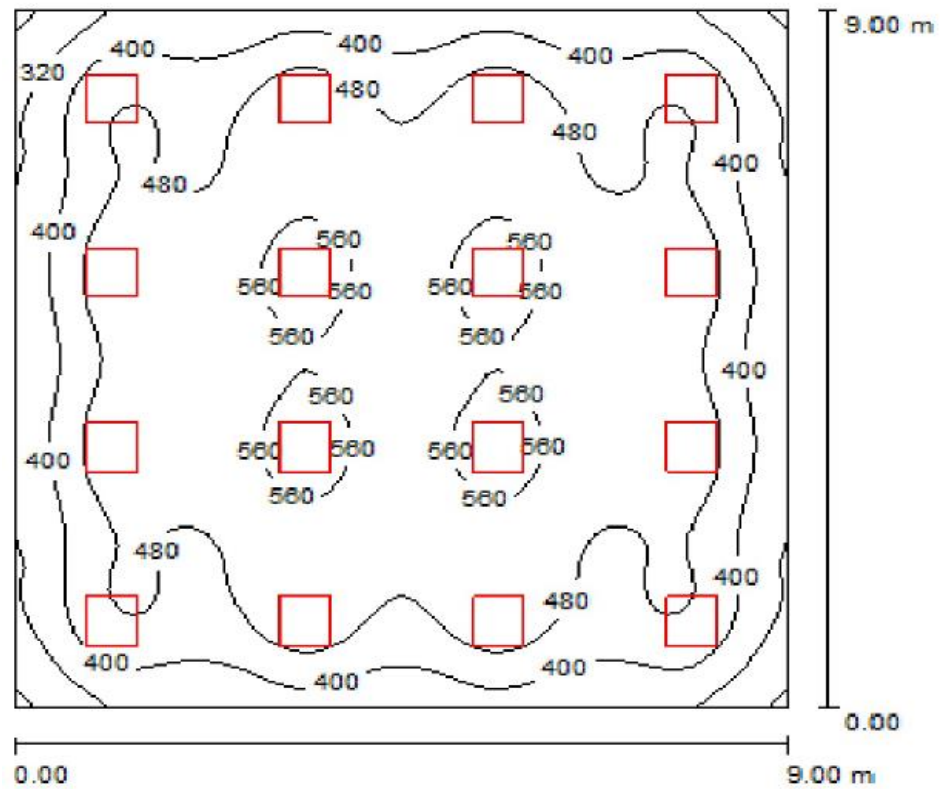


Рисунок 4 – Кривые изолюкс люминесцентного светильника
ASTZ T8 ЛВО09-4x18-011 RS

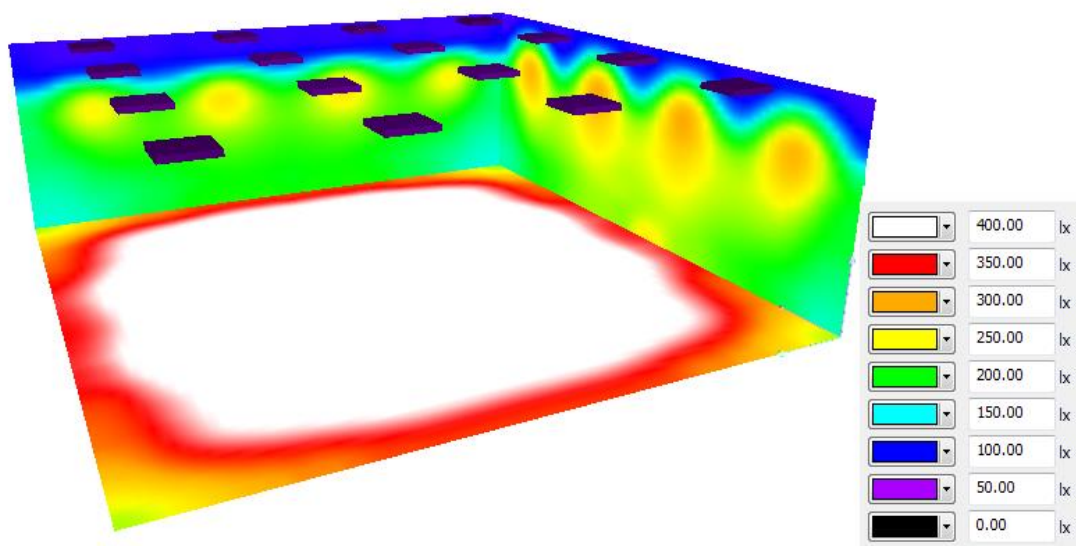


Рисунок 5 – 3D-визуализация с использование фиктивных цветов

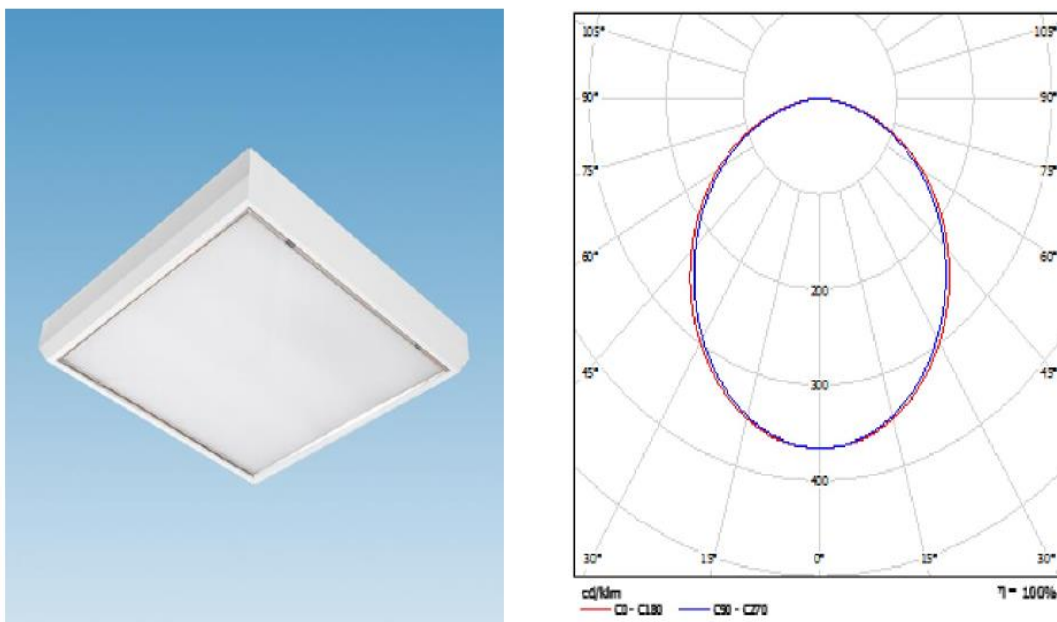


Рисунок 6 – Светодиодный светильник ASTZ LED DBO 04-36-001 PRS

люминесцентные светильники мощностью 72 Вт в количестве 16 штук обеспечивают требуемые уровни освещенности помещения.

В качестве светодиодного светильника взят осветительный прибор той же фирмы ASTZ DBO 04-36-001 PRS (рис.6).

Технические характеристики:

Сеть питания: 220 В, 50 Гц.

Тип источника света: светодиоды.

Мощность светильника с учетом драйвера: 36 Вт.

Световой поток: 3200 лм.

Результаты расчета светораспределения и 3D-визуализация с использованием фиктивных цветов представлены на рис. 7, 8.

Из полученных данных видно, что в центральной зоне помещения имеет место небольшая переосвещенность до 490 Лм, снижающаяся незначительно под крайними рядами светильников до 420 Лм.

В целом освещенность в рабочей зоне помещения более равномерная, чем при использовании люминесцентных светильников.

Характеристики рассмотренных люминесцентных и светодиодных ламп представлены в таблице 1.

Простой срок окупаемости мероприятия [11]:

$$T = \frac{Z_{об}}{Э_{м}},$$

где $Z_{об}$ – затраты на оборудование;

$Э_{м}$ – экономия от внедрения мероприятия.

Таблица 1 – Характеристики люминесцентных и светодиодных ламп

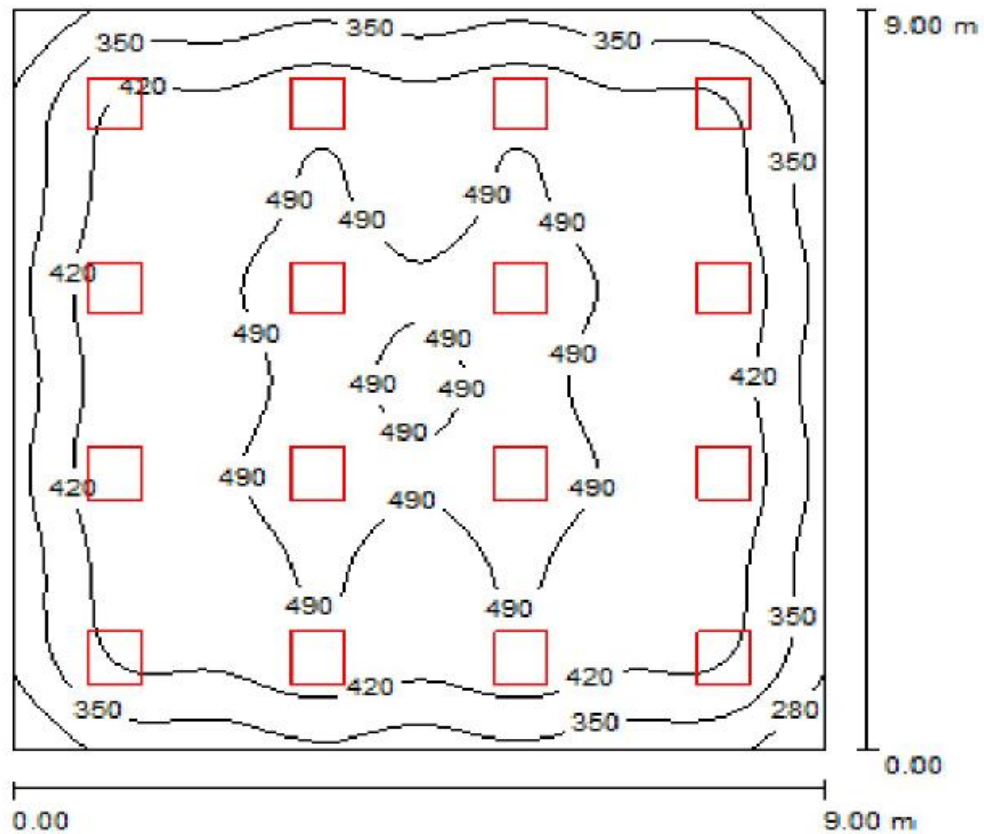


Рисунок 7 – Кривые изолюкс с использованием светодиодных источников света

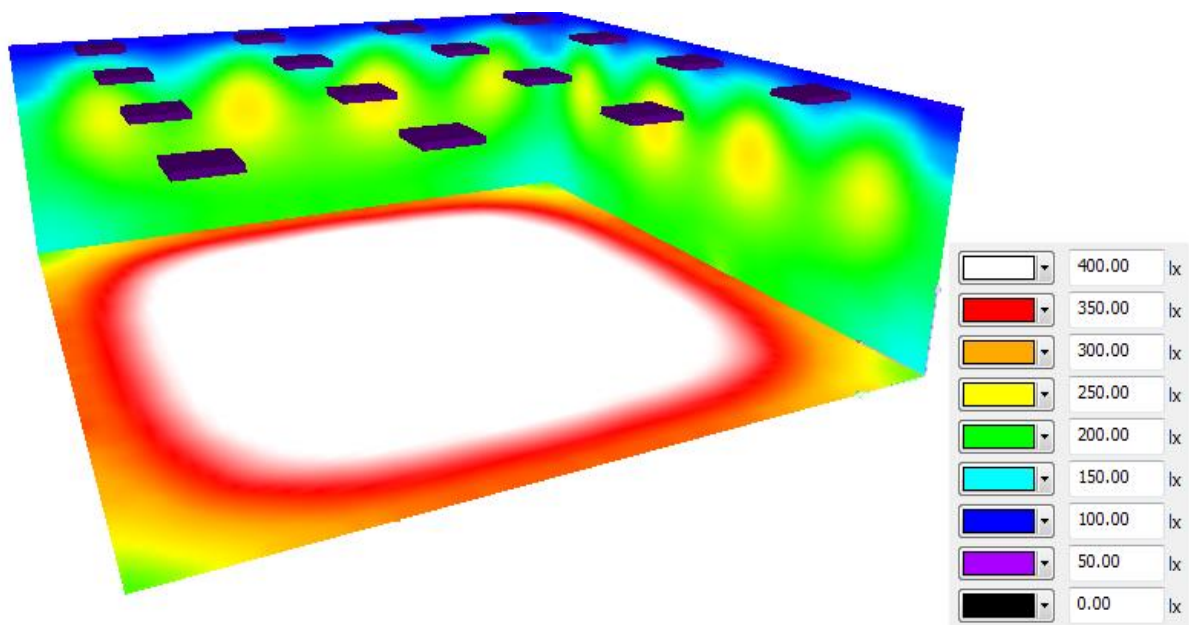


Рисунок 8 – 3D-визуализация с использованием фиктивных цветов

Тип ламп существующий	Кол- во, шт	Мощность, кВт	Суммарная мощность, кВт	Стоимость ламп, тенге
Люминесцентная лампа 18 Вт	64	0,018	1,152	210
Светодиодная лампа 36 Вт	16	0,036	0,5760	9000

Люминесцентный светильник потребляет с учетом ПРА электроэнергию на 20-30% больше лампы. Тогда мощность светильника - $1,152 \text{ кВт} \times 1,25 = 1,440 \text{ кВт}$. Экономия от внедрения мероприятия составляет $(1,440 - 0,596) \times 10 \times 260 \times 17,12 = 38458 \text{ тенге/год}$.

Срок окупаемости при замене люминесцентного освещения на светодиодное составляет $IS\ T = 144000 / 38458 = 3,7 \text{ года}$.

Выводы

Таким образом, результаты исследований показывают, что:

- на предприятии используются преимущественно люминесцентные (59,7%) и светодиодные (30,3 %) лампы, также применяются неэкономичные источники освещения, такие как лампы накаливания (7,7%) и ДРЛ (2,3%);

- программы DIALux позволяют провести не только расчет светораспределения, но и отобразить освещение в фиктивных цветах, оценить качество освещения и точно определить недосвеченные или пересвеченные зоны;

- применение светодиодных светильников в офисных помещениях по сравнению с люминесцентными по качеству освещения является более рациональными;

- модернизация системы освещения позволяет обеспечить экономию электроэнергии и эксплуатационные расходы, покрыв расходы на замену люминесцентного освещения на светодиодное в течение 3,7 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Кузьменко С.В., Хубиева В.М., Семёнов А.С. Внедрение энергоэффективных систем освещения в учебных помещениях вуза. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 12 (часть 6) – С. 1103-1106.

[2] Сравнение светодиодных и люминесцентных ламп, и ламп накаливания. Доступно по адресу: http://artaledshop.ru/article/?ELEMENT_ID=463 (по состоянию 20.08.2020 г.)

[3] Наумов А.А., Садыков М.Ф. Некоторые аспекты энергосбережения в осветительной технике. Известия вузов. Проблемы энергетики, 2017. Том 19, №5. – с.

[4] Мурзак Н.А., Брыль С.В., Мурзак И.А., Копырина В.В., Зайцева Т.А. Оценка эффективности светодиодного освещения с позиции экологии и энергосбережения Экология и строительство, 2016, №4, с. 36-42.

[5] Долгих П.П. Доценко Д.С. Цугленок Н.В. Влияние типа лампы и напряжения источника на светораспределение промышленного осветительного прибора и эффективность работы системы освещения. Вестник КрасГАУ, 2016, №3, с. 66-74.

[6] Карпова Т.В. Сравнительный анализ ламп освещения: энергосберегающий, здоровьесберегающий аспекты. Доступно по адресу: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-lamp-osvescheniya-energoberegayuschiy-zdoroviesberegayuschiy-aspekty/viewer> (по состоянию 15.08.2020 г.).

[7] Заключение по энергоаудиту, проведенному для объектов ТОО «Increase Food» № ЕА- 013, Алматы, 2018.

[8] СНиП РК 2.04-05-2002* - «Искусственное и естественное освещение».

[9] DIALux - функциональная программа для проектирования освещения интерьеров и улиц [Электронный ресурс]. <https://soft.mydiv.net/win/download-DIALux.html>

[10] Ардатовский светотехнический завод. Доступно по адресу: <http://www.astz.ru/ru-production/lpo10-Rastr/lpo10-4h18-011-Rastr/> (по состоянию на 17.08.2020 г.)

[11] Головань С.И., Спиридонов М.А. Бизнес-планирование и инвестирование. Учебник. -

Ростов на Дону: Феникс, 2008.-302с.

LIST REFERENCES

- [1] Kuzmenko S.V., Khubieva V.M., Semyonov A.S. Vnedreniye energoeffektivnykh sistem osveshcheniya v uchebnykh pomeshcheniyakh vuza. [Implementation of energy efficient lighting systems in the classrooms of the university]. Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy - Journal International Journal of Applied and Basic Research. - 2016. - No. 12 (part 6) - P. 1103-1106.
- [2] Sravneniye svetodiodnykh i lyuminestsentnykh lamp i lamp nakalivaniya. [Comparison of LED and fluorescent lamps and incandescent lamps]. Available at: http://artaledshop.ru/article/?ELEMENT_ID=463 (Accessed 20 august 2020)
- [3] Naumov A.A., Sadykov M.F., Nekotoryye aspekty energosberezheniya v osvetitel'noy tekhnike [Some aspects of energy saving in lighting technology]. . Izvesti vuzov. Problemy energetiki- Eliminate universities. Energy Problems, 2017. Volume 19, No. 5. –p.
- [4] Murzak N.A., Bryl S.V., Murzak I.A., Kopyrina V.V., Zaitseva T.A. Otsenka effektivnosti svetodiodnogo osveshcheniya s pozitsii ekologii i energosberezheniya [Assessment of the efficiency of LED lighting from the standpoint of ecology and energy saving]. Ekologiya i stroitelstvo - Ecology and construction, 2016, No. 4, p.36-42.
- [5] Dolgikh P.P., Dotsenko D.S., N. V. Tsuglenok N.V. Vliyaniye tipa lampy i napryazheniya istochnika na svetoraspredeleniye promyshlennogo osvetitel'nogo pribora i effektivnost' raboty sistemy osveshcheniya. [Influence of the lamp type and source voltage on the light distribution of an industrial lighting device and the efficiency of the lighting system]. Vestnik KrasGAU - Bulletin Kras / GAU, 2016, No. 3, p.66-74.
- [6] Karpova T.V. Sravnitel'nyy analiz lamp osveshcheniya: energosberegayushchiy, zdorov'yesberegayushchiy aspekty. [Comparative analysis of lighting lamps: energy-saving, health-saving aspects] Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-lamp-osvescheniya-energoberegayushchiy-zdoroviesberegayushchiy-aspekty/viewer>. (Accessed 14 august 2020).
- [7] Zaklyucheniye po energoauditu, provedennomu dlya ob'yektov TOO «Increase Food». [Conclusion on the energy audit carried out for the facilities of Increase Food LTD] No. EA-013, Almaty, 2018.
- [8] SNiP RK 2.04-05-2002*«Iskusstvennoye i yestestvennoye osveshcheniye». [SNiP RK 2.04-05-2002 * - "Artificial and natural lighting"].
- [9] DIALux - funktsional'naya programma dlya proyektirovaniya osveshcheniya inter'yerov i ulits Elektronnyy resurs. [DIALux is a functional program for designing lighting of interiors and streets [Electronic resource]. Available at: <https://soft.mydiv.net/win/download-DIALux.html>. (Accessed 14 august 2020).
- [10] Ardatovskiy svetotekhnicheskii zavod. [Ardatovskiy lighting engineering plant]. Available at: <http://www.astz.ru/ru-production/lpo10-Rastr/lpo10-4h18-011-Rastr/>. (Accessed 14 august 2020).
- [11] Golovan S.I., Spiridonov M.A. Biznes-planirovaniye i investirovaniye. [Business planning and investment]. Uchebnik. - Rostov na Donu: Feniks - Textbook. - Rostov n / d: Phoenix, 2008.-302p.

ЛЮМИНЕСЦЕНТТИ ЖӘНЕ ЖАРЫҚДИОДТЫ ШАМДАРМЕН ЖАРЫҚТАНДЫРУДЫ САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУ

Д.Смирнов¹, Е.А. Абдрахманов², Б.Ж. Мустагулова²

¹ТОО «Increase Food»

² «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Алматы қ., Қазақстан
e-mail: e.abddrakhmanov@aes.kz

Аңдатпа. Инженерлік-техникалық бөлмеде люминесцентті ASTZ T8 LVO09-4x18-011 RS шамдарының орнына ASTZ DVO 04-36-001 PRS жарықдиодты шамдарды қолданудың салыстырмалы зерттеуі жүргізілген. Жарықтандырудың екі нұсқасында да жарықтың таралуы есептелген және жалған түстерді қолдана отырып 3D-визуализациялау жүргізілген. Жарықдиодты шамдарды пайдаланған кезде энергия тұтыну 2 есе аз, бөлменің жұмыс аймағындағы жарықтың таралуы люминесценттік шамдарды қолданғанға қарағанда біркелкі болады. Энергия тұтынуды үнемдеу есебінен жарықдиодты шамдардың өтелу мерзімі 3,7 жылды құрайды.

Түйін сөздер: люминесцентті жарық, жарықдиодты шам, энергия үнемдеу, жарықтандыру, 3D визуализация, жалған түс.

COMPARATIVE STUDY OF LIGHTING WITH LUMINESCENT AND LED LIGHTING

D. Smirnov¹, E.A. Abdrakhmanov², B.Zh. Mustaguljva²

¹TOO "Increase Food"

² Non-profit joint-stock company "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev", Almaty, Kazakhstan

e-mail: e.abddrakhmanov@aues.kz

Abstract. The comparative study of the use of LED lamps ASTZ DVO 04-36-001 PRS instead of luminescent ASTZ T8 LVO09-4x18-011 RS in the engineering room was carried out. Calculation of light distribution and 3D rendering using fictitious colors in both lighting options was done. When using LED lamps, the power consumption is more than 2 times less, the illumination in the working area of the room is more uniform than when using fluorescent lamps. The payback period for LED lamps due to energy savings is 3.7 years.

Key words: Fluorescent light, LED light, energy saving, illumination, 3D visualization, fictitious color.



ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И КОММУНИКАЦИОННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

МРНТИ 49.33.29

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ SON (SELF – ORGANIZING NETWORKS) НА СЕТЯХ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ COVID – 19

А.В. Солощенко

Некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», г. Алматы, Казахстан
e-mail: inferion_kz@inbox.ru

Аннотация. В условиях всемирной пандемии одной из немногих отраслей, которые не только не пострадали, но и финансово выросли, стала отрасль телекоммуникаций, и в частности, сотовая связь. В связи с повсеместным внедрением карантинного режима резко возросла нагрузка на те участки сетей, где такой рост трафика не ожидался. Такие стрессовые условия, позволили операторам связи наглядно оценить эффективность применения алгоритмов SON, которые активно внедряются на сетях сотовой связи в последние годы. Основную нагрузку на сети связи дает видеотрафик – как от развлекательных ресурсов (включая VoD-контент и компьютерные игры), так и от цифровых сервисов для коллаборативной работы (таких как Zoom, Cisco Webex или Microsoft Teams). Целью данной статьи является отображение и анализ преимуществ, которые получили операторы сотовой связи от внедрения алгоритмов SON (Self – Organizing Networks) на своих сетях. В условиях пандемии нахождение человека на рабочем месте стало практически невозможно, но в этих условиях телекоммуникационная отрасль не только не разрушилась, а наоборот, финансовые показатели и общее состояние выросло, и в этом успехе важную роль играет грамотное и эффективное внедрение и применение инструментов SON (Self – Organizing Networks) на сетях операторов связи.

Ключевые слова: Самоорганизующиеся сети, балансировка нагрузки, самооптимизация, самовосстановление, Covid – 19.

Введение

Что же помогло мобильным операторам справиться с резко возросшей нагрузкой и оперативно управлять ресурсами своих сетей?

Здесь присутствуют несколько факторов:

- 1) Изначально технологически верное планирование радиосети;
- 2) Своевременное увеличение пропускной способности транспортной сети;
- 3) Применение алгоритмов SON (Self – Organizing Network) для оперативного управления, администрирования и оптимизации сети.

Остановимся подробнее на 3-ем факторе. Развитие SON началось в период внедрения сетей стандарта 3G и непрерывно продолжается по сей день. Алгоритмы и инструменты SON постоянно совершенствуются и подстраиваются под потребности каждого оператора – заказчика. Самоорганизующиеся сети (SON), разработанные консорциумом 3GPP, обеспечивают автоматизацию, операционную эффективность и упрощенное управление мобильными беспроводными сетями. Таким образом, внедрение SON обеспечивает оптимальную производительность в сети с минимальным вмешательством человека.

Основными драйверами развития SON являются:

- количество и сложность сетей, узлов, элементов и параметров;
- наличие в сети технологичных, многопрофильных и многоуровневых операций;
- рост трафика и управление пропускной способностью;
- постоянное качество и доступность услуг;
- потребность в интерактивных сетях [1].

Способность успешно управлять всеми этими задачами, в конечном итоге, приводит к значительной экономии операционных и капитальных затрат (OPEX и CAPEX), превосходной производительности и положительному клиентскому опыту.

В этой статье освещается функционал SON, описание альтернатив архитектуры SON, а затем представлена информация о нагрузках на сеть операторов связи в период пандемии Covid – 19.

1. Функциональные возможности SON

Основные функции SON подразделяются на пять категорий: самопланирование, саморазвёртывание, самооптимизация, самовосстановление и средства SON, см. Рисунок 1, которые суммируют эти функции и показывают связи между ними.

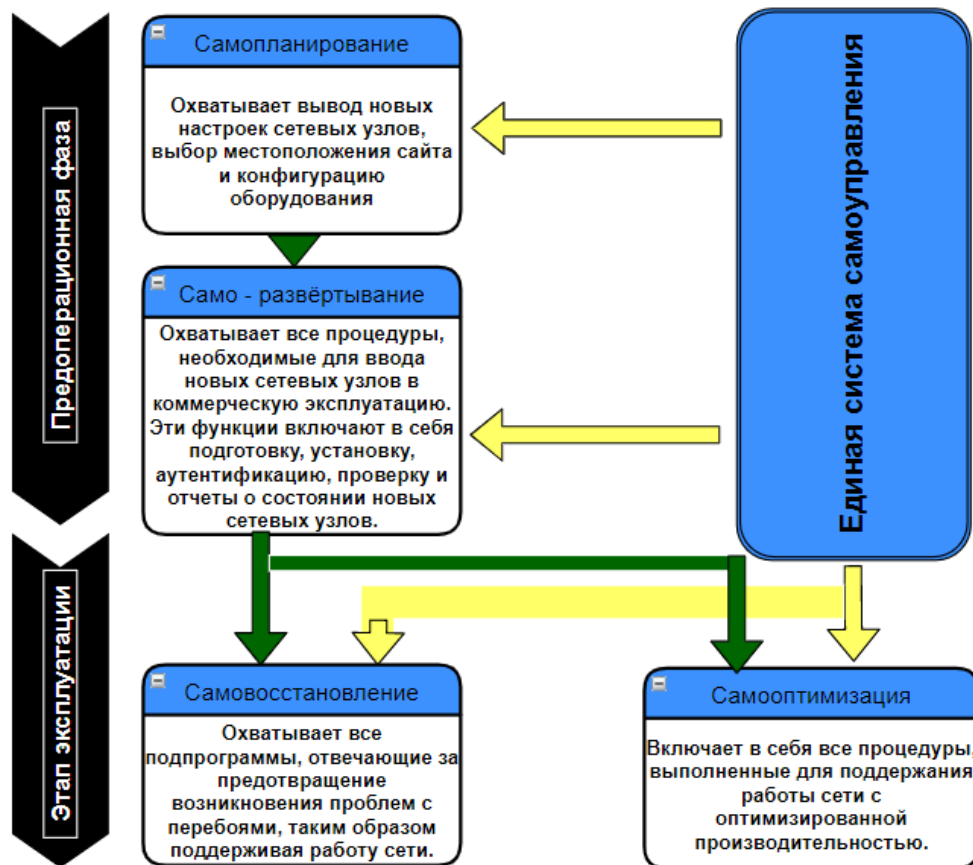


Рисунок 1 – Функциональные возможности SON и связи между ними

Функциональные возможности самопланирования включают процедуры, которые охватывают получение новых настроек сетевых узлов, выбор местоположения площадки и конфигурацию оборудования, включая радио, а также транспортные параметры. Функции самостоятельного развертывания охватывают все процедуры, необходимые для запуска новых сетевых узлов в коммерческую эксплуатацию. Эти функции включают в себя подготовку, установку, аутентификацию, проверку и отчеты о состоянии новых сетевых узлов. Установка новых сетевых узлов включает в себя подготовку сайта, а также установку оборудования (безошибочное подключение кабелей и режим plug-and-play для всех компонентов установленных узлов, например, антенны, платы и т.д.).

После установки оборудования необходимо установить связь до конкретного сервера конфигурации при помощи защищенных туннелей. Это позволяет серверам отправлять все параметры конфигурации, необходимые для аутентификации и авторизации новых узлов. Основная часть в контексте самостоятельного развертывания – это система инвентаризации, которая должна иметь обновленную картину всех установленных сетевых узлов. Это означает, что все установленные аппаратные блоки должны быть автономно доставлены в эту систему. Кроме того, функции

самостоятельного развертывания должны позволять загружать новые пакеты программного обеспечения и должны заканчиваться процедурами проверки, во время которых выполняется самопроверка. Смотестирование заканчивается иллюстративным отчетом и проверяет, находится ли новый установленный узел в ожидаемом состоянии. На этом этапе новый сетевой узел должен быть в состоянии эксплуатироваться в коммерческих целях, что также подразумевает, что процедуры самопланирования и самостоятельного развертывания выполняются на предоперационном этапе.

Все процедуры, выполняемые для обеспечения работы сети с заданной производительностью, сгруппированы под эгидой самооптимизации. Специфичные для сети показатели производительности непрерывно измеряются и сообщаются ответственному процессу оптимизации, который автоматически настраивает параметры сети, так что общая производительность сети сохраняется на запланированном уровне. Сами измерения предоставляются как пользователями, так и данными элементами сети, например, развитый eNodeB (eNB) и центр эксплуатации и обслуживания (O & M) в LTE – усовершенствованные системы. Таким образом, самооптимизация считается непрерывным замкнутым процессом с периодической оценкой производительности на основе измеренных показателей эффективности, оптимизацией параметров на основе результатов оценки и перенастройкой оптимизированных параметров, см. Рисунок 2, на котором представлено циклическое поведение, самооптимизация функциональности. Стоит отметить, что сама оптимизация является компромиссом между различными показателями эффективности, например, плавная передача обслуживания, покрытие, качество услуг (QoS), безопасность и т. д. для достижения общих заранее определенных целей [2].

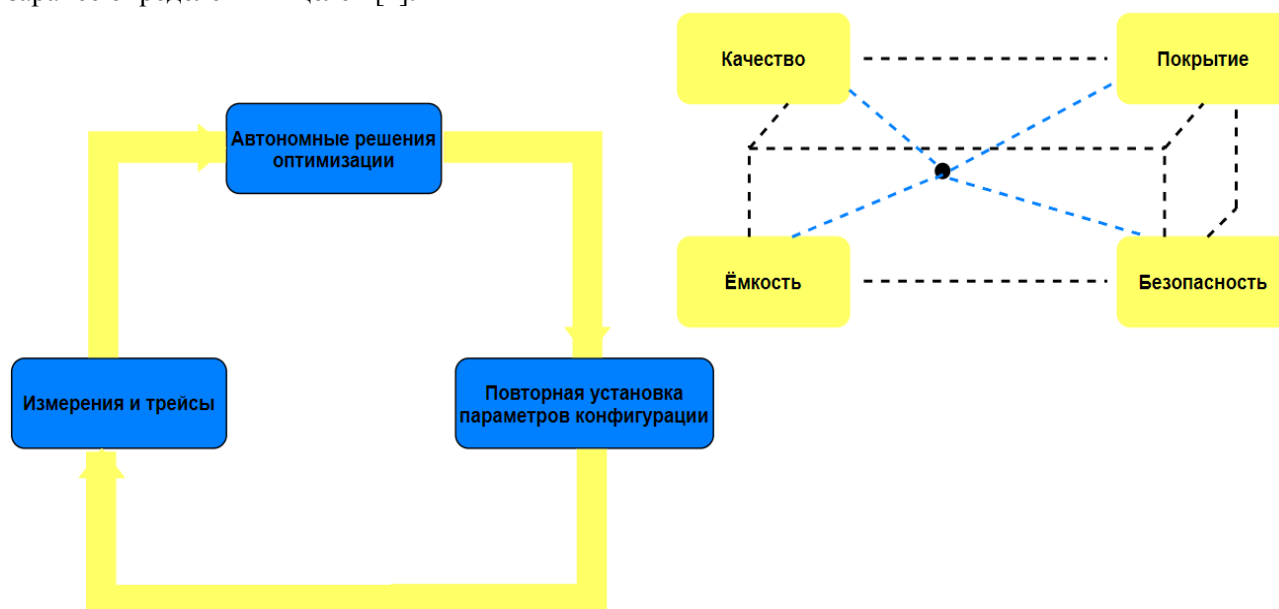


Рисунок 2 – Функция самооптимизации - циклическое поведение

Процедуры самовосстановления несут ответственность за недопущение возникновения разрушительных проблем, таким образом поддерживая работу сети. Обновление и замена программного и аппаратного обеспечения также являются частью этих процедур. Процедуры самовосстановления сгруппированы в четыре основные подгруппы, а именно: расширение и замена емкости оборудования, обновление программного обеспечения, мониторинг сети и процедуры устранения неисправностей. Процедуры расширения и замены емкости оборудования заботятся о достижении автономной системы наблюдения. Фактически они предлагают удобство аппаратных расширений. Процедуры обновления программного обеспечения обеспечивают обновление существующего программного обеспечения без вмешательства оператора, если это возможно. Задачи мониторинга сети учитывают измерение и анализ производительности сети на основе заданных ключевых показателей эффективности. Решения относительно дальнейшего развития сети принимаются на основе результатов процедур мониторинга сети. Кроме того, эти процедуры должны реализовывать сценарии для нескольких поставщиков и отслеживать вызовы без дополнительной сложности. Обнаружение сбоев сотовой связи/услуг, автоматическая консолидация данных

управления производительностью и корреляция информации для управления отказами являются хорошо известными задачами подпрограмм мониторинга сети. Процедуры обнаружения сбоев соты необходимы для обнаружения сбоев в сотах, например, спящие соты, в то время как процедуры обнаружения перебоев в обслуживании выявляют услуги низкого качества. Процедуры автоматической консолидации данных управления производительностью отвечают за анализ ключевых показателей эффективности. Корреляция информации для подпрограмм управления сбоями сводится к простоте автоматизации управления сбоями и генерации однозначных сигналов тревоги с истинными причинами и местоположением.

Включатели SON включают в себя все процедуры, выполняемые для облегчения выполнения и доступности других вариантов использования SON и функциональных возможностей. Обратите внимание, что пять упомянутых категорий не работают последовательно, смотрите Рисунок 1. Как показано на рисунке, сначала выполняются процедуры самопланирования, а затем задачи самостоятельного развертывания. После этого процедуры самооптимизации, а также процедуры самовосстановления выполняются циклически. Структура управления отвечает за управление всеми упомянутыми категориями подпрограмм. Он работает в фоновом режиме и должен координировать действия/варианты использования SON. Структура управления представляет собой наиболее важный компонент, отвечающий за поддержание работы системы.

2. Варианты архитектурного построения SON и их особенности

Архитектура SON определяет местоположение SON в сети. При реализации на высоком уровне в центре эксплуатации и обслуживания (OAM) она называется системой управления сетью (NMS); тогда как реализация на более низких уровнях (сетевых элементах), таких как eNB, называется системой управления элементами (EMS). Для методов самоконфигурирования SON в OAM создается подсистема самоконфигурирования, которая обрабатывает процесс самоконфигурирования. Следовательно, в зависимости от местоположения алгоритмов SON, архитектура SON может быть описана как централизованная, распределенная или гибридная (комбинация централизованного и распределенного).

Централизованная архитектура SON. Это пример системы управления сетью (NMS), в которой алгоритмы создаются и выполняются в OAM, как показано на рисунке 3(A). В архитектуре SON этого типа алгоритмы присутствуют в нескольких местах, что упрощает их реализацию. Однако системы OAM в настоящее время зависят от поставщика, что приводит к ограничениям оптимизации для разных поставщиков, что противоречит цели гибкости и независимости. Чтобы получить максимальную выгоду от централизованного решения SON, проводятся работы по стандартизации «Северного интерфейса» (Northbound Interface), который является связующим звеном между NMS и EMS. Реализация централизованного SON – позволяет без участия оператора проводить конфигурацию eNB, а алгоритм создается и выполняется в OAM [3].

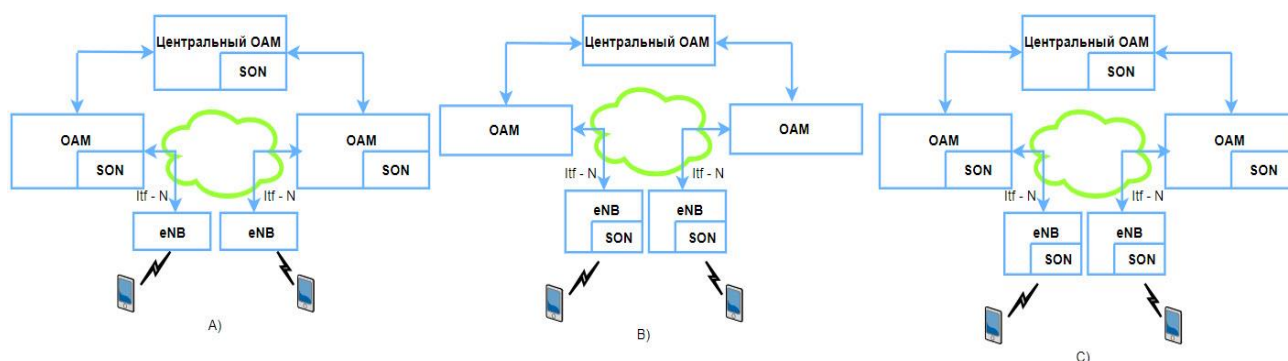


Рисунок 3 – Варианты архитектурного построения SON

Распределенная архитектура SON. Примером EMS, в котором алгоритмы развертываются и выполняются на eNB, является распределенный вариант архитектуры SON. Следовательно, можно сказать, что автоматизированные процессы SON присутствуют на более низком уровне архитектуры, как показано на рисунке 3(B). Из-за масштабов развертывания, которое вызвано большим

количеством eNB, распределенный SON не может поддерживать сложные алгоритмы оптимизации. Чтобы в полной мере воспользоваться преимуществами этого типа архитектуры, ведется работа по расширению интерфейса X2 (интерфейса между eNB). Однако распределенный SON предлагает быструю оптимизацию/развертывание, когда речь идет об одном/двух eNB. Примером этого является автоматическая настройка связи между «соседствующими» БС и оптимизация балансировки нагрузки.

Гибридная архитектура SON. Архитектура, в которой алгоритмы оптимизации выполняются как в OAM, так и в eNB, называется гибридной архитектурой SON. Она изображена на рисунке 3(С) и решает некоторые проблемы, возникающие в других вариантах архитектуры SON. Более простые процессы оптимизации выполняются в eNB, в то время как сложные обрабатываются OAM; следовательно, он поддерживает различные алгоритмы оптимизации, а также поддерживает оптимизацию при использовании операторами различных поставщиков оборудования. Однако развертка гибридной архитектуры SON требует больших финансовых вложений и требует нескольких расширений интерфейсов.

3. Ситуация с нагрузкой на сети операторов связи в период пандемии Covid – 19

Телекоммуникационные компании в большинстве своём смогли справиться с бурным ростом объема трафика, ставшим последствием массового перехода пользователей на режим самоизоляции из-за пандемии Covid – 19. Ведущие операторы информируют о росте трафика на сетях и мобильной, и фиксированной связи в пределах 30-35%. Сети в целом справляются с возросшей нагрузкой.

Директор департамента интернет и канальных ресурсов блока по развитию операторского бизнеса корпоративного центра ПАО "МТС" Ольга Макарова подтвердила, что рост трафика был достаточно серьезным. После того как был объявлен режим повышенной готовности, был зафиксирован резкий рост трафика. На фиксированных сетях связи он рос сильнее: увеличение мобильного трафика за три недели составило 10-15%, фиксированного – 25-30%. Цифры, на первый взгляд, небольшие, но если трафик будет расти такими же темпами, то в мобильном сегменте он вырастет на 60-70% в год, а в фиксированном – на 120% в год. Обычно операторы закладывают рост на 35% в год. Впервые операторы сталкиваются с такой ситуацией, когда трафик увеличивается так быстро. Объемы потребления детского контента выросли более чем на 40%, облачный гейминг – в 2,5 раза.

Весьма интересны данные по китайскому городу Ухань, который был полностью открыт после трехмесячного карантина в начале апреля. Так вот, объем трафика после эпидемии в Ухане не вернулся к "докоронавирусному" уровню: Трафик в этом регионе Китая на пике вырос на 50%, а после кризиса остался на уровне 25%-ного роста. До карантина рост трафика составлял 9% в год. Основную нагрузку на сети связи дает видеотрафик – как от развлекательных ресурсов (включая VoD-контент и компьютерные игры), так и от цифровых сервисов для коллаборативной работы (таких как Zoom, Cisco Webex или Microsoft Teams). Это говорит о том, что сети связи будут подвержены большим нагрузкам в ближайшем будущем, да и уже в настоящем [4].

Справиться с данной ситуацией операторам сотовой связи очень помогли планомерно внедряемые алгоритмы SON (Self – Organizing Networks). Их вклад в эффективное управление сетью был отмечен представителями компаний – операторов.

В "МегаФоне" отметили, что алгоритмы SON обеспечивают оперативное реагирование на рост голосового и пакетного трафика в периоды наибольшей нагрузки на сеть. В течение суток происходит до 100 тыс. корректировок радиопараметров, влияющих на качественные характеристики предоставляемых услуг. В случае возникновения кратковременных аварийных ситуаций происходит перераспределение нагрузки между соседними базовыми станциями. Такое количество операций не смогла бы выполнить и сотня операторов, занятых только данной работой. Этот инструмент существенно увеличил эффективность и качество работы сети связи.

Пресс-секретарь ПАО "Мобильные ТелеСистемы" (МТС) Дмитрий Солодовников отметил, что решение SON обеспечивает возможность оптимизировать мультистандартную сеть МТС и круглосуточно подстраивает ресурсы сети под потребности абонентов. Данное решение повышает доступность и непрерывность голосовых сервисов и передачи данных путем распределения нагрузки между базовыми станциями. Режим карантина существенно уменьшил количество и скорость выездов бригад для ремонта оборудования, но работающие в системе алгоритмы SON позволили нам выйти из данной ситуации практически без потерь [5].

Заключение

Развивающийся мобильный интернет требует широкополосных мобильных беспроводных сетей с отличной производительностью, которая зависит от эффективного и действенного управления сетью. Это тезис уже давно известен, но он ещё никогда так не проверялся на деле как в период пандемии Covid – 19, когда буквально за несколько дней потребовалось перераспределить ресурсы сетей сотовой связи с учётом новых реалий плотности и рассредоточения абонентов. Как нам удалось убедиться из данных приведённых в статье, обойтись без потерь и даже показать рост смогли те операторы сотовой связи, которые своевременно и поступательно занимались модернизацией своих сетей и внедрением инструментов SON. Эти алгоритмы создают возможность эффективного управления сетью за счет автоматизации конфигурирования и оптимизации беспроводных сетей связи. Это, в свою очередь, снижает капитальные (CAPEX) и эксплуатационные расходы (OPEX), повышает гибкость и общую производительность сети. Ещё одним важным моментом является то, что в период пандемии эти инструменты позволяют уменьшить до минимума присутствие человека на объектах связи для их настройки и управления, так как эти действия осуществляются в автоматическом режиме, а в случаях, когда всё-таки требуется ручное управление, позволяют осуществлять его из дома.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Aderemi A. Atayero, Oluwadamilola I. Adu, and Adeyemi A. Alatishe, “Self Organizing Networks for 3GPP LTE” i B. Murgante et al. (Eds.): ICCSA 2014, Part V, LNCS 8583, pp. 242–254, 2014;
- [2]. Athanasios D. Panagopoulos, “Handbook of Research on Next Generation Mobile Communication Systems” ISBN 978 -1-4666 – 8733-2, 915 p., 2016;
- [3]. Ben Rejeb, Sonia; Nasser, Nidal; Mansour, Samer, “Centralized SON function for operator optimal strategies in heterogeneous networks” Computer Networks, pp. 14 – 27, 2017;
- [4]. ComNews. “Связь и ТВ”, технологии (2020) URL: <https://www.comnews.ru/content/205809/2020-04-24/2020-w17/cifrovaya-otrasl-ustoyala-protiv-koronavirusa> (16 May, 2020)
- [5]. ComNews. “Связь и ТВ”, технологии (2016) URL: <https://www.comnews.ru/content/105225/2016-12-20/son-polezen-megafonu> (16 May, 2020)

REFERENCES

- [1]. Aderemi A. Atayero, Oluwadamilola I. Adu, and Adeyemi A. Alatishe, “Self Organizing Networks for 3GPP LTE” i B. Murgante et al. (Eds.): ICCSA 2014, Part V, LNCS 8583, pp. 242–254, 2014;
- [2]. Athanasios D. Panagopoulos, “Handbook of Research on Next Generation Mobile Communication Systems” ISBN 978 -1-4666 – 8733-2, 915 p., 2016;
- [3]. Ben Rejeb, Sonia; Nasser, Nidal; Mansour, Samer, “Centralized SON function for operator optimal strategies in heterogeneous networks” Computer Networks, pp. 14 – 27, 2017;
- [4]. ComNews. “Связь и ТВ”, технологии (2020) URL: <https://www.comnews.ru/content/205809/2020-04-24/2020-w17/cifrovaya-otrasl-ustoyala-protiv-koronavirusa> (16 May, 2020)
- [5]. ComNews. “Связь и ТВ”, технологии (2016) URL: <https://www.comnews.ru/content/105225/2016-12-20/son-polezen-megafonu> (16 May, 2020)

EFFICIENCY OF APPLICATION OF SON ALGORITHMS (SELF - ORGANIZING NETWORKS) IN MOBILE COMMUNICATIONS NETWORKS DURING THE COVID – 19 PANDEMIC

A.V. Solochshenko

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

E-mail: inferion_kz@inbox.ru

Annotation. In the context of a global pandemic, one of the few industries that not only did not suffer, but also financially grew, was the telecommunications industry, and in particular, cellular communications. Due to the widespread introduction of the quarantine regime, the load on those network sections where such an increase in traffic was not expected has increased dramatically. Such stressful conditions allowed telecom operators to visually assess the effectiveness of the SON algorithms. They have been actively implemented in cellular networks in recent years. Video traffic provides the main load on communication networks - both from entertainment resources (including VoD content and computer games) and from digital services for collaborative work (such as Zoom, Cisco Webex or Microsoft Teams). The purpose of this article is to display and analyze the benefits that mobile operators have received from the implementation of SON (Self - Organizing Networks) algorithms in their networks. In a pandemic, finding a person in the workplace has become almost impossible. But in these conditions, the telecommunications industry not only did not collapse, but on the contrary, the financial indicators and the general condition increased. The reason for this success is the competent and effective implementation and use of SON (Self - Organizing Networks) tools in telecom operators' networks.

Key words: Self-organizing networks, Load balancing, Self-optimization, Self-healing, Covid – 19.

COVID – 19 ПАНДЕМИЯСЫ КЕЗЕҢІНДЕ ҰЯЛЫ БАЙЛАНЫС ЖЕЛІЛЕРІНДЕ SON (SELF – ORGANIZING NETWORKS) АЛГОРИТМДЕРІН ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІ

A.B. Солощенко

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Алматы, Қазақстан

e-mail: inferion_kz@inbox.ru

Аңдатпа. Жаһандық пандемия жағдайында тек зардап шегіп қоймай, сонымен қатар қаржылық жағынан дамып отырған бірнеше саланың бірі телекоммуникация саласы, атап айтқанда ұялы байланыс болды. Карантин режимінің жаппай енгізілуіне байланысты трафиктің мұндай өсуі күтілмеген желілердің учаскелерінде жүктеме күрт өсті. Мұндай күйзеліс жағдайлары байланыс операторларына соңғы жылдары ұялы желілерде белсенді қолданылып келе жатқан SON алгоритмдерін қолданудың тиімділігін нақты бағалауға мүмкіндік берді. Байланыс желісіндегі негізгі жүктемені - ойын-сауық ресурстарынан (оның ішінде VoD-контент пен компьютерлік ойындарды қоса алғанда), сондай-ақ бірлескен жұмыс үшін сандық қызметтерден (мысалы, Zoom, Cisco Webex немесе Microsoft Teams) бейне-трафик береді. Осы мақаланың мақсаты ұялы байланыс операторларының өз желілерінде SON (өздігінен ұйымдастыратын желілер) алгоритмдерін енгізуден алған артықшылықтарын көрсету және талдау. Пандемия жағдайында адамды жұмыс орнынан табу іс жүзінде мүмкін болмады, бірақ бұл жағдайда телекоммуникация саласы құлдырамақ түгілі, керісінше қаржылық көрсеткіштері мен жалпы жағдайы өсті, бұл жерде байланыс операторларының желілерінде SON құралдарын сауатты және тиімді ендіру және қолдану маңызды роль атқарды (Self - Ұйымдастыру желілері).

Түйін сөздер: өзін-өзі ұйымдастыру желілері, жүктемелерді теңестіру, өзін-өзі оңтайландыру, өзін-өзі емдеу, Covid – 19.



ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И КОММУНИКАЦИОННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

ӘР ТҮРЛІ МОДЕЛЬДЕР ҮШІН ҰШҚЫШСЫЗ ӘУЕ КӨЛІКТЕРІН АНЫҚТАУ МӘСЕЛЕЛЕРІНДЕ АКУСТИКАЛЫҚ СИГНАЛДАРДЫ ЗЕРТТЕУ

Д. Ж. Утебаева¹, Л. Б. Илипбаева²

¹Satbayev университеті, ²Халықаралық IT университеті, Алматы, ҚР
e-mail: ¹dana.utebaieva@gmail.com, ²l.ilipbayeva@edu.iitu.kz

Аңдатпа. Ұшқышсыз әуе көліктері (ҰӘК) олардың қол жетімділігіне байланысты кеңінен қолданылып келеді. Түрлі салаларда шағын көлік құралдарын заңсыз пайдалануды анықтау арнайы ғылыми - техникалық мәселені шешуді талап етеді. ҰӘК-терді анықтау мәселесінде акустикалық сигналдарды қолдану маңызды және тиімді зерттеу саласына айналды. Бұл жоба ҰӘК ұшуларынан алынған дыбыстық мәліметтер негізінде (Convolutional Neural Networks) CNN-ді қолдана отырып, жүктелген және жүктелмеген дрондарды жіктеу тапсырмасын олардың бір және бірнеше модельдеріне орындауды мақсат етеді. Бұл жүйені шешудегі ең басты кедергі қоршаған ортаның дыбыстарының әсері болғандықтан, ҰӘК-тің акустикалық сигнал деректері “ҰӘК жоқ: фондық шуыл” (“No UAV: background noise”), “Жүктелмеген ҰӘК” (“Unloaded UAV”) және “Жүктелген ҰӘК” (“Loaded UAV”) деген үш топқа жіктелді және нейрондық желілері бар бір нысанның бірнеше топтамаларындағы акустикалық сигналдардың сипаттамалары зерттелді.

Түйін сөздер: ұшқышсыз әуе көліктері, ҰӘК дыбыстарының жіктелуі, акустикалық сигналдар, жүктелген ҰӘК, жүктелмеген ҰӘК, жинақталған нейрондық желілер.

1. Кіріспе

Соңғы технологиялық жетістіктер жылдам басқарылатын және арзан болып келетін ұшқышсыз әуе көліктерінің (ҰӘК) коммерциялық қол жетімділігін арттырды. Бұл көліктердің күнделікті өмірде қызығушылық мақсатта балалар ойыншығы ретінде, сондай-ақ зиянды мақсатта қолданылуы күн сайын артып келеді [1-12]. Оларды басқаруда қателіктің кетуіне орай немесе мақсатты түрде зиянды себептерге қолдану бұл көліктердің анықтау тапсырмасын қолға алуды маңызды мәселеге айналдырды. Ал қойылған тапсырманы ҰӘК-тің акустикалық сигналдары бойынша анықтау және талдау ғылымның қызықты саласына айналды. Әсіресе, ҰӘК-тің қосымша жүктемесі бар немесе жоқ екендігін олардың ұшу дыбыстары арқылы зерттеу тиімді әдіс екендігі [1], [2] жұмыстарында CNN үйірткілі нейрондық желі негізінде 99 % жоғары дәлдікпен өңделіп көрсетілген. Дегенмен [1], [2] жұмыстары тек қана DJI Phantom 2 дрондарының акустикалық сигнал деректерімен шектеліп қалған. Авторлар бұл шектелуді жұмыстың кемшілігі ретінде растайды. Осы жоба ҰӘК-тің бірнеше модельдерінің акустикалық деректеріне [1], [2] жұмыстарында 99 % дәлдікті берген (CNN) үйірткілі нейрондық желілердің құрылымдарын қолдану арқылы олардың сенімділігін зерттеуді қарастырады. Жіктеу “Жүктелген ҰӘК”, “Жүктелмеген ҰӘК” және “Дрон жоқ: фондық шуыл” деген 3 негізгі класка бөлу негізінде жүзеге асырылды. Негізгі мақсат жүктелген немесе жүктелмеген дрон дыбысын анықтауға тиімді және сенімді жүйені әзірлеуге қажетті мәселелерді айқындау.

Ілесне жұмыстар (Related works). [1], [2] жұмыстары қосымша жүктемесі бар, жоқ, дрон жоқ деген көп түрлі жіктеулерді (mutipile classifications); [4] жұмыс аудио деректерді SVM әдісін қолданып өңдеуді; [8] жұмыс дрон жоқ, дрон бар, екі дрон бар, қосымша шуылдар деген санаттарды CNN-мен көп түрлі жіктеуді; [11], [17], [19] және [21], [23], [24], [25], [26] жұмыстарында дрон дыбыстарын оқшаулады; [12] жұмыста HMM әдісімен 24 және 36 MFCC спектограммаларымен өңдеуді; [13] жұмыс random forest әдісімен жіктеуді; [14] жұмыста SVM әдісімен MFCC және LPCC арқылы ерекшеліктерді жіктеуді, [15] және [16] жұмыстар детектілеудің корреляциялық әдісін өңдеуді; [18] жұмыс PIL (Plotted Image Machine Learning) және KNN (K Nearest Neighbors) арқылы

жіктеуді; [20] жұмыс камера және микрофон датчиктерін біріктіріп, бейне кадрларды HOG параметрлерін, ал аудио бөліктерді MFCC параметрлерін SVM қолдану арқылы жіктеуді; [22] жұмыста акустикалық датчик пен радардың комбинациясымен зерттеуді жүзеге асырған.

2. Әдістер

Ұшқышсыз әуе көліктерін анықтауға арналған акустикалық жүйені құру үшін дронның ең жоғарғы биіктіктегі, орташа және акустикалық сезгішке өте жақын қашықтықтардағы, сондай-ақ қоршаған ортаның өзге дыбыстарымен қабаттасқан ұшуларынан жинақталған дыбыстар жіктеп алынды. Тәжірибе екі түрлі дереккормен (dataset) жүзеге асырылды. Бірінші дереккормен DJI Phantom 2 дрон дыбыстарының күрделі фондық шуылдары негізінде жинақталды. DJI Phantom 2 моделі жүктемесі бар дрондарды анықтау мәселесінде көптеп қолданылады және DJI Phantom 1 дронына қарағанда 0,5 кг жүкті көтеруге қабілетті көлік болып келеді. Дыбыстарды жазу барысында түрлі қабаттасқан күрделі дыбыстары бар (жел, мотоцикл, пойыз және машиналар) жағдайлар қарастырылды. Мұндай күрделі жағдайда қарастырылуы осы зерттеудің қойып отырған басты екіні болып табылады. Себебі, нақты өмірде қолдану үшін сенімді жүйе құруда дрон ұшулары өзге қабаттасқан күрделі шуылдардан ажыратуды қажет етеді. Екінші дереккормен DJI Phantom 1, 2, 3, 4 дрон модельдерінің дыбыстарымен, сондай-ақ балалар ойыншығы ретінде көп қолданылатын Syma x5, x20, Tarantula дрондары және ашық дереккөздеріндегі өзге де дрон түрлерінің акустикалық сигнал деректері арқылы толықтырылды. Негізгі мақсат - [1], [2] жұмыстардағы құрылған жүйені көп түрлі дрон модельдерінің дерекқорына тексеріп, оның нақты уақыт жүйесіне сенімділігін зерттеу және де негізгі мәселелерді анықтау болып табылады.

Өзірленіп отырған жүйе негізінде дрон дыбыстары жылдам Фурье трансформациясы (FFT) арқылы спектрге айналдырылып, бірнеше сүзгілерден өтіп, алынған ерекшелік векторлары нейрондық желілердің үйірткілі CNN моделіне беріледі.

Деректерді өңдеу (Data Processing). Микрофон датчиктерімен жазылған аудио сигналдарды уақыт ауданында қарастыру арқылы талқылау қиын болады. Сигналды басқа форматта бейнелеу үшін жылдам Фурье трансформациясын (FFT) қолданып (1) жиілік ауданында қарастырамыз.

$$F(k) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-2\pi i k x} dx \quad (1)$$

Нәтижесінде әр түрлі жиілік жолақтарында көрінісі периодограммалармен байқалады. Аудио сигналдарда көп өзгерістер төменгі жиіліктерде байқалатын болғандықтан, машиналық дыбыстар жағдайы үшін DownSampling қадамы 16000 Гц шамасына орындалды. Бұл периодограммалар уақыт бойынша жинақталып, бір бірімен көршілес жинақталуы нәтижесінде спектограммаларды береді.

Аудио уақыт бойынша үздіксіз өзгерісте болатындықтан, оларды ауданның кішкене уақыт бөлігіндегі мәні алынса, ол бөліктер тұрақты деп қарастырылады. Осы тұрақты бөліктерді алу үшін қысқа уақыттық Фурье трансформациясы (STFT) жүзеге асырылды. Келесі қадамда, сызықты жиіліктерді логарифмдік жиіліктерге түрлендіріп, Mel Scale-де зерттелді. Сүзгі негізінде Filter Bank-тер құрылды. Filter Bank-тердің коэффициенттеріндегі энергия декорреляциясының алдын алу үшін DCT (Discrete Cosine transform) қолданылды. Оны қолдану арқылы барлық ақпарат төменгі жиіліктерге тығыздалады. Нәтижесінде MFCCs (Mel Cepstrum Coefficients) коэффициенттері алынды. Осы зерттеуде MFCC коэффициенттері 20-ға тең етіп алынды. Себебі, [1] жұмыстың сенімді деп ұсынған жүйесінің кепстрлік спектрограммасы 20 мс аудио бөліктері үшін 20 - ға тең болатын ерекшелік векторларын ұсынған. Ал осы жұмыс өз кезегінде дронның жүктемесін анықтайтын жүйені нақты уақыт үшін дайындауға қажетті факторлар мен мәселелерді қазіргі жүйелерді сенімділікке тексеріп сараптау арқылы зерттеуді қолға алды. Ал алынған MFCC коэффициенттері әр нысанның дыбыстық деректері көмегімен алынған ерекше белгілері болып табылады. Алынған коэффициенттер “өте дәйекті” суреттерді береді. Осы суреттер машиналық оқыту әдістерінің кірісіне беріледі.

CNN моделі. Үйірткілі нейрондық желілер (Convolutional Neural Networks, CNN) - нысандарды (сурет, аудио және бейне деректерді) тану және табиғи тілді өңдеу (NLP) сияқты әртүрлі салаларда қолданылатын Deep Learning желілерінің бірі. Осы жұмыстың зерттеуінде қолданылған, [1], [2]

жұмыстар негізіндегі құрылған және жаңа дерекқорға бейімделген CNN желісінің өңделген құрылымдары 1 - кестеде келтірілді.

1 - кесте. CNN алгоритмінің моделі және қабаттары

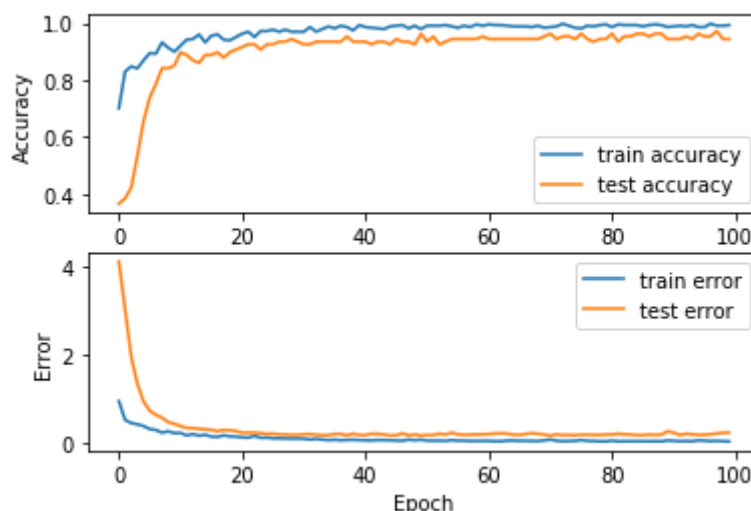
№	Қабаттар (layer) атауы	Қабат (layer) саны	Сүзгілер саны сәйкесінше әр қабат үшін
1_CNN_by_[1]	Convolutional (Conv2D) Activation functions: Relu MaxPooling (MaxPool2D) BatchNormalization	1	32 (kernel size (3,3), strides (2,2))
2_CNN_by_[1]	Convolutional (Conv2D) Activation functions: Relu MaxPooling (MaxPool2D) BatchNormalization	1	64 (kernel size (3,3), strides (2,2))
3_CNN_by_[1]	Flatten Fully Connected Neural Network Activation functions: <i>Relu</i> Dropout Fully Connected Neural Network Activation function: <i>softmax</i>	1 1 1	100 0.7 3
1_CNN_by_[2]	Convolutional (Conv2D) Activation functions: Relu MaxPooling (MaxPool2D) BatchNormalization	1	10 (kernel size (3,3), strides (2,2))
2_CNN_by_[2]	Flatten Fully Connected Neural Network Activation functions: <i>Sigmoid</i> Dropout Fully Connected Neural Network Activation function: <i>softmax</i>	1 1 1	10 0.1 3

Қолданылған модельдің (CNN) құрылымы: қабаттар саны, сүзгілер өлшемі, белсендіру функциялары (activation function) 1 кестеде айқындалды және екі түрлі құрылым келтірілді. Дегенмен дерекқорлар күрделі фондық шуылдар мен түрлі модельдер негізінде болғандықтан қабат құрамдары дамытылды да, негізгі сүзгі саны [1], [2] жұмыс аясында сақталды. Қабаттарды дамыту барысында үйірткілі қабаттарға соңғы BatchNormalization қабаты жасанды нейрондық желілердің жұмысын тұрақтандыруға және өнімділігін арттыруға мүмкіндік беретін әдіс ретінде қосылды. Жоба 3 классқа негізделгендіктен softmax функциясы қолданылып, сүзгі өлшемі 3-ті құрады. Ал жүйенің жоғалту функциясы ретінде “sparse_categorical_crossentropy” функциясы алынды.

3. Нәтижелер

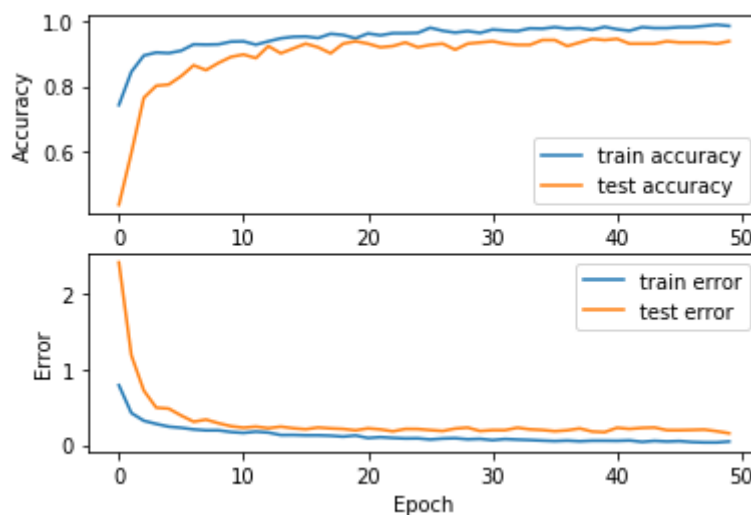
Жоғарыда атап өтілгендей, жұмыс 2 түрлі дерекқормен зерттелді. Бұл дерекқорлар 1 - кестеде құрылған CNN моделінің екі түрлі құрылымы бойынша зерттеліп нәтижелері 1, 2 - кестелерде келтірілді. Жалпы екі дерекқор да үш бөлікке: оқыту (train) 60%, тексеру (validation) 40%, сынау (test) 40% қатынастарында бөлініп үйретілді. Сынау және тексеру бөліктеріндегі деректер модельмен алдын-ала үйретілмеген болды. Оқыту және тексеру деректері модельді бағалау (model evaluation) арқылы 1, 2 - суреттерде нәтижелері келтірілсе, сынау деректері модельді болжау (model prediction) арқылы 2 - кестеде көрініс тапты. Осы тұста, болжам нәтижелерін нақты бейнелеу үшін сынау

деректерінің ішіндегі кездейсоқ таңдалған элементтердің ерекшелік векторы, яғни аудионың сурет бейнесіндегі дерек мәндері 2 - кестеде келтірілді. Ал сынақ Python бағдарламасымен жасалды. CNN моделі Keras нейрондық желі кітапханасымен, ал акустикалық сигналдар Librosa кітапханасымен өңделді.



1 сурет - II дерекқор үшін машиналық оқытудың дәлдігі (accuracy) мен жоғалту (loss) модельдері

Тәжірибие сынақтары барысында epoch саны бірнеше мәндермен тексеріліп, нәтижесінде (63, 20, 1) сурет векторы үшін I дерекқорда 50 эпохта, ал II дерекқорда 100 эпохта жоғалту функциялары “good fit” қисықтарын берді. “Good fit” қисығынның көрінісін 1, 2 - суреттегі “Error” жоғалту функциясының нәтижелерінен көруге болады.



2 сурет - I дерекқор үшін машиналық оқытудың дәлдігі (accuracy) мен жоғалту (loss) модельдері

Ал жүйенің сенімділік деңгейін көрсететін дәлдік қисығын 1, 2 - суреттердегі “Accuracy” көріністерінен байқауға болады.

2 - кесте. [63, 20, 1] өлшемімен CNN модельдерін зерттеу нәтижелері

Дерекқор атауы	MFCC вектор өлшемі	Нейронды модельдер	Болжау дәлдігі	Болжаудың жоғалту шамасы (Loss)	Кездейсоқ элемент нөмірі және болжамы
----------------	--------------------	--------------------	----------------	---------------------------------	---------------------------------------

I дерекқор (DJI P2)	(63, 20, 1)	CNN by_ [1]	94.41 % (50 epoch)	0.15	10 реттік элемент Target label: 0 (Background_ noise); Predicted label: 0 (Background_ noise)
		CNN_by_ [2]	89 % (20 epoch)	0.29	10 реттік элемент Target label: 0 (Background_ noise); Predicted label: 1 (Loaded_UAV)
II дерекқор (бірнеше модельде р)	(63, 20, 1)	CNN_by_ [1]	96.1 % (100 epoch)	0.11	16 реттік элемент Target label: 1 (Loaded_UAV); Predicted label: 1 (Loaded_UAV);
		CNN by_ [2]	81 % (30 epoch)	1.04	15 реттік элемент Target label: 2 (Unloaded_ UAV); Predicted label: 1 (Loaded_UAV);

Осы жұмыс аясында 10 секундтық кіріс аудио файлдарынан 5 бөлікке сегменттеу негізінде (63, 20, 1) өлшемді векторлық ерекшеліктерінің тізбектері біршама жоғары дәлдіктерді көрсеткендіктен, оның машиналық үйренумен алынған нәтижелері 2 - кестеге берілді. Алынған нәтижелерге сүйенсек, [2] зерттеу жұмысының негізінде құрылған CNN моделі көп моделді дерекқор үшін сенімсіз болып анықталды. Әрі қарайғы зерттеу [1] жұмыс негізіндегі дамытылған құрылымға сынақтар жасау арқылы жүзеге асырылды, ал сынақ көрсеткіштері [1] жұмыстың жоғарғы көрсеткішін бермеді, яғни бұл мәселе әлі де кешенді зерттеуді талап ететіндігін алға тартты.

4. Талқылау

Осы жұмыс акустикалық сигналдарды ұшқышсыз әуе көліктерінің жүктемесін бағалау тапсырмасында зерттеуді дронның бір (DJI Phantom 2) және әр түрлі модельдері үшін 1-кесте бойынша құрылған CNN нейрондық желісінің сенімділігін тексеру арқылы жүзеге асырылды. Тәжірибиелік сынақтар барысында жүйенің гиперпараметрлері екі түрлі дерекқор үшін бірдей нәтиже бермеді. Бірнеше ретті сынақ барысында көп модельді дрон дерекқорына жүйе гиперпараметрлері қайта енгізілді. Сондай-ақ дрондардың жүктемесін бағалау жүйесін нақты уақыт үшін құруда қоршаған ортаның шуылы, дрон ұшар аймақтағы өзге қабаттасқан дыбыстардың болуы, үйретілуге берілетін кіріс аудио деректерінің саны және акустикалық сигналдардың жиілік аймағында тиімді әдіспен өңделуі секілді негізі мәселелер ескерілуі тиіс екендігі айқындалды. Ал

дерекқордағы дрон моделі санының ұлғаюы жүйемен өңдеу үшін өз кезегінде жүйенің гиперпараметрлеріне және сол деректердің санының едәуір көп болуы факторына тікелей тәуелді болатындығын көрсетті.

5. Қорытынды

Осы зерттеу жұмысы ұшқышсыз әуе көліктерінің акустикалық сигналдарын олардың жүктемесін бағалау тапсырмасында CNN үйірткілі нейрондық желісімен модель түрлеріне қатысты әсерін зерттеді. Акустикалық сигналдар жиілік ауданында өңделіп, 20 MFCC ерекшелік векторларымен желіге ұсынылды. Сынақтар нәтижесі дрон моделінің ұлғаюы акустикалық сигналдардың күрделі өңделуін қажет ететіндігін көрсетті. Яғни, жүйенің сенімділігін арттыру - қолданылатын нейрондық желінің түріне емес, кірісте берілетін акустикалық сигналдардың тиімді өңделуі тапсырмасына тікелей тәуелді екендігі байқалды. Ал келешек жұмыстар дрон жүктемесін бағалауды акустикалық сигналдың ұзақтығына және алдын-ала өңдеу (Preprocessing) әдістерін зерттеуге арналады.

Әдебиеттер тізімі

- [1] Sh. Li, H. J. Kim, S. Lee, J. C. Gallagher, D. Kim, S. W. Park, E. T. Matson. Convolutional Neural Networks for Analyzing Unmanned Aerial Vehicles Sound,. 18th International Conference on Control, Automation and Systems, 2018.
- [2] D. Lim, H. Kim, S. Hong, S. Lee, G. Kim, A. Snail, L. Gotwals, J. C. Gallagher. Practically Classifying Unmanned Aerial Vehicles Sound using Convolutional Neural Networks. // Second IEEE International Conference on Robotic Computing, 2018.
- [3] Y. Seo., B. Jang and S. Im. Drone Detection Using Convolutional Neural Networks with Acoustic STFT Features. // 2018 IEEE.
- [4] A. Bernardini, F. Mangiatordi, E. Pallotti, L. Capodiferro, F. U. Bordoni, Drone detection by acoustic signature identification. // Society for Imaging Science and Technology, 2017.
- [5] B. Taha, and A. Shoufan. Machine Learning-Based Drone Detection and Classification: State-of-the-Art in Research. // IEEE Access.2019.2942944
- [6] A. Carrio, C. Sampedro, A. Rodriguez-Ramos, and P. Campoy. A Review of Deep Learning Methods and Applications for Unmanned Aerial Vehicles. // Hindawi, Journal of Sensors, 2017.
- [7] S. Shin, S. Park, Y. Kim, and E.T. Matson, Analyze Cost-Efficient System for Small UAS Tracking Using Agent-Based Modeling. // International Workshop on Communication for Humans, Agents, Robots, Machines, and Sensors, HARMS 2015.
- [8] Hari Charan Vemula (2018). Multiple Drone Detection and Acoustic Scene Classification with Deep Learning. Wright State University
- [9] S. Jeon, J. W. Shin, Y. J. Lee, W. H Kim, Y. H. Kwon, and H. Y. Yang. Empirical Study of Drone Sound Detection in Real-Life Environment with Deep Neural Networks. 25th European Signal Processing Conference (EUSIPCO), 2018
- [10] S. Al-Emadi, A. Al-Ali, A. Mohammad, A. Al-Ali. Audio Based Drone Detection and Identification using Deep Learning. 15th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC), 2019.
- [11] K. Yamada, M. Kumon, and T. Furukawa. Belief-Driven Control Policy of a Drone with Microphones for Multiple Sound Source Search. // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), November 4-8, 2019.
- [12] L. Shi, I. Ahmad, Y.J. He, and K.H. Chang. Hidden Markov Model based Drone Sound Recognition using MFCC Technique in Practical Noisy Environments. // Journal of Communications and Networks, vol.20, NO. 5, October 2018
- [13] N. Siriphun, Sh. Kashihara, D. Fall, A. Khurat. Distinguishing Drone Types Based on Acoustic Wave by IoT Device. // 22nd International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC), 21-24 November 2018.
- [14] M. Z. Anwar, Z. Kaleem, and A. Jamalipour. Machine Learning Inspired Sound-Based Amateur Drone Detection for Public Safety Applications. // IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 68, NO. 3, March 2019

- [15] J. Mezei, V. Flaska, A. Molnar. Drone Sound Detection. // 16th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics, 19-21 November, 2015.
- [16] J. Mezei, A. Molnar. Drone Sound Detection by Correlation. // 11th IEEE International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics, May 12-14, 2016.
- [17] M. Basiri, Felix Schill, P. Lima, and D. Floreano. On-Board Relative Bearing Estimation for Teams of Drones Using Sound. // IEEE Robotics and Automation letters, vol.1, NO.2, July 2016.
- [18] J. Kim, Ch. Park, J. Ahn, Y. Ko, J. Park, J.C. Gallagher. Real-time UAV Sound Detection and Analysis System. // IEEE Sensors Applications Symposium (SAS), 13-15 March 2017.
- [19] R. P. Fernandes and J. A. Apolinario Jr., Antonio L.L. Ramos. Bearings-only aerial shooter localization using a microphone array mounted on a drone. // IEEE 8th Latin American Symposium on Circuits & Systems (LASCAS), 20-23 February, 2017.
- [20] H. Liu, Zh. Wei, Y. Chen, J. Pan, L. Lin, Y. Ren. Drone Detection based on An Audio-assisted Camera Array. // IEEE Third International Conference on Multimedia Big Data, 2017.
- [21] L. Wang, and A. Cavallaro. Acoustic Sensing From a Multi-Rotor Drone. // IEEE Sensors Journal, vol. 18, NO. 11, June 1, 2018
- [22] S. Park, S. Shin, Y. Kim, E. T. Matson, K. Lee, J. C. Slatter, M. Scherreik, M. Sam, J. C. Gallagher, P. J. Kolodzy, B. R. Fox and M. Hopmeier. Combination of Radar and Audio Sensors for Identification of Rotor-type Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). // IEEE Sensors, 1-4 Nov. 2015.
- [23] P. Misra, A. A. Kumar, P. Mohapatra, Balamuralidhar P. Aerial Drones with Location-Sensitive Ears. // IEEE Communications Magazine, vol. 56, Issue: 7, July 2018.
- [24] O. Ruiz-Espitia, J. Martinez-Carranza, and C. Rascon. AIRA-UAS: an Evaluation Corpus for Audio Processing in Unmanned Aerial System. // International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), June 12-15, 2018.
- [25] P. Misra, A. A. Kumar, P. Mohapatra, Balamuralidhar P. DroneEARS: Robust Acoustic Source Localization with Aerial Drones. // IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), May 21-25, 2018.
- [26] Y. Seo, B. Jang, and S. Im. Drone Detection Using Convolutional Neural Networks with Acoustic STFT Features. // 15th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS), 27-30 Nov. 2018.

INVESTIGATION OF ACOUSTIC SIGNALS IN UAV DETECTION TASKS FOR VARIOUS MODELS

D. Utebayeva¹, L. Ilipbayeva²

¹Satbayev University, ²International IT university, Almaty, Kazakhstan
e-mail: ¹dana.utebaieva@gmail.com, ²l.ilipbayeva@edu.iitu.kz

Abstract. *Unmanned aerial vehicles (UAVs) are widely used due to their availability. Revealing the illegal use of small vehicles in various fields requires solving a special scientific and technical problem. The use of acoustic signals in UAV detection has become an important and effective area of research. This project aims to accomplish the task of classifying loaded and unloaded UAVs by one of their models and by several models using CNNs (Convolutional Neural Networks) based on sound data from flights. Since the main obstacle in solving this system is the impact of ambient sounds, the data of the acoustic signals of the UAVs was classified into three groups, such as “No UAV: background noise”, “Unloaded UAV” and “Loaded UAV”. The characteristics of acoustic signals from several series of the same object with neural networks were studied.*

Keywords: *unmanned aerial vehicles, UAV sound classification, acoustic signals, loaded UAVs, and unloaded UAVs, convolutional neural networks.*

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В ЗАДАЧАХ ОБНАРУЖЕНИЯ БПЛА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ

Д. Утебаева¹, Л. Илипбаева²

¹Satbayev University, ²МУИТ, Алматы, Республика Казахстан.
e-mail: ¹dana.utebaieva@gmail.com, ²l.ilipbayeva@edu.iitu.kz

Аннотация. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) широко используются благодаря их доступности. Выявление незаконного использования небольших транспортных средств в различных областях требует решения специальной научно-технической задачи. Использование акустических сигналов при обнаружении БПЛА стало важной и эффективной областью исследований. Этот проект направлен на выполнение задачи классификации загруженных и незагруженных БПЛА по одной из их моделей и по нескольким моделям с использованием CNN (сверточные нейронные сети) на основе звуковых данных от полетов. Поскольку основным препятствием в решении этой системы является воздействие окружающих звуков, данные акустических сигналов БПЛА были классифицированы на три группы, такие как «Нет БПЛА: фоновый шум», «Незагруженный БПЛА» и «Загруженный БПЛА», и были изучены характеристики акустических сигналов нескольких серий одного и того же объекта с нейронными сетями.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, классификация звуков БПЛА, акустические сигналы, загруженные БПЛА, незагруженные БПЛА, сверточные нейронные сети.



КОСМИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И РОБОТОТЕХНИКА

APPLICATION OF THE METHOD OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE AERODYNAMIC PARAMETERS OF A MODERNIZED UAV

V.N. Kryuchkov, V.V. Savinkin, A.A. Solodovnik

M.Kozybayev North Kazakhstan State University, Petropavlovsk, Kazakhstan
vasya2030@mail.ru, cavinkin7@mail.ru, aasolodovnik@mail.ru

Annotation. The article the general design and aerodynamic aspects of the design of an unmanned aerial vehicle intended for monitoring objects in the upper hemisphere at night is introduced. The prospect of using the system is seen both in the interests of the defense department and fundamental and applied studies of the atmosphere and near space. The advantages of the system are determined by the ability to overcome tropospheric clouds and the use of the most efficient optical sensors. The basic model in the implementation of the project is the GeoScan 201 unmanned aerial vehicle, which has the required performance characteristics. The main attention in the work is paid to the modernization of the general structure of the airframe, the need for which is dictated by the installation of a container with optical equipment. Design considerations for changing the profile of the airframe leading to minimizing the effect of the compartment are proposed. Registration devices will be installed in this compartment. Preliminary calculations have been completed. They were further tested in the course of an experiment using models of aerodynamic profiles of unmanned aerial vehicles and an Armfield C15 wind tunnel. The test results are presented graphically and interpreted. Further actions to achieve the best flight performance of an unmanned aerial vehicle aimed at monitoring the upper hemisphere are proposed.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle, Space, Wind Tunnel, Forces, Experimental research.

Introduction

According to the military doctrine of the Republic of Kazakhstan, modern military conflicts are distinguished by their activity, transience, the expansion of the scope of the war (in outer space and information space), as well as the high voltage of the forces and resources of the state in armed struggle [1]. In this regard, the direction associated with the continuous tracking of spacecraft and the accumulation of information about them is of great importance for the country's defense. Satellite radar is difficult due to its small size and large distances. In this regard, we put forward the idea of monitoring these devices using photomultipliers, which make it possible to consider even dimly lit objects. However, observations in the visible range from the Earth's surface are often hampered by dense tropospheric clouds. Based on our analysis [2], it was shown that statistically dense clouds form at heights of no more than 3.5 km.

Such heights are available to a wide range of aircraft and, in particular, unmanned aerial vehicles. Proceeding from this, we see a solution to the problem of increasing the efficiency of monitoring the upper sphere in the designing (and possibly modernization) of an unmanned aerial vehicle that can rise to heights of up to 4,000 m with the possibility of installing a container with scientific equipment. This container may be a dome camera with a gyro area for panoramic shooting during the flight.

The study of a fairly large number of different aircraft, led to the choice of the basic model of the UAV GeoScan 201, the characteristics of which are given below [3]:

Max. take-off weight:	8,5 kg
Flight speed:	64-130 km/h
Flight Duration:	up to 3 hours
Max. payload weight:	1,5 kg
Max. flight height:	4000 m
Operating temperature:	from -40 to +40 °C

As it can be seen from these characteristics, this device has a sufficient practical. Maximum flight altitude to overcome dense tropospheric clouds, and is also able to take a fairly decent mass of payload, which allows us to modify this side for our tasks.

As a payload, we chose two video surveillance devices - one camera with a viewing angle of 180° for viewing the front hemisphere of the aircraft, installed in the front of the hull, and the second, aimed at the Zenith and equipped with a photomultiplier. For tracking satellites installed in the middle of the fuselage.

To justify the choice of the optimal aerodynamic shape of the dome, it is necessary to calculate the different types of domes based on the airframe. For this, various mathematical models were selected that describe the flow of subsonic air masses based on the parameters of the standard atmosphere model [4].

We have developed several modifications of the airframe for our tasks.

As a result of mathematical research of all models, it was detected that, the methodology of which was described in [3] revealed that when the vehicle moves with an average cruising speed of 20 m/s , the change in ambient temperature can be neglected, since the change occurs only by hundredths fractions of a degree.

It was also concluded that the last modification, presented as project 6, practically does not make changes in the moments of pitch forces and drag forces F_r and lifting forces F_l . In some cases, the drag force, as expected, increases. It can be observed when visualizing the air flows around the airframe. The lifting force F_l behaves interestingly, which increased slightly by 20% after the first modification, but then gradually decreased to 86 N. But the most significant results of the study are changes in the moments of forces M_x , M_y , M_z acting on the designed glider. The moment of pitch M_x relative to the horizontal axis perpendicular to the direction of movement of the airframe was changed by increasing the resistance F_r . But it can be compensated by deflecting the flaperons up to 5 degrees until a significant contribution is made to the drag force, which will entail some change in the aerodynamic shape. Changing the geometry and shape of the design will ultimately affect the duration of the flight. These changes will reduce flight time in the range of 15-20%.

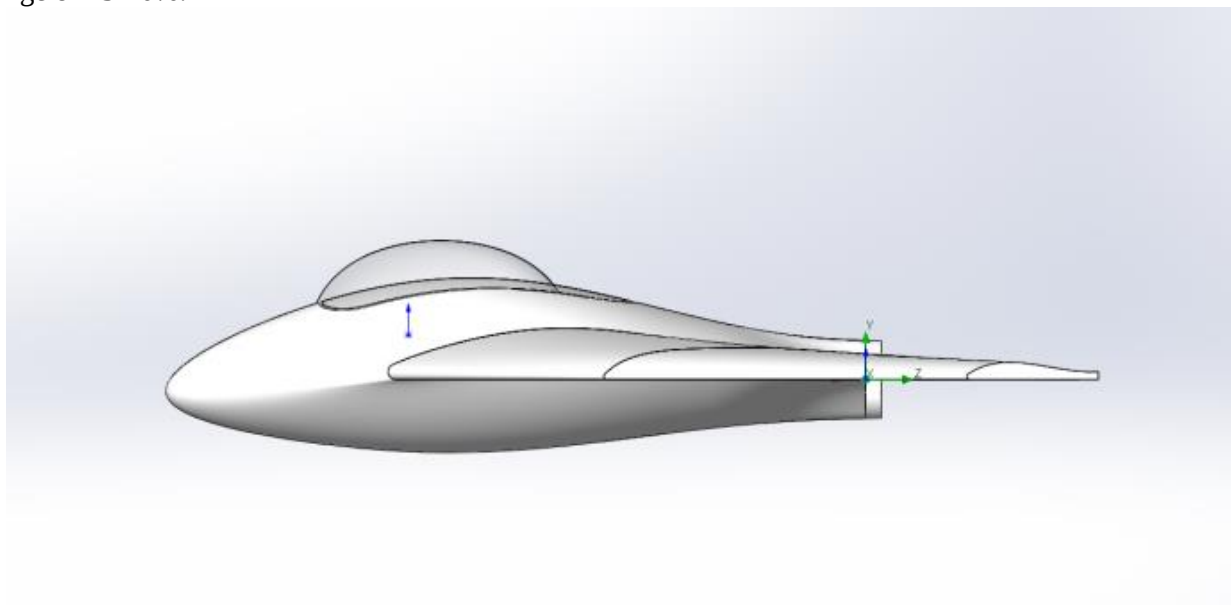


Figure 1 – Airfoil of UAV Project #6

Thus, we have shown that at an angle $\alpha = 6$ degrees, characteristic for the horizontal flight of most aircraft, the last modification with a streamlined Airfoil is the most optimal for the implementation of our project.

Next, we carried out a mathematical analysis of the changes in the lifting force F_l and the Drag force F_r depending on the angle of attack when it varies from 0 to 10 degrees.

It was found that with an increase in the angle of attack α from 0 to 10 degrees, the lifting force F_l and the pitch moment M_x increase, as was predicted in [5]. The pitch moment also increases from 3 to 16 $\text{N}\cdot\text{m}$ with an increase in the angle of attack from 1 to 10 degrees almost linearly. This process is explained by the fact that the difference in the total forces applied to the bow and tail of the airframe increases due to different surface areas. Particular attention should be paid to the result, where there is a clear minimum of resistance forces $F_r = 2.14 \text{ N}$ with an angle of attack $\alpha = 5$ degrees, in contrast to the standard values of the angle of 60 degrees. Glider fairing must be taken into account when changing autopilot programs.

Another way to reduce the influence of the fairing on the aerodynamic characteristics is to add a wing in the rear of the fuselage, which can move relative to it and compensate for the created moment imbalance.

Hence we have a need for practical verification of the results of our mathematical studies on a wind tunnel.

Materials and methods

The Experiment will be carried out on equipment Armfield C15-10 (Figure 2). It allows to study the processes of flow around air masses at speeds from 0 to 32 m/s for models with overall dimensions of not more than 100x100x120 mm [6].

This setup allows you to explore the lift force and drag force and to consider the pressure distribution behind the investigated objects.



Figure 2 – Computer Controlled Wind tunnel Armfield C15-10

The readings are carried out in software, where all values are presented in cells, as shown on the left in Figure 3. This allows you to visually see what changes occur with the air flow blowing around the sample during testing. When obtaining quantitative data, a tabular view of the material presentation is used, indicated in Figure 3 on the right. This table can be exported to MS Excel for the convenience of data processing.

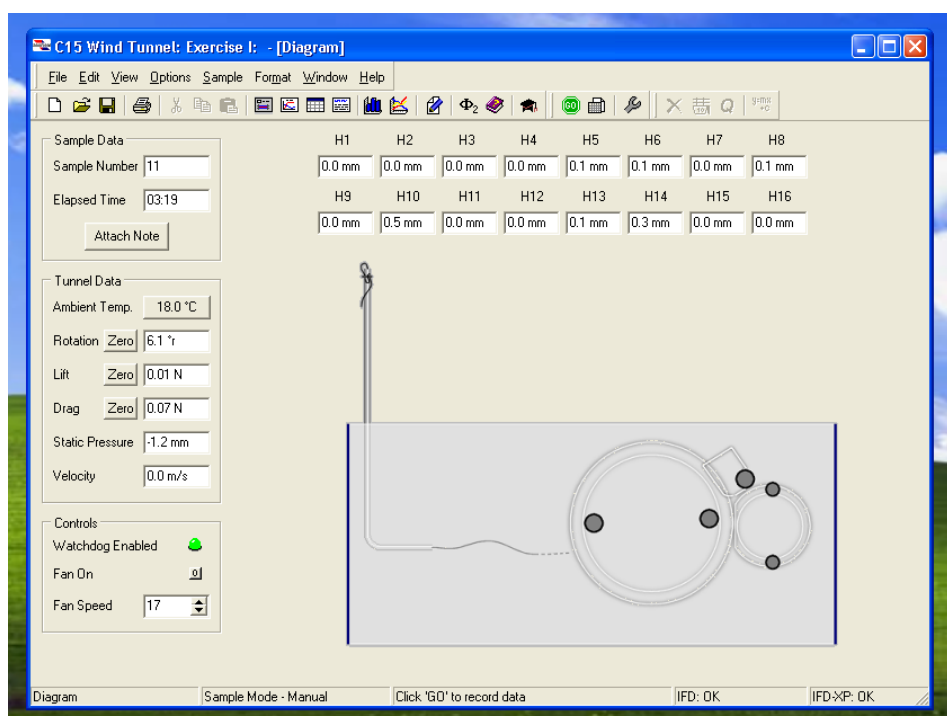


Figure 3 – Screenshot of a program designed to work with a Wind tunnel Armfield C15

In previous works [3, 5], we made conclusions about the need to make changes to the design of the airframe and supplement it with the wing. When moving the wing, you can achieve changes in aerodynamic performance to create optimal flight parameters of the device. As the studied models, aerodynamic profiles of the models along the central plane of symmetry without additional structural elements (Sample 1) and with the designed wing (Sample 2) were created, which are shown in Figure 4, 5.

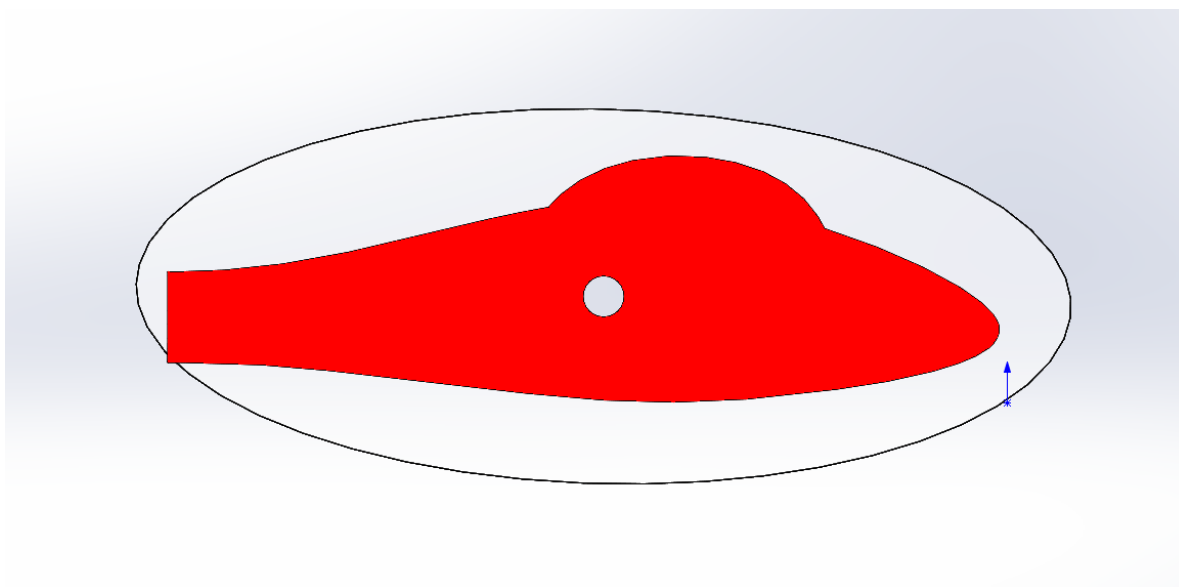


Figure 4 – The Airfoil of Fuselage Sample 1

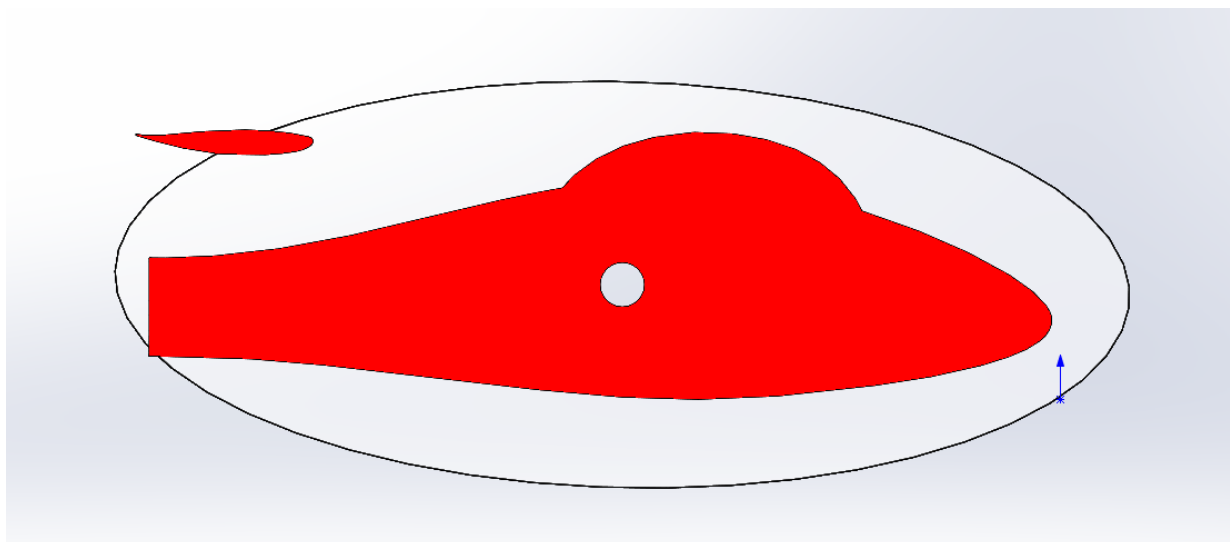


Figure 5 – The Airfoil of Fuselage Sample 2

Our main task is to obtain the dependences of the lift force and the drag force of two samples on the angle of attack. These experiments were carried out at a fan speed of 63%, which corresponds to a flow velocity of 20 m / s. The angle of attack varied between -2 and 14 degrees. Zero angle corresponds to the horizontal position of the fuselage chord.

The test data are shown in table 1.

Table 1 – Dependence of Lift and Drag forces for two Samples

Angle of Attack/ $^{\circ}$	Sample 1		Sample 2	
	Lift force/ N	Drag force/ N	Lift force/ N	Drag force/ N
-2,2	-0,32	0,12	-0,6	0,03
0	-0,27	0,14	-0,51	0,03
2	-0,07	0,23	0,31	0,28
4	-0,06	0,09	-0,22	0,17
6	0,23	0,34	-0,04	0,29
8	0,31	0,41	0,23	0,4
10	0,61	0,39	0,48	0,39
12	0,62	0,41	0,78	0,44
14	0,63	0,22	0,78	0,3

Based on the results of these data, graphs of the dependencies of the Lift force and the Drag force were constructed, as shown in Figures 6 and 7.

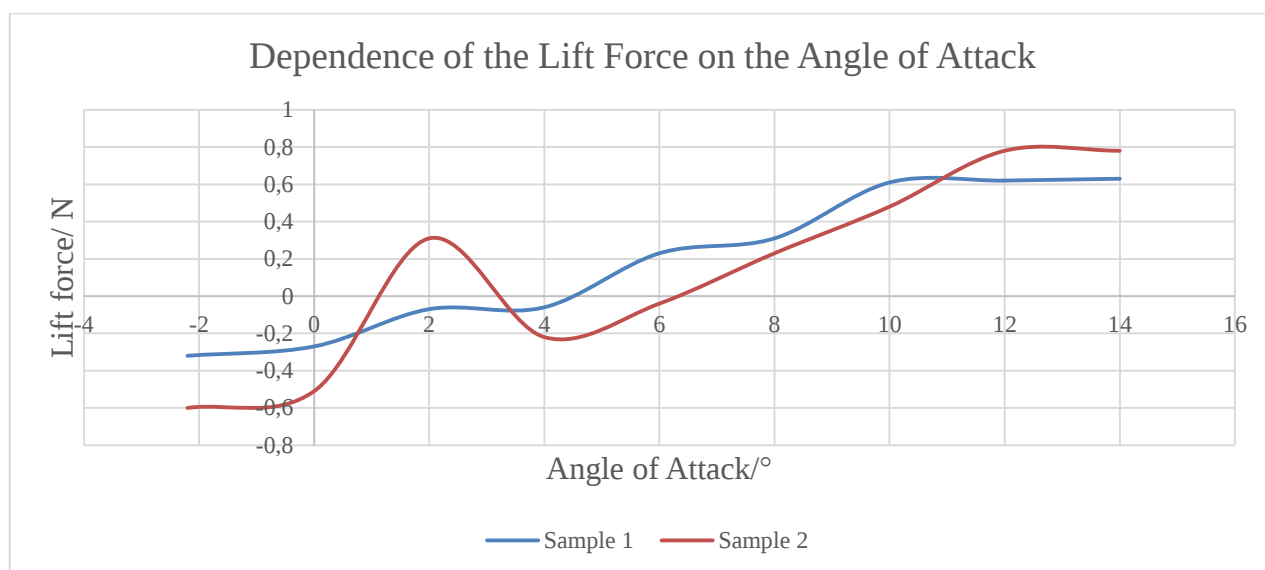


Figure 6 – Graph of the Dependence of the Lift Force (in N) on the Angle of Attack (in °)

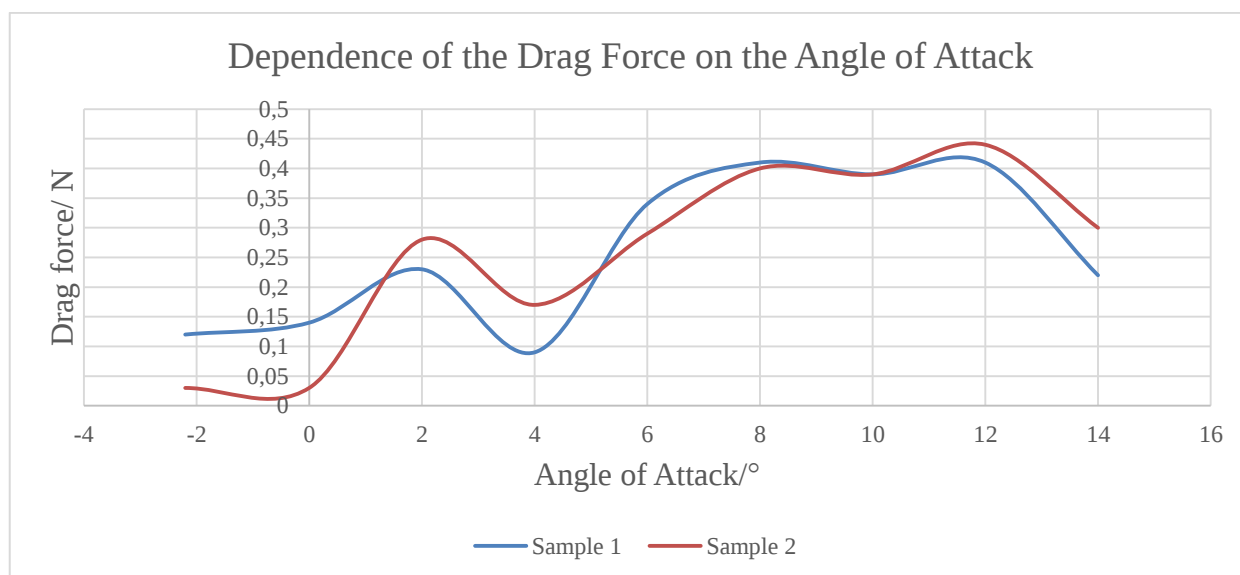


Figure 7 – Graph of the Dependence of the Drag Force (in N) on the Angle of Attack (in °)

As can be seen from the first graph, the lift forces of both samples are almost linear functions, only the second sample has a small local maximum near the angle of attack of 2 degrees. The second graph shows the graphs of the dependence of the Drag forces acting on samples 1 and 2. The graphs are not linear, but they have almost the same trend, with the exception of several fluctuations.

Conclusions

As can be seen from Figure 6, the wing contributes to a decrease in lift under equal conditions in the area from 3 to 11 degrees of the angle of attack. It is explained by the creation of a balancing Pitch M_x , which must be compensated for by increasing the load in the nose of the aircraft. The Drag force shown in Figure 7, this additional element, as can be seen from the graph, affects slightly. Thus, we can conclude that this element actually allows us to change the pitch M_x of forces in flight, compensating for it by changing the position in space relative to the UAV.

In the future, we are going to continue working with the sample, because it is necessary to determine the optimal range of movement of the wing relative to the airframe depending on various flight parameters in order to achieve the best flight characteristics of the UAV.

LIST OF REFERENCES

- [1]. On the approval of the Military doctrine of the Republic of Kazakhstan. Decree of the President of The Republic of Kazakhstan from the 29th of September, 2017 № 554. (On the approval of the Military doctrine of the Republic of Kazakhstan. Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated September 29, 2017 No. 554.) Available at: <https://www.gov.kz/legalacts/details/U1700000554?lang=ru#z10> (accessed 22 July 2020)
- [2]. Savinkin V.V., Solodovnik A.A., Kryuchkov V.N., Monitoring verhnjej atmosfery Zemli s ispol'zovaniem bespilotnyh letatel'nyh apparatov [Monitoring of the Earth's upper atmosphere using unmanned aerial vehicles] Zhurnal "Evrazijskij soyuz uchenyh" - "Eurasian Union of Scientists" journal, 2018, no. 11(56) Part. 8, pp. 25-30
- [3]. Kryuchkov V.N., Solodovnik A.A., Savinkin V.V. Modernization of Unmanned Aerial Vehicle for monitoring near Space / Vestnik Almatinskogo Universiteta Energetiki i Svyazi - Vestnik Almaty university of power energy and telecommunications, 2019, no. 3(46), pp. 58-64
- [4]. Anderson, John David. Fundamentals of Aerodynamics. Fifth Edition. McGraw-Hill, 2016.
- [5]. Kryuchkov V., Savinkin V., Solodovnik A., Kryuchkova L. Investigation of Flow Processes of Modernized UAV Using Mathematical Model of Numerical Simulation/ International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD) ISSN(P): 2249–6890; ISSN(E): 2249–8001 Vol. 10, Issue 2, Apr 2020, 535–554
- [6]. Instruction Manual /Wind Tunnel/ Armfield C15-10/ Hampshire, England BH24 1DY

ЖАҢҒЫРТЫЛҒАН ҰШҚЫШСЫЗ ҰШАТЫН АППАРАТТЫҢ АЭРОДИНАМИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ ӘДІСІН ҚОЛДАНУ

В.Н. Крючков, В.В. Савинкин, А.А. Солодовник

М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан Мемлекеттік Университеті, Петропавл, Қазақстан
Республикасы
vasya2030@mail.ru, cavinkin7@mail.ru, aasolodovnik@mail.ru

***Аңдатпа.** Мақалада түнгі уақытта жоғарғы жарты шардағы нысандарды бақылауға арналған ұшқышсыз ұшу аппаратын жобалаудың жалпы құрылымдық және аэродинамикалық аспектілері қарастырылады. Жүйені пайдаланудың болашағы қорғаныс ведомствосының мүдделерінде, сондай-ақ, атмосфера мен жақын ғарышты іргелі және қолданбалы зерттеулерде де көрінеді. Жүйенің артықшылықтары тропосфералық бұлттылықты жеңу және ең тиімді оптикалық датчиктерді пайдалану мүмкіндіктерімен анықталады. Жобаны іске асырудың базалық моделі талап етілетін пайдалану сипаттамалары бар GeoScan 201 ҰҰА болып табылады. Жұмыста оптикалық жабдығы бар контейнерді орнату қажеттілігінен туындайтын планердің жалпы құрылымын жаңартуға басты назар аударылды. Тіркеге арналған аспаптар орнатылатын бөліктің әсерін барынша азайтуға жетекші планер профилін өзгерту бойынша сындарлы ойлар ұсынылды. Бұдан әрі ҰҰА аэродинамикалық профильдері мен Armfield C15 аэродинамикалық құбырының үлгілерін пайдалана отырып, эксперимент барысында тексерілген алдын ала есептеулер орындалды. Сынақ нәтижелері графикалық түрде ұсынылған және түсіндірілген. Жоғарғы жарты шарды бақылауға бағытталған ұшқышсыз ұшу аппаратының ең жақсы ұшу сипаттамаларына қол жеткізуге арналған іс-әрекеттер ұсынылды.*

***Түйін сөздер:** Ұшқышсыз ұшатын аппарат, Ғарыш, күштер, Wind Tunnel, эксперименттік зерттеу.*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО БПЛА

В.Н. Крючков, В.В. Савинкин, А.А. Солодовник

Северо-Казахстанский Государственный Университет им. М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан
vasya2030@mail.ru, cavinkin7@mail.ru, aasolodovnik@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются общеконструктивные и аэродинамические аспекты проектирования беспилотного летательного аппарата, предназначенного для мониторинга объектов в верхней полусфере в ночное время суток. Перспективность использования системы видится как в интересах оборонного ведомства, так и фундаментальных и прикладных исследований атмосферы и ближнего космоса. Преимущества системы определяются возможностью преодоления тропосферной облачности и использованием наиболее эффективных оптических датчиков. Базовой моделью в реализации проекта является БПЛА GeoScan 201, обладающий требуемыми эксплуатационными характеристиками. Основное внимание в работе обращено на модернизацию общей конструкции планёра, необходимость которой диктуется установкой контейнера с оптическим оборудованием. Предложены конструктивные соображения по изменению профиля планера, ведущего к минимизации влияния отсека, в котором будут установлены приборы для регистрации. Выполнены предварительные расчёты, которые в дальнейшем проверены в ходе эксперимента с использованием моделей аэродинамических профилей БПЛА и аэродинамической трубы Armfield C15. Графически представлены и интерпретированы результаты испытаний. Предложены дальнейшие действия для достижения наилучших летных характеристик беспилотного летательного аппарата, нацеленного на мониторинг верхней полусферы.

Ключевые слова: Беспилотный Летательный Аппарат, Космос, Аэродинамическая Труба, силы, Экспериментальное исследование.



КОСМИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И РОБОТОТЕХНИКА

МРНТИ 55.30.01

КИНЕМАТИКА РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА И АППРОКСИМАЦИЯ ЕГО РАБОЧЕЙ ОБЛАСТИ

К.И. Танырбергенова

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан
kamila.tanyrbergen@gmail.com

Аннотация. Объектом исследования являются методы аппроксимации рабочей области робота-манипулятора типа «двухзвенник». Целью исследования является разработка и реализация методов аппроксимации рабочей области робота с предопределенной точностью с учетом различных ограничений. Математическое моделирование аппроксимации рабочей области робота служит предметом данного исследования. Данное исследование базируется на важности аппроксимации рабочей области движения рабочего органа робота, разработка позволяет сделать расчеты с учетом ограничений и планировать траекторию перемещений робота на рабочей поверхности. В результате исследования была выполнена задача аппроксимации рабочей области робота-манипулятора с заданной точностью, были смоделированы положения рабочего органа и решена прямая и обратная задачи кинематики робота.

Ключевые слова: робот-манипулятор, робототехника, рабочая область робота, кинематика робота, аппроксимация рабочей области робота.

Прогресс в области artificial intelligence и робототехнике являются прорывными инновациями, имеющими неограниченные возможности и способными конструктивно поменять многие аспекты жизни, включая экономические и социальные нюансы жизни общества. Согласно оценкам [1], оборот рынка промышленных роботов в 2016 году составил 33 миллиарда долларов, включая цену программного обеспечения, периферийных приборов и инженерных систем и комплексов.

Большая часть робототехнических комплексов сосредоточены в США, Японии и Европе. Касательно Европы – это робототехнические ансамбли Германии, Франции и Великобритании, и у последней, к удивлению, в меньшей степени. Так же стремительно развивается данная стезя в Корее и Китае. Следует отметить, что на данные страны приходится основной массив патентных заявок в области робототехники [2].

В статье рассматривается робот-манипулятор типа «двухзвенник». Данная модель робота выбрана не случайно. Роботы находят свое применение в производстве, космической и военной промышленности, автомобилестроении, медицине и многих других областях. Робот-манипулятор типа «двухзвенник» применяется в самых различных областях промышленности.

В статье не рассматриваются вопросы динамики и управления роботом. Для данного робота приводятся уравнения, описывающие кинематику, производится аппроксимация рабочей области.

Актуальность данного исследования заключается в следующем: наиболее приближенное вычисление рабочей области от всей выделенной рабочей поверхности имеет важное значение для выполнения целевого функционала роботом-манипулятором, что является сложной и одной из важнейших задач [3]. Это связано с тем, что при работе любого робота очень важно избегать возникновения сингулярности [4] и самопересечения механизмов и частей робота в целях сохранения его рабочего состояния и контроля над принятием решений по его управлению. Следует учитывать влияние всевозможных ограничений на движения. Проблематика исследования состоит в том, что задача оценки перемещения рабочего устройства (органа) робота в конкретную точку в пространстве невозможна без наличия сколько-нибудь приближенной информации об его рабочей области.

Объектом исследования являются методы аппроксимации рабочей области робота-манипулятора типа «двухзвенник». Целью исследования является разработка и реализация методов

аппроксимации рабочей области робота с predetermined точностью с учетом различных ограничений. Математическое моделирование аппроксимации рабочей области робота служит предметом данного исследования.

Были изучены сторонние алгоритмы аппроксимации рабочей области для разных моделей роботов, такие как методы интервального анализа для вычисления рабочей области робота, в том числе метод Кравчика, метод неравномерных покрытий, предложенный Евтушенко Ю.Г. [5, 6].

Кинематические уравнения движения робота-манипулятора используются для того, чтобы описать перемещение рассматриваемого объекта в системе координат (пространстве). По той причине, что при поступательном движении все точки объекта движутся одинаково, его, и это является достаточно классическим решением, удобно представлять материальной точкой: она имеет определенную массу, однако её размерами можно пренебречь. При поступательном движении наиболее удобней пользоваться декартовой системой координат. Положение такой точки в пространстве опишем радиус-вектором $\vec{r}$.

Имеется манипулятор робота с двумя сегментами и двумя шарнирами, изображенный на рисунке 1. На одном из концов манипулятора находится конечное звено, которое определяет рабочий инструмент (орган), положением которого необходимо управлять, то есть перемещать в нужную нам точку координат. Однако следует отметить, что мы не имеем непосредственной возможности контролировать позицию конечного звена и можем только поворачивать шарниры, на месте которых выступают двигатели.

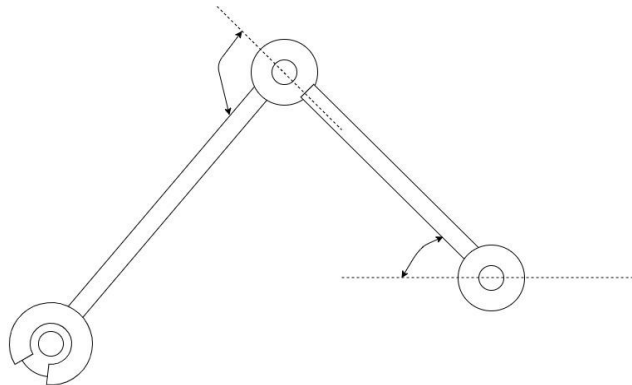


Рисунок 1 – робот-манипулятор с двумя сегментами и двумя шарнирами

На рисунке 2 изображена схема робота-манипулятора с обозначениями.

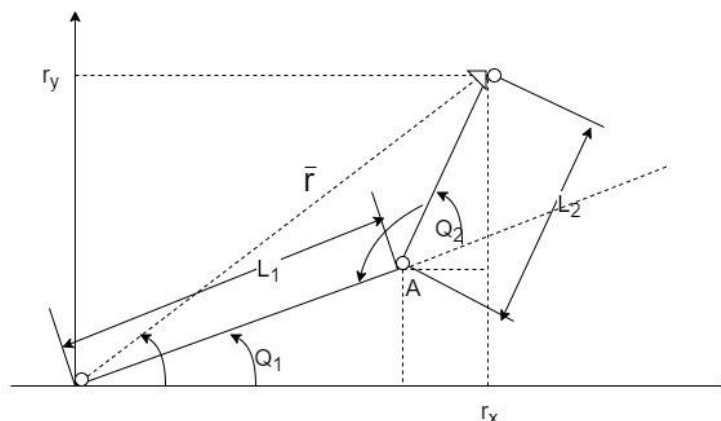


Рисунок 2 – схема робота-манипулятора с обозначениями

Положение точки в пространстве, задаваемое радиус-вектором $\vec{r}$, можно спроектировать на оси координат, тогда получим систему скалярных уравнений. Эти уравнения и называют кинематическими уравнениями движения. Значения r_x , r_y задают координаты радиус-вектора. В нашем случае вид системы уравнений примет следующий вид согласно формуле (1):

$$\begin{cases} r_x = L_1 * \cos(Q_1) + L_2 * \cos(Q_1 + Q_2), \\ r_y = L_1 * \sin(Q_1) + L_2 * \sin(Q_1 + Q_2), \end{cases} \quad (1)$$

где r_x, r_y – координаты радиус-вектора $\vec{r}$, L_1 – длина плеча робота, L_2 – длина предплечья, Q_1 – угол между осью абсцисс и плечом робота, Q_2 – угол между предплечьем и локальной системой координат, образованной мнимым продолжением плеча.

Вид системы кинематических уравнений с налагаемыми ограничениями описан в формуле (2):

$$\left\{ \begin{array}{l} r_x = L_1 * \cos(Q_1) + L_2 * \cos(Q_1 + Q_2), \\ r_y = L_1 * \sin(Q_1) + L_2 * \sin(Q_1 + Q_2), \\ Q_{1min} < Q_1 < Q_{1max}, \\ Q_{2min} < Q_2 < Q_{2max}, \\ 0 < L_1 < m = const, \\ 0 < L_2 < M = const, \\ x_m < x < X_M, \quad y_m < y < Y_M, \\ \Omega = \{ x, y \in R \mid x = r_x, y = r_y \}, \\ x_a = L_2 * \cos(Q_2), \\ x_b = L_2 * \sin(Q_2), \end{array} \right. \quad (2)$$

где: $Q_{1min}, Q_{1max}, Q_{2min}, Q_{2max}$ – минимальные и максимальные возможные значения Q_1, Q_2 , с учетом самопересечения (подсчитаны эвристическим методом), m, M – максимальные допустимые значения длины плеча и предплечья соответственно (согласно параметрам конструкции), x_m, X_M, y_m, Y_M – ограничения на нижнюю и верхнюю границы значений для радиус-вектора (рабочая поверхность), $\Omega = \{ x, y \in R \mid x = r_x, y = r_y \}$, x_a, x_b – координаты рабочего органа в локальной системе отсчета.

Уравнения решения обратной задачи кинематики приведены ниже (3):

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_1 = \arccos\left(\frac{r_x}{\sqrt{r_x^2 + r_y^2}}\right) - \arccos\left(\frac{(r_x^2 + r_y^2) + L_1^2 - L_2^2}{2L_1\sqrt{r_x^2 + r_y^2}}\right) \\ Q_2 = \pi - \arccos\left(\frac{L_1^2 + L_2^2 - (r_x^2 + r_y^2)}{2L_1L_2}\right) \end{array} \right. \quad (3)$$

Предложенный алгоритм аппроксимации рабочей области реализуем методом циклического перебора параметров. Поэтому назовем его *алгоритмом аппроксимации методом циклического перебора параметров с учетом ограничений*. Алгоритм делает множество проходов по циклам, используя формулы кинематических уравнений и ограничений (2) и алгоритм бинарного дерева, вычисляет рабочую область для робота манипулятора с точностью ε .

Запишем с краткими пояснениями предложенный алгоритм:

- 1 шаг. Определяем функции, задающие ограничения
- 2 шаг. Задаем размеры допустимого множества, охватывающего множество Ω .
- 3 шаг. Задаем точность $\varepsilon > 0$.

4 шаг. Инициализируем списки $L = L_0$ (ListX, ListY).

5 шаг. Начинаем проход по внешнему циклу (по Q_1), :

6 шаг. Если списки не пусты, переходим к 8 шагу, иначе следующий шаг.

7 шаг. Обозначаем векторный максимум Max функции (значения r_x, r_y при максимальном раскрытии плеча и предплечья при данном в итерации угле $Q_1, Q_2=0$) и выделим векторный минимум min (значения r_x, r_y при данном $Q_1, Q_2=180$). Обозначим их $(r_{x\max}, r_{y\max})$ и $(r_{x\min}, r_{y\min})$ соответственно. Вычислим медиану как величину угла Q_2 при максимуме и минимуме функции $\text{med} = (180+0)/2 = 90$. *Примечание:* При выполненных условиях $\text{Max} = (r_{x\max}, r_{y\max}) > (r_x, r_y)$ и $\text{min} = (r_{x\min}, r_{y\min}) < (r_x, r_y)$ вероятнее входит в зону покрытия.

8 шаг. Начинаем проход по внутреннему циклу (по Q_2) по алгоритму бинарного дерева. Если Q_2 меньше медианы med , то переходим к шагу 9, иначе переходим к шагу 8б.

8б шаг. Присваиваем в формуле 1 вместо $(Q_1 + Q_2)$ новое значение: $\pi - (Q_1 + Q_2)$ для тупых углов.

9 шаг. Вычисляем r_x, r_y , используя кинематические уравнения (1).

10 шаг. Решаем обратную задачу кинематики для данных параметров r_x, r_y , вычисляем Q_{1buf}, Q_{2buf} . Продолжаем вычисление, если отношение $|Q_{1buf} - Q_1| / \max(Q_{1buf}, Q_1) * 100\% \leq 1$, $|Q_{2buf} - Q_2| / \max(Q_{2buf}, Q_2) * 100\% \leq 1$, иначе переходим к следующей итерации цикла (шаг 8).

11 шаг. Вычисляем r_{xbuf}, r_{ybuf} , используя кинематические уравнения (1) и полученные Q_{1buf}, Q_{2buf} . Включаем (r_x, r_y) в покрытие, если отношение $|r_{xbuf} - r_x| \leq \varepsilon$, $|r_{ybuf} - r_y| \leq \varepsilon$.

12 шаг. Если внутренний цикл завершен, переходим на шаг 5, иначе на шаг 8.

13 шаг. Вывод списка координат, составляющих покрытие.

В алгоритме используются решение прямой задачи кинематики робота манипулятора и широко известный алгоритм построения бинарного дерева. Блок-схема реализованного алгоритма представлена на рисунке 3.

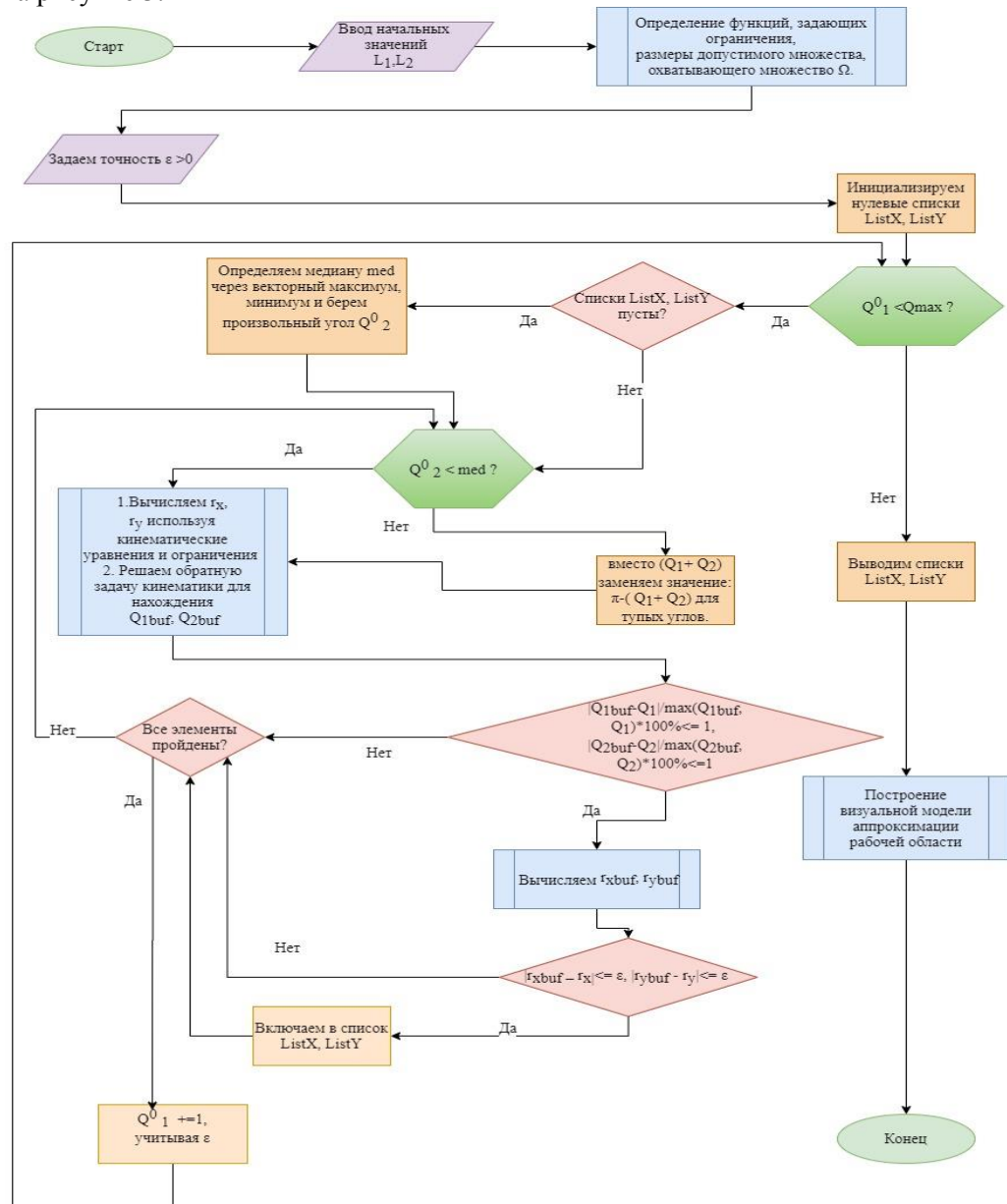


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма аппроксимации рабочей области

Результат работы алгоритма аппроксимации рабочей области с дифференцированными ограничениями и заданной точностью $\varepsilon=1$ и с начальными данными $L_1=30$, $L_2=20$ представлен на рисунке 4.

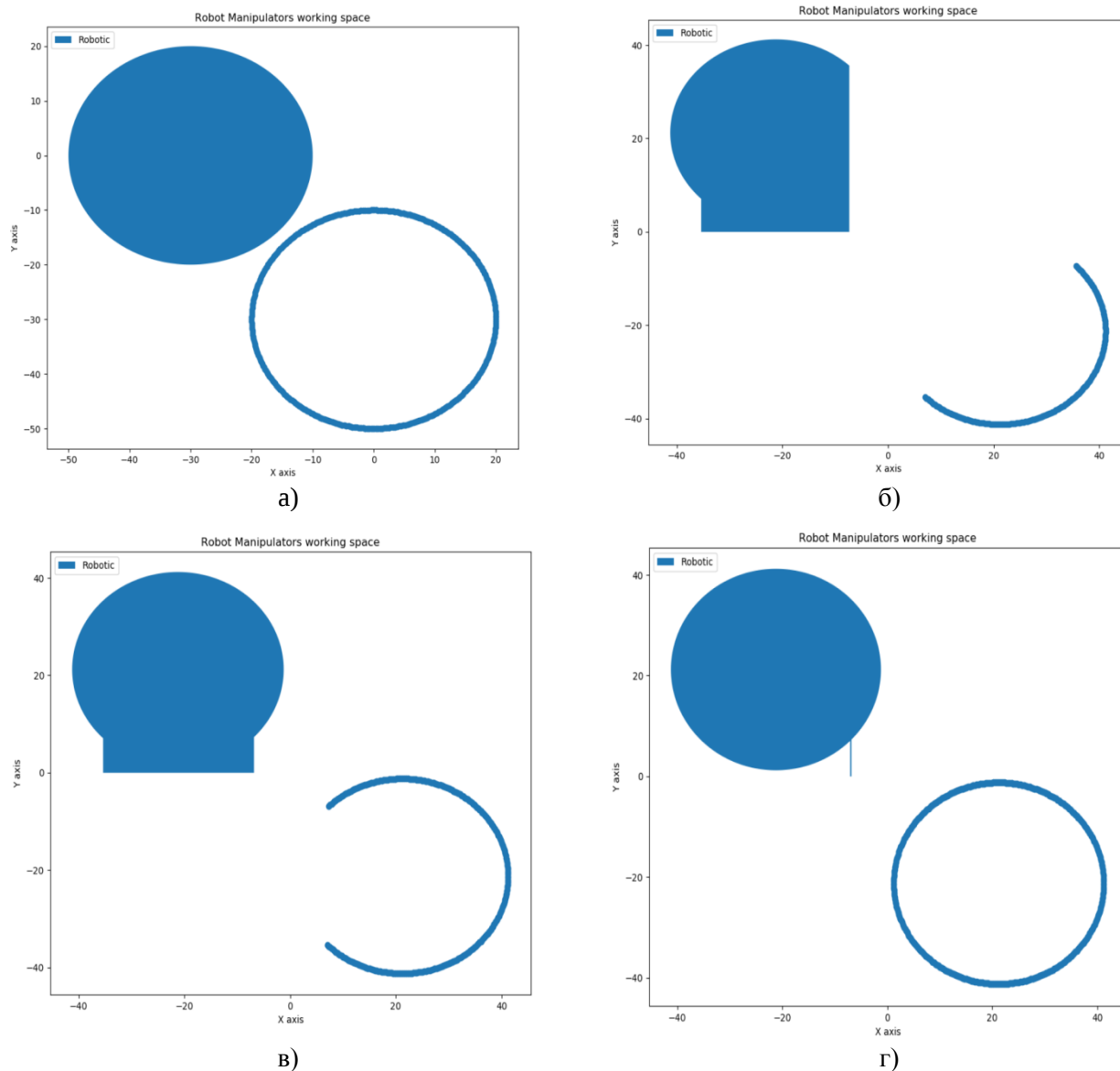


Рисунок 4 – Аппроксимация рабочей области с заданной точностью $\varepsilon=1$
 а) ограничения $[-\pi, \pi]$, б) ограничения $[-\pi/4, \pi/2]$,
 в) ограничения $[-\pi/2, \pi/2]$, г) ограничения $[-\pi/2, \pi]$

Результат работы алгоритма аппроксимации рабочей области с дифференцированными ограничениями и заданной точностью $\varepsilon=5$ и с начальными данными $L_1=30$, $L_2=20$ представлен на рисунке 5.

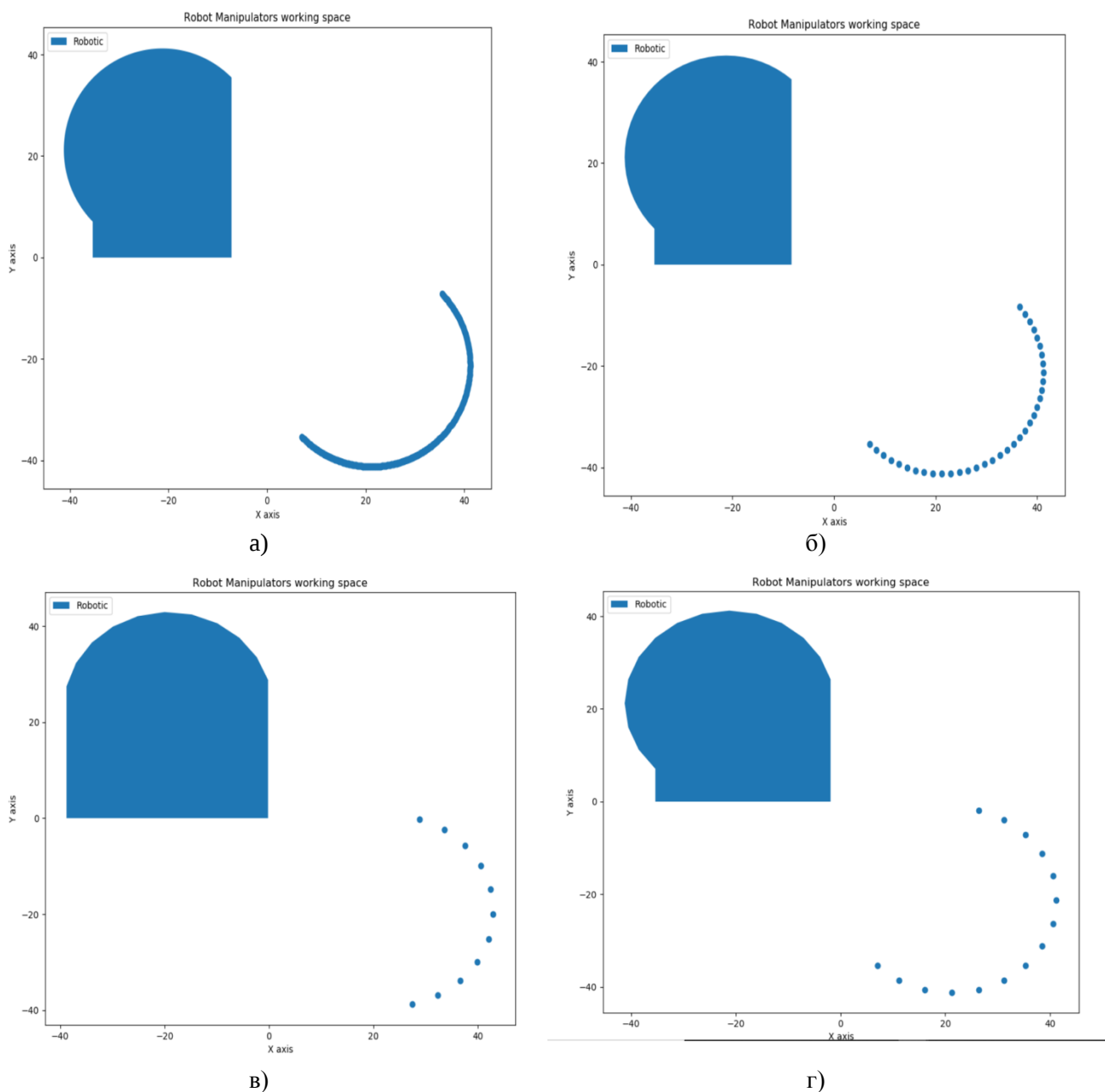


Рисунок 5 – Аппроксимация рабочей области с заданной точностью $\varepsilon=5$,
а) ограничения $[-\pi, \pi]$, б) ограничения $[-\pi/2, \pi]$,
в) ограничения $[-\pi/4, \pi/2]$, г) ограничения $[-\pi/2, \pi/2]$

Данное исследование базируется на важности аппроксимации рабочей области движения рабочего органа робота, разработка позволяет сделать расчеты с учетом ограничений и планировать траекторию перемещений робота на рабочей поверхности.

Результаты исследования: была выполнена задача аппроксимации рабочей области робота-манипулятора с заданной точностью, были смоделированы положения рабочего органа и решена прямая и обратная задачи кинематики робота.

Использование результатов исследования применимо для решения следующих задач робототехники:

- аппроксимация рабочей области робота с предопределенной точностью;
- построение траектории движения рабочего инструмента, с учетом рабочей области и критериев оптимальности траектории;
- оптимизация конструкции робота с целью максимизации объема рабочей области и других критериев качества робота при заданных технологических ограничениях;

– проектирование выходного контроллера, обеспечивающего глобальное отслеживание выходных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров, И. М. Робототехника. История и перспективы / И.М. Макаров, Ю.И. Топчиев. – М.: Наука, МАИ, 2016. – 352 с.
2. Крейг, Джон Введение в робототехнику. Механика и управление /Джон Крейг. – М.: Институт компьютерных исследований, 2013. – 564 с.
3. Posypkin M. A. Method for solving constrained multicriteria optimization problems with guaranteed accuracy //Doklady Mathematics. – Springer US, 2013. – Т. 88. – №. 2. – С. 559-561.
4. R. Jha, D. Chablat, F. Rouillier, G. Moroz, Workspace and Singularity analysis of a Delta like family robot in Robotics and Mechatronics. – Springer International Publishing. –2016. –121-130p.
5. Evtushenko Y. G., Posypkin M. A. Nonuniform covering method as applied to multicriteria optimization problems with guaranteed accuracy //Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 2013. – Т. 53. – №. 2. – С. 144.
6. Evtushenko Y. G., Posypkin M. A. Nonuniform covering method as applied to multicriteria optimization problems with guaranteed accuracy //Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 2013. – Т. 53. – №. 2. – С. 144.

REFERENCES

- [1]. Makarov, I. M. Robototekhnika. Istoriya i perspektivyi / I.M. Makarov, Yu.I. Topcheev. - M.: Nauka, MAI, 2016. - 352 c.
- [2]. Kreyg, Dzhon Vvedenie v robototekniku. Mehanika i upravlenie /Dzhon Kreyg. - M.: Institut kompyuternyih issledovaniy, 2013. - 564 c.
- [3]. Posypkin M. A. Method for solving constrained multicriteria optimization problems with guaranteed accuracy //Doklady Mathematics. – Springer US, 2013. – Т. 88. – №. 2. – S. 559-561.
- [4]. R. Jha, D. Chablat, F. Rouillier, G. Moroz, Workspace and Singularity analysis of a Delta like family robot in Robotics and Mechatronics. – Springer International Publishing. –2016. –121-130p.
- [5]. Evtushenko Y. G., Posypkin M. A. Nonuniform covering method as applied to multicriteria optimization problems with guaranteed accuracy //Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 2013. – Т. 53. – №. 2. – S. 144.
- [6]. Evtushenko Y. G., Posypkin M. A. Nonuniform covering method as applied to multicriteria optimization problems with guaranteed accuracy //Computational Mathematics and Mathematical Physics. – 2013. – Т. 53. – №. 2. – S. 144.

РОБОТ-МАНИПУЛЯТОРЫНЫҢ КИНЕМАТИКАСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЖҰМЫС АЙМАҒЫНЫҢ АППРОКСИМАЦИЯЛАУ

К.И. Тәңірбергенова

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан
kamila.tanyrbergen@gmail.com

Аңдатпа. «Екі-сілтемелі» робот-манипулятордың жұмыс аймағын аппроксимациялау әдістері зерттеу нысаны болып табылады. Зерттеудің мақсаты - әртүрлі шектеулерді ескере отырып, алдын-ала анықталған дәлдікпен роботтың жұмыс аймағын аппроксимациялау әдістерін жасау және іске асыру. Роботтың жұмыс аймағын аппроксимациялауды математикалық модельдеу осы зерттеудің тақырыбы болып табылады. Бұл зерттеу роботтың қозғалмалы мүшесінің жұмыс аймағын аппроксимациялаудың маңыздылығына негізделген, сондықтан шектеулерді ескере отырып есептеулер жүргізуге және роботтың жұмыс аймағында қозғалыстарының траекториясын жоспарлауға мүмкіндік береді. Нәтижесінде робот манипуляторының жұмыс аймағын берілген дәлдікпен аппроксимациялау тапсырмасы орындалды, жұмыс органының позициялары модельденді және робот кинематикасының тура және кері мәселесі шешілді.

Түйін сөздер: робот манипуляторы, робототехника, роботтың жұмыс аймағы, робот кинематикасы, роботтың жұмыс аймағын аппроксимациялау.

ROBOT MANIPULATOR KINEMATICS AND ITS WORKING SPACE APPROXIMATION

K.I. Tanyrbergenova

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

kamila.tanyrbergen@gmail.com

Abstract. The object of the research is the methods of approximation of the working area of the "two-link" robot-manipulator. The aim of the study is to develop and implement methods for approximating the working area of a robot with a predetermined accuracy, taking into account various constraints. Mathematical modeling of the approximation of the working area of the robot is the subject of this study. This study is based on the importance of approximating the working area of movement of the working body of the robot; the development allows you to make calculations taking into account the constraints and plan the trajectory of the robot's movements on the working surface. As a result of the study, the task of approximating the working area of the robot manipulator with a given accuracy was completed, the position of the working body and the direct and inverse problems of the kinematics of the robot were simulated.

Keywords: robot manipulator, robotics, robot working space, robot kinematics, robot working space approximation.



КОСМИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И РОБОТОТЕХНИКА

УДК 621.3.088.7

РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ НА ОСНОВЕ СЛАБОСВЯЗАННОЙ ИНТЕГРАЦИИ СПУТНИКОВО- ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Н.Б. Богуспаев, А.С. Раскалиев, А.Т. Мурзалиев, И.В. Мелешкина*

Институт космической техники и технологий, Республика Казахстан, г. Алматы,
ул. Кисловодская, 34

E-mail: nurlanbsv@mail.ru, raskaliyev@mail.ru, almas8891@gmail.com, m-irina-1205@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены концепция и результаты разработки требований к макетному образцу навигационной системы, в которой используется дискретный фильтр Калмана для слабосвязанной интеграции спутниково-инерциальных измерений. Разработка данных требований выполнялась в рамках научно-исследовательского проекта по разработке экспериментального образца гибридной инерциально-спутниковой навигационной системы с использованием ортогонального UD-фильтра Калмана. Данные требования включены в техническое задание на разработку макетного образца гибридной инерциально-спутниковой навигационной системы с использованием ортогонального UD-фильтра Калмана и соответствуют стандартам Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Ключевые слова: ортогональный UD-фильтр Калмана, спутниково-инерциальная навигационная система, ГНСС, инерциальная навигационная система.

1 Введение

В ходе разработки требований к макетному образцу гибридной инерциально-спутниковой навигационной системы (ГИСНС) использованы эмпирические методы, основанные на детальном изучении потенциальных комплектующих макетного образца на основе существующих доступных источников научно-технической информации. В ходе проведения сравнительного анализа потенциальных комплектующих макетного образца применялись математические и статистические методы обработки данных, методы имитационного моделирования. Также проводились испытания потенциальных комплектующих макетного образца, направленные на проверку правильности выработанных технических требований. Процесс исследований направлен на разработку технического задания, на разработку макетного образца, оптимального в плане технической реализации и показателей эффективности и стоимости.

Макетный образец ГИСНС является автоматизированной системой обработки информации. Объектом автоматизации является процесс совместной обработки измерений с двух навигационных датчиков, приемника глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и модуля инерциальной навигационной системы (ИНС).

Назначение системы – обеспечение точной, гибкой, эффективной навигацией и позиционированием автономных и подвижных объектов с помощью совместной обработки (комплексирования) измерений приемника ГНСС и модуля ИНС.

Цели создания системы:

- проведение испытаний алгоритма ортогонального UD-фильтра Калмана, реализованного для работы на микроконтроллере подвижного объекта;
- проведение испытаний алгоритма ортогонального UD-фильтра Калмана при использовании в качестве входных данных одновременно записанных спутниковых навигационных и инерциальных измерений;
- проведение проектной работы по доработке решений, реализованных в макетном образце

ГИСНС с использованием ортогонального UD-фильтра Калмана, которая предшествует созданию соответствующего экспериментального образца ГИСНС.

Результаты работы макетного образца ГИСНС с использованием ортогонального UD-фильтра Калмана должны быть лучше результатов работы макетного образца ГИСНС с использованием стандартного фильтра Калмана, по крайней мере, по двум характеристикам: по точности выходных измерений и времени работы программы, реализующей фильтр Калмана [1].

2 Методы и концепция разработки требований к макетному образцу

Технические требования к макетному образцу ГИСНС разрабатывались в соответствии с рекомендациями:

- 1) ГОСТ 34.602-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы;
- 2) СТ РК 34.015-2002. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы;
- 3) ГОСТ 19.201-78. Государственный стандарт Союза ССР. Единая система программной документации. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению.

В разрабатываемом макетном образце ГИСНС в качестве основных элементов выступают бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС) и спутниковая радионавигационная система (СРНС). БИНС исполняет роль основной нерадиотехнической системы, в ней одним из недостатков является увеличение погрешностей при определении необходимых параметров с течением времени [2]. СРНС используется как для самостоятельной работы навигационной системы, так и для коррекции данных от БИНС [3].

В современных условиях одним из требований к навигационным системам является возможность приспособления системы к изменяющимся условиям окружающей среды и обеспечение потребителя необходимой навигационной информацией [4–7]. Условия функционирования навигационной системы могут изменяться:

–из-за выхода из строя (отказа) какого-либо элемента (радиотехнические и нерадиотехнические измерители) [8];

–из-за кратковременного пропадания сигнала на выходе того или иного элемента – переход в состояние временного отказа (свойственно только для радиотехнических измерителей, связано с изменением внешних условий). Кратковременный отказ характерен для среднеорбитальных спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС и NAVSTAR (Navstar – Navigational Satellite Time and Ranging – навигационный спутник измерения времени и координат) или по ее фактическому назначению GPS, используемых на сегодняшний день практически во всех навигационных системах [9–10].

–наличием различного рода помех (искусственные и естественные) [11–12].

Для осуществления данного направления используются:

–введение в комплекс резервных элементов. В случае отказа какого-либо элемента требуется такое изменение структуры элементов и связей, которое обеспечило бы минимальное снижение эффективности комплекса [13–14];

–применение программной реконфигурации комплекса. При выходе из строя части элементов комплекс продолжает работать менее эффективно без использования дублирующих элементов благодаря некоторому расширению возможностей элементов за счет расширения функций программного обеспечения. При этом наиболее целесообразно применение информационной избыточности (множество алгоритмов и выполняющих их программ для решения одной задачи) [15].

Далее необходимо проанализировать существующие методы контроля технического состояния навигационных систем и методы перенастройки их информационной части для определения их соответствия данным требованиям с указанием недостатков и выбором подходящего метода.

3 Результаты разработки требований к макетному образцу

3.1 Краткое описание макетного образца

Макетный образец ГИСНС с использованием ортогонального UD-фильтра Калмана является автоматизированной информационной системой (АИС), которая предназначена для автоматизированной обработки навигационных параметров для расчета местоположения, линейной скорости и пространственной ориентации различных объектов.

3.2 Сведения о достоинствах и недостатках макетного образца

Автоматизированная система представляет собой вариант интеграции ИНС со спутниковой навигационной системой с использованием определенного математического аппарата обработки совместных измерений обеих систем, а именно Калмановской фильтрацией. Причем, макетный образец является интегрированной системой с использованием ортогонального UD-фильтра Калмана, который имеет ряд преимуществ перед другими математическими фильтрами. UD-алгоритмы в последовательной и матричной ортогонализированной формах являются эффективными в вычислительном плане реализациями дискретного фильтра Калмана. Преимущества UD-фильтра Калмана:

- устойчивость по отношению к ошибкам машинного округления;
- отсутствие операции извлечения квадратного корня;
- избавление от операции матричного обращения на каждой итерации алгоритма;
- компактность и удобство записи ортогонализированной формы UD-фильтра.

3.3 Описание макетного образца как объекта управления

Для упрощения реализации, макетный образец производит совместную обработку измерений с датчиков после записи наблюдаемых параметров в файлы, как это показано на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структура обработки данных в макетном образце ГИСНС

3.4 Описание предлагаемой структуры макетного образца

Как видно из рисунка, макетный образец ГИСНС должен состоять из 6 основных элементов:

1. приемник ГНСС;
2. модуль ИНС;
3. переносная ЭВМ (ноутбук);
4. ПО на ноутбуке для записи и сохранения выходных измерений с приемника ГНСС;
5. ПО на ноутбуке для записи и сохранения выходных измерений с модуля ИНС;
6. ПО на ноутбуке для совместной обработки измерений ГНСС и ИНС с помощью одного из дискретных фильтров Калмана.

Макетный образец ГИСНС должен работать следующим образом: автоматизированная информационная система выносится в точку с открытым видом на небосвод для увеличения радионавигационной прямой видимости спутников созвездий ГНСС. Далее производятся одновременные измерения навигационных параметров с помощью приемника ГНСС и ИНС. При этом, измеренные значения записываются через соответствующие ПО, установленные на ноутбуке, в файлы записи измерений ГНСС и ИНС. После завершения измерений, данные файлы экспортируются в ПО для совместной обработки измерений, которое реализовано на основе ортогонального UD-фильтра Калмана. Результатом выполнения данного ПО являются уточненные данные динамического состояния потребителя.

3.5 Сведения об условиях эксплуатации макетного образца и характеристиках окружающей среды

Для штатного функционирования макетного образца ГИСНС необходимо обеспечить открытый обзор небосвода для антенны ГНС и проведение записи одновременных измерений приемником ГНС и модулем ИНС.

4 Обсуждение разработанных требований к макетному образцу

4.1 Требования к структуре и функционированию системы

Макетный образец ГИСНС должен обеспечивать решение следующих задач:

- прием радиосигналов с правосторонней круговой поляризацией на частоте L1 от всех находящихся в зоне видимости навигационных космических аппаратов (НКА) глобальных навигационных спутниковых систем GPS/NAVSTAR и ГЛОНАСС или BEIDOU (C/A – код);
- измерение псевдодальностей по коду несущей по всем принимаемым сигналам НКА ГНС GPS/NAVSTAR и ГЛОНАСС или BEIDOU;
- контроль уровня принимаемых сигналов в измерительных (навигационных) каналах;
- определение параметров динамического состояния макетного образца ГИСНС по акселерометрам и гироскопам, составляющих модуль ИНС, а также по приемнику ГНС;
- совместная обработка измерений приемника ГНС и модуля ИНС с помощью математического обеспечения на основе ортогонального UD-фильтра Калмана.

4.2 Макетный образец ГИСНС должен обеспечивать выполнение своих функций совместно с установленным на переносной ЭВМ программным обеспечением (ПО), которое является необходимой составляющей для функционирования макетного образца ГИСНС.

Работа финансируется в рамках целевой программы BR05336383 Аэрокосмического комитета Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан (АКК МЦРИОАП РК).

Список литературы

1. Цыганова Ю. В. О методах реализации UD-фильтра / Ю. В. Цыганова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. – 2013. – № 3 (27). – С. 84–104.
2. Farrell J. A. GPS/INS-Streamlined // Navigation. – 2002. – Vol. 49. – № 4. – P. 171-182.
3. Иванов А. В. Совместная обработка информации спутниковых радионавигационных систем и наземных сетевых систем в навигационных системах подвижных наземных объектов / А. В. Иванов, А. В. Гостев, А. А. Семенов, Л. В. Соколовская // Радиотехника. – 2012. – № 4. – С. 16-19.
4. Titterton D. H., Weston J. L. Strapdown Inertial Navigation Technology. Second edition. – Stevenage: The Institution of Electrical Engineers. – 2004.
5. Иванов А. В. Комплексные оптимальные алгоритмы обработки информации в навигационных системах подвижных наземных объектов с контролем целостности навигационного обеспечения / А. В. Иванов // Радиотехника. – 2010. – № 12.
6. Иванов А. В. Автономные системы контроля целостности навигационных данных спутниковых радионавигационных систем / А. В. Иванов // Радиотехника. – 2014. – № 7. – С. 55-64.
7. Qi H., Moore J. B. Direct Kalman Filtering Approach for GPS/INS Integration // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. – 2002. – Vol. 38. – P. 687-693.
8. Gustafson D. et al. A Deeply Integrated Adaptive GPS-based Navigator with Extended Range Code Tracking // IEEE PLANS, 13-16 March, 2000. – P. 118-124.
9. Abuhadrous I., Nashashibi F., Laurgeau C. 3D Land Vehicle Localization: A Real-time Multi-Sensor Data Fusion Approach using RTMAPSI // International Conference on Advanced Robotics. – Coimbra, Portugal, 2003.
10. Groves P. D., Long D. C. Combating GNSS Interference with Advanced Inertial Integration // Journal of Navigation. – 2005. – Vol. 58. – № 3. – P. 419-432.
11. Степанов О. А. Интегрированные инерциально-спутниковые системы навигации // Гироскопия и навигация. – 2002. – № 1(36). – С. 23-46.
12. Grewal M. S., Weill L. R., Andrews A. P. Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration. – New-York: John Wiley & Sons, Inc, 2001. – 392 p.
13. Распопов В. Я. Микромеханические приборы. – М.: Машиностроение, 2007. – 399 с.

14. George T. Schmidt. INS/GPS Technology Trends / The Charles Stark Draper Laboratory, Inc. // Доклад, прочитанный в ЦНИИ «Электроприбор» (С.Петербург) 27, 28 мая 2014 г.

15. Кузнецов А. Г., Портнов Б. И., Измайлов Е. А. Современные бесплатформенные инерциальные навигационные системы двух классов точности. // Труды Московского института электроники и автоматики. Навигация и управление летательными аппаратами. – 2014. – № 8. – С. 24-32.

Bibliography

[1]. Tsyganova Yu. V. About methods of implementation of the UD-filter / Yu. V. Tsyganova // News of higher educational institutions. Volga region. Physics and mathematics. - 2013. - No. 3 (27). - P. 84-104.

[2]. Farrell J. A. GPS / INS-Streamlined // Navigation. - 2002. - Vol. 49. - No. 4. - P. 171-182.

[3]. Ivanov A. V. Joint processing of information from satellite radio navigation systems and ground network systems in navigation systems of mobile ground objects / A. V. Ivanov, A. V. Gostev, A. A. Semenov, L. V. Sokolovskaya // Radio engineering ... - 2012. - No. 4. - P. 16-19.

[4]. Titterton D. H., Weston J. L. Strapdown Inertial Navigation Technology. Second edition. - Stevenage: The Institution of Electrical Engineers. - 2004.

[5]. Ivanov AV Complex optimal algorithms for information processing in navigation systems of mobile ground objects with control of the integrity of navigation support / AV Ivanov // Radiotekhnika. - 2010. - No. 12.

[6]. Ivanov A. V. Autonomous systems for monitoring the integrity of navigation data of satellite radio navigation systems / A. V. Ivanov // Radio engineering. - 2014. - No. 7. - P. 55-64.

[7]. Qi H., Moore J. B. Direct Kalman Filtering Approach for GPS / INS Integration // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. - 2002. - Vol. 38. - P. 687-693.

[8]. Gustafson D. et al. A Deeply Integrated Adaptive GPS-based Navigator with Extended Range Code Tracking // IEEE PLANS, March 13-16, 2000. - P. 118-124.

[9]. Abuhadrous I., Nashashibi F., Laugeau C. 3D Land Vehicle Localization: A Real-time Multi-Sensor Data Fusion Approach using RTMAPSI // International Conference on Advanced Robotics. - Coimbra, Portugal, 2003.

[10]. Groves P. D., Long D. C. Combating GNSS Interference with Advanced Inertial Integration // Journal of Navigation. - 2005. - Vol. 58. - No. 3. - P. 419-432.

[11]. Stepanov OA Integrated inertial-satellite navigation systems // Gyroscopy and navigation. - 2002. - No. 1 (36). - P. 23-46.

[12]. Grewal M. S., Weill L. R., Andrews A. P. Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration. - New-York: John Wiley & Sons, Inc, 2001. -- 392 p.

[13]. Raspopov V. Ya. Micromechanical devices. - M.: Mashinostroyeniye, 2007. -- 399 p.

[14]. George T. Schmidt. INS / GPS Technology Trends / The Charles Stark Draper Laboratory, Inc. // Report read at the Central Research Institute "Elektroprigor" (St. Petersburg) 27, 28 May 2014.

[15]. Kuznetsov AG, Portnov BI, Izmailov EA Modern strapdown inertial navigation systems of two accuracy classes. // Proceedings of the Moscow Institute of Electronics and Automation. Navigation and control of aircraft. - 2014. - No. 8. - P. 24-32.

References

[1]. Czyganova Yu. V. O metodakh realizacii UD-fil'tra [About methods of implementation of the UD-filter] / Yu. V. Czyganova // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Povolzhskij region. Fiziko-matematicheskie nauki. - 2013. - # 3 (27). - S. 84-104.

[2]. Farrell J. A. GPS / INS-Streamlined // Navigation. - 2002. - Vol. 49. - # 4. - P. 171-182.

[3]. Ivanov A. V. Sovmestnaya obrabotka informacii sputnikovyx radionavigacionnykh sistem i nazemnykh setevyx sistem v navigacionnykh sistemakh podvizhnykh nazemnykh ob'ektov [Joint processing of information from satellite radio navigation systems and ground network systems in navigation systems of mobile ground objects] / A. V. Ivanov, A. V. Gostev, A. A. Semenov, L. V. Sokolovskaya // Radiotekhnika. - 2012. - # 4. - S. 16-19.

[4]. Titterton D. H., Weston J. L. Strapdown Inertial Navigation Technology. Second edition. - Stevenage: The Institution of Electrical Engineers. - 2004.

- [5].Ivanov A. V. Kompleksny'e optimal'ny'e algoritmy` obrabotki informacii v navigatsionny`kh sistemakh podvizhny`kh nazemny`kh ob`ektov s kontrol'em celostnosti navigatsionnogo obespecheniya [Complex optimal algorithms for information processing in navigation systems of mobile ground objects with control of the integrity of navigation support] / A. V. Ivanov // Radiotekhnika. – 2010. – # 12.
- [6].Ivanov A. V. Avtonomny'e sistemy` kontrolya celostnosti navigatsionny`kh danny`kh sputnikovy`kh radionavigatsionny`kh sistem [Autonomous systems for monitoring the integrity of navigation data of satellite radio navigation systems] / A. V. Ivanov // Radiotekhnika. – 2014. – # 7. – S. 55-64.
- [7].Qi H., Moore J. B. Direct Kalman Filtering Approach for GPS/INS Integration // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. – 2002. – Vol. 38. – P. 687-693.
- [8].Gustafson D. et al. A Deeply Integrated Adaptive GPS-based Navigator with Extended Range Code Tracking // IEEE PLANS, 13-16 March, 2000. – P. 118-124.
- [9].Abuhadrous I., Nashashibi F., Laurgeau C. 3D Land Vehicle Localization: A Real-time Multi-Sensor Data Fusion Approach using RTMAPSI // International Conference on Advanced Robotics. – Coimbra, Portugal, 2003.
- [10].Groves P. D., Long D. C. Combating GNSS Interference with Advanced Inertial Integration // Journal of Navigation. – 2005. – Vol. 58. – # 3. – P. 419-432.
- [11].Stepanov O. A. Integrirovanny'e inercial'no-sputnikovy'e sistemy` navigacii [Integrated inertial-satellite navigation systems] // Giroskopiya i navigatsiya. – 2002. – # 1(36). – S. 23-46.
- [12].Grewal M. S., Weill L. R., Andrews A. P. Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration. – New-York: John Wiley & Sons, Inc, 2001. – 392 p.
- [13].Raspopov V. Ya. Mikromekhanicheskie pribory` [Micromechanical devices]. – M.: Mashinostroenie, 2007. – 399 s.
- [14].George T. Schmidt. INS/GPS Technology Trends / The Charles stark Draper laboratory, Inc. // Doklad, pročitannyj v CzNII «E`lektropribor» (S.Peterburg) 27, 28 maya 2014 g.
- [15].Kuznecov A. G., Portnov B. I., Izmajlov E. A. Sovremenny'e besplatformenny'e inercial'ny'e navigatsionny'e sistemy` dvukh klassov tochnosti [Modern strapdown inertial navigation systems of two accuracy classes]. // Trudy` Moskovskogo instituta e`lektroniki i avtomatiki. Navigatsiya i upravlenie letatel'ny`mi apparatami. – 2014. – # 8. – S. 24-32.

ЖЕРСЕРІКТІК-ИНЕРЦИАЛДЫ ӨЛШЕМДЕРДІҢ ӘЛСІЗ БАЙЛАНЫСҚАН БІРІКТІРУІ НЕГІЗІНДЕ НАВИГАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕГЕ ҚОЙЫЛАТЫН ТАЛАПТАРДЫ ӘЗІРЛЕУ

Н.Б. Богуспаев, А.С. Раскалиев, А.Т. Мурзалиев, И.В. Мелешкина*

Ғарыштық техника және технологиялар институты, Қазақстан Республикасы, 050061, Алматы қ., Кисловодская көш., 34

E-mail: nurlanbsv@mail.ru, raskaliyev@mail.ru, almas8891@gmail.com, m-irina-1205@mail.ru

***Аңдатпа.** Мақалада жерсеріктік-инерциалды өлшемдердің әлсіз байланысқан біріктіруіне дискретті Калманның сүзгісі қолданылған навигациялық жүйенің макеттік үлгісіне қойылатын талаптарды әзірлеудің тұжырымдамасы мен нәтижелері талқыланды. Бұл талаптарды әзірлеу Калманның ортогональды UD-сүзгісін қолдана отырып, гибридік жерсеріктік-инерциалды навигациялық жүйенің сынақ үлгісін әзірлеу жөніндегі ғылыми-зерттеу жобасы аясында жүзеге асырылды. Бұл талаптар Калманның ортогональды UD-сүзгісін қолдана отырып, гибридік жерсеріктік-инерциалды навигациялық жүйенің макеттік үлгісін әзірлеуге арналған техникалық тапсырмаға қосылған және Жобалау құжаттамасының бірыңғай жүйесінің (ЖҚБЖ) стандарттарына сәйкес келеді.*

***Түйін сөздер:** Калманның ортогональды UD-сүзгісі, жерсеріктік-инерциалды навигациялық жүйе, ғаламдық навигациялық жерсеріктік жүйе (ҒНЖЖ), инерциалды навигациялық жүйе.*

DEVELOPMENT OF REQUIREMENTS FOR A NAVIGATION SYSTEM BASED ON LOOSELY COUPLED INTEGRATION OF SATELLITE- INERTIAL MEASUREMENTS

N.B. Bogyspayev, A.S. Raskaliyev, A.T. Murzaliyev, I.V. Meleshkina

Institute of Space Technique and Technology, Republic of Kazakhstan, 050061, Almaty,
Kyslovodskaya street, 34

E-mail: nurlanbsv@mail.ru, raskaliyev@mail.ru, almas8891@gmail.com, m-irina-1205@mail.ru

Abstract. *The concept and results of the development of requirements for a prototype navigation system, which uses a discrete Kalman filter for loosely coupled integration of satellite-inertial measurements, are considered in the article. The development of these requirements was carried out as part of a research project to develop an experimental prototype of a hybrid inertial-satellite navigation system using the orthogonal UD Kalman filter. These requirements are included in the terms of reference for the development of a prototype of a hybrid inertial-satellite navigation system using the Kalman UD orthogonal filter and comply with the standards of the Unified System for Design Documentation (ESKD).*

Keywords: *orthogonal UD Kalman filter, satellite-inertial navigation system, GNSS, inertial navigation system.*



АВТОМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

МРНТИ 49.33.29

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ NB-IOT ПРИ ОКАЗАНИИ УСЛУГ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ COVID-19

К.М. Туржанова

Некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи имени

Гумарбека Даукеева», г. Алматы, Казахстан

E-mail: karinaturzhanova@gmail.com

Аннотация. *Никогда еще роль телекоммуникационного сегмента не была более важной, чем в условиях распространения пандемии. Рост числа заболевших, курс на социальное дистанцирование, переход на удаленную модель работы и обучения и многие другие изменения в повседневной жизни людей подвели мобильных операторов к разработке актуальных и надлежащих мер реагирования на стремительно возросшую нагрузку на мобильных сетях, а забота о здоровье сотрудников показала необходимость повсеместного развития технологии Интернета вещей, ограничивающей взаимодействие «человек-человек». Технология узкополосного Интернета вещей (Narrow band Internet of things, NB-IoT) – одна из немногих, доказавших свою значимость в условиях всемирной пандемии посредством возможности удаленного управления и контроля некоторыми значимыми социальными услугами [1]. В данной статье приведены особенности и преимущества использования технологии NB-IoT при оказании услуг Интернета вещей в период пандемии COVID-19.*

Ключевые слова: Интернет вещей, NB-IoT, COVID-19, мобильная связь, LTE

Введение

Начало 2020 года ознаменовалось стремительным распространением COVID-19 и приобретением статуса пандемии. Каждая страна и регион начали свою собственную борьбу с эпидемией. На сегодняшний день эта борьба все еще ведется интенсивно, затрагивая благополучие всего человечества. Вирус не удалось сдержать географически, и он поразил каждый уголок мира. По последним данным информационного агентства [2] более 200 стран охвачены пандемией. Во многих странах, после чрезвычайно трудных усилий по блокированию городов и целых регионов, вспышка наконец ослабевает, и глядя на то, как каждая страна справляется с пандемией, мы можем заметить серьезные изменения в том, как сейчас функционирует общество.

Меры по предотвращению эпидемии и борьбы с ней, такие как указания правительства о пребывании на дому, реализация бесконтактных услуг, переход на удаленный режим работы и самоизоляция, заставили людей больше находиться дома. Неудивительно, что значительная часть социальной жизни переместилась в интернет. Сейчас люди проводят в интернете в среднем на 30% больше времени [3], чем до пандемии, что не могло не сказаться на телекоммуникационной отрасли, претерпевающей значительное давление.

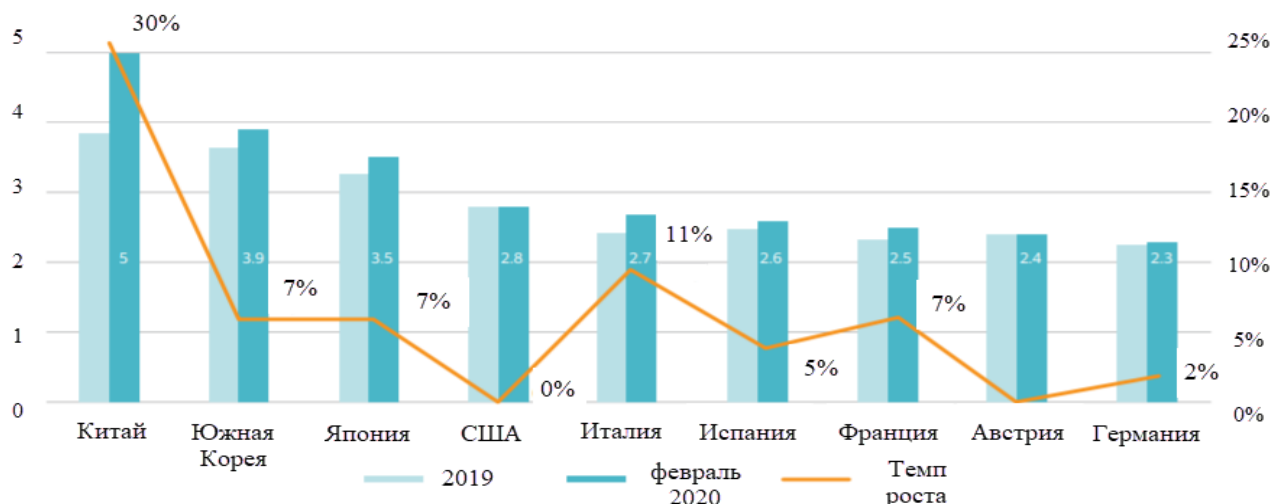


Рисунок 1 – Статистика учета времени, проведенного пользователями в Интернете

С одной стороны, в связи с повсеместным внедрением карантинного режима резко повысилась нагрузка на мобильные сети. Как результат возросла необходимость в эффективном и грамотном использовании выделенных радиоресурсов сети LTE. С другой стороны, быстрый темп роста заболеваемости, переход на дистанцирование и забота о здоровье сотрудников, показывают необходимость внедрения автономных технологий, использующих минимальное количество радиоресурсов, но при этом позволяющих перейти к удаленному управлению и контролю услугами. Всё это повлияло на актуальность и востребованность в условиях пандемии таких технологий, как Интернет вещей, предоставляющих услуги мониторинга и обнаружения, автоматизации управления, способствующих реализации проектов в области социального взаимодействия и уменьшения количества контактов на рабочем месте.

Интересно, что Интернет вещей, названный основополагающей технологией для прорывов в области искусственного интеллекта и робототехники, станет катализатором развития во многих сферах. Именно такие данные приводятся в недавнем исследовании Forbes Insights [4]. При чем, для компаний, внедривших IoT, технология будет ключевым фактором конкурентоспособности в таких отраслях как медицина, телекоммуникации, безопасность и многие другие отрасли, где технология обеспечит повышение качества услуги, добавленную стоимость товара или услуг. Пандемия также напрямую определит направления развития IoT — технология может стать эффективным инструментом борьбы с COVID-19. В первую очередь речь идет о развитии прогнозной и поведенческой аналитики, применении более персонализированного подхода к анализу здоровья пациента, использовании датчиков IoT для контроля в режиме реального времени ситуации в городах, населенных пунктах [4].

Вызовы мобильным операторам в период пандемии

Пандемия COVID-19 является одной из самых серьезных проблем текущего года, стоящей перед операторами всего мира. Но она также стала катализатором необратимой трансформации работы телекоммуникационной отрасли, способствующей переосмыслению роли операторского сегмента и пересмотру стратегических планов на ближайшие годы.

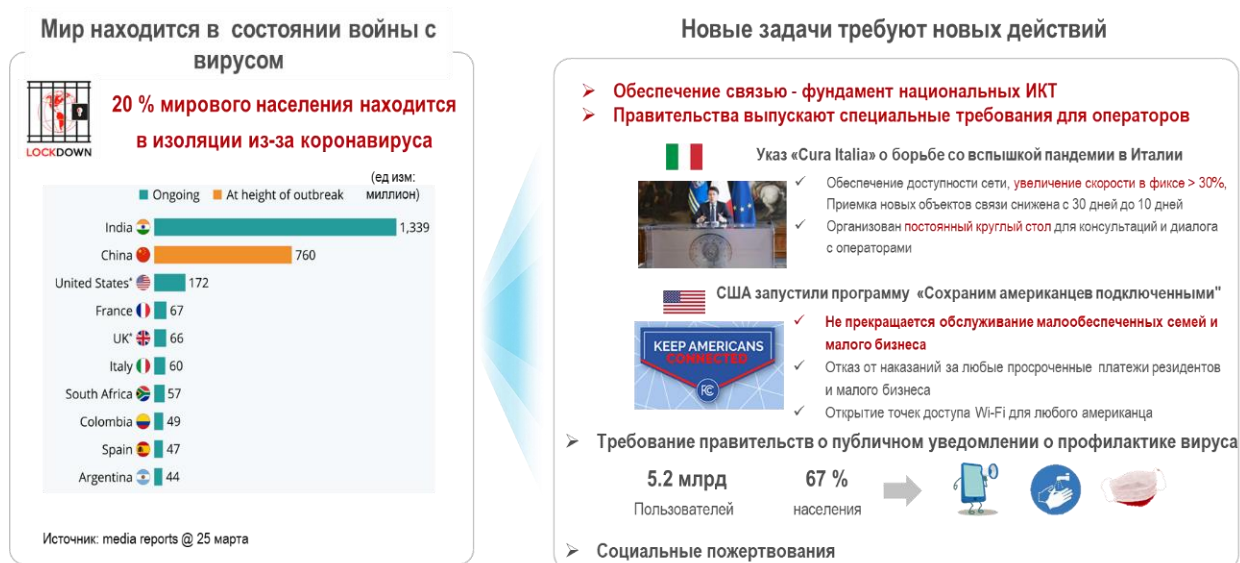


Рисунок 2 – Новые задачи операторов в период пандемии требуют оригинальных подходов

В результате вспышки Covid-19 и предпринятых с ней мер и рекомендаций (самоизоляция, удаленный режим ведения бизнеса и обучения, закрытие школ, детских садов, университетов и т.д.) и фиксированные, и мобильные сети столкнулись с взрывным ростом трафика и дополнительной нагрузкой на существующие сети. В связи с чем правительства многих стран выпустили ряд специальных требований, заключающихся в обеспечении высокой доступности сети, увеличении скорости фиксированных и мобильных сетей свыше 30%, внедрении новых технологий, позволяющих сократить количество людей на предприятиях (рис.2).

В свою очередь пандемия также бросает новые вызовы мобильным операторам:

Социальное дистанцирование. Правительства пропагандируют самоизоляцию и уменьшение количества работающего персонала до 30-50% в офисах, а также внедрение новых технологий, позволяющих сократить вероятность человеческих контактов. Например, использование 5G дронов для доставки медикаментов, Интернет вещей – для услуг ЖКХ и мониторинга состояния пациентов и т.д.;

Изменение модели поведения пользователей. В период пандемии более 20% стран перешли на дистанционную модель работы, обучения, оказания услуг и сферу развлечений, что повлекло за собой корректировку модели распределения трафика пользователями в городских и сельских регионах. Операторы вынуждены пересмотреть стратегию планирования мобильных сетей.

Дополнительная нагрузка на сеть за счёт стремительного роста видеотрафика и использования цифровых сервисов для коллаборативной работы и обучения (таких как Zoom, Cisco Webex или Microsoft Teams), а также переводу некоторых сервисов и задач в режим удаленного пользования.

Мы видим, что изменения поведенческого характера пользователей ведут к изменению прежней трафиковой модели сети. Как результат перед ключевыми операторами стоят две основные задачи – *справиться с возросшей в разы нагрузкой на мобильную сеть и задействовать новые технологии*, минимизировав взаимодействие «человек-человек» за счет возможностей удаленного механизма мониторинга и управления объектами.



Рисунок 3 – Пандемия оказывает огромное влияние на телеком индустрию. Операторы вынуждены вступать в борьбу

Одна из немногих технологий, доказавших свою актуальность в период эпидемии, – это узкополосный Интернет вещей (NB-IoT). Данная технология используется во многих отраслях для оценки эффективности работы предприятия и возможности удаленного контроля объектами. Она обеспечивает гибкость регулирования производственных линий при помощи роботизированной автоматизации процессов, что дает возможность получать более точную и своевременную информацию, а также укреплять связи с пользователями за счет прямого взаимодействия через IoT [2]. Перечисленные преимущества ускоряют развитие NB-IoT во время всемирной пандемии.

Особенности технологии NB-IoT

NB-IoT – это технология радиодоступа на основе сети мобильной связи LTE, предназначенная для стационарных устройств с низкими объемами передаваемых данных. Для развертывания данной технологии достаточно 180 кГц полосы пропускания, тогда как для технологии LTE необходимо от 1.4 МГц до 20 МГц.

В настоящее время консорциумом 3GPP определено три основных сценария использования, выделенных под услуги NB-IoT спектра (рис.4). Первый сценарий заключается в развертывании «внутри полосы» (*in band* NB-IoT), где NB-IoT развертывается внутри существующего LTE спектра, используемого для MBW (Mobile broadband) услуг. Второй сценарий, т.н. «защищенная полоса» (*guard band* NB-IoT), использует спектр по краям канала существующих LTE, что в свою очередь не гарантирует отсутствие помех от смежного канала на границах сот LTE. «Защищенные полосы» могут быть использованы без учета мощностей основных базовых станций LTE. Последний, третий сценарий, заключается в развертывании NB-IoT непосредственно в выделенных частотах, а также в использовании совокупности различных выделенных базовых станций специально для LTE и MBW (*standalone* NB-IoT).



Рисунок 4 – Сценарии внедрения технологии NB-IoT

Возможность развертывания на базе существующих сетей LTE, а также сетей GSM и UMTS является одним из существенных преимуществ NB-IoT перед другими технологиями. Например, для GSM операторов достаточно заменить один носитель GSM (200 кГц) на NB-IoT. В то время как оператор,

предоставляющий LTE услуги, может развернуть NB-IoT внутри носителя LTE путем выделения одного из ресурсных блоков (physical resource block, PRB) от 180 кГц в соответствующей полосе частот от 450 МГц до 3.5 ГГц. При этом максимальные скорости (download/upload) равны примерно 250 кбит/с для мультитональной и 20 кбит/с для однотоновой модуляции. Таким образом, развертывание NB-IoT при условии поддержки поставщиком оборудования данной технологии не занимает много времени.

Важно отметить, что, хотя пандемия и задала вектор для ускорения развития Интернета вещей, технология NB-IoT только набирает обороты. Согласно прогнозам Ericsson [5], прогнозируется увеличение IoT трафика ежегодно на 23% в период с 2015 по 2023 года. Взрывной рост количества подключенных к интернету устройств и датчиков, расширение спектра их применения в производстве и межотраслевом взаимодействии порождает целый комплекс ожиданий от данной технологии. Неудивительно, что остро становится вопрос о подходах к измерению и оценке эффективности функционирования таких комплексных сетей [6]. Операторам и поставщикам оборудования необходимо грамотно планировать распределение ресурсов и уметь оценивать качество связи для NB-IoT при различных условиях развертывания данной технологии. Что порождает актуальность проводимых исследований [6] в данном направлении.

При сценариях «защищенная полоса» и «внутри полосы» показателями, существенно влияющими на качество связи, являются расстояние от базовой станции до устройства и уровень шумов. В этих сценариях развертывания важно произвести оценку, насколько трафик NB-IoT будет оказывать влияние на производительность сети LTE. Третий сценарий развертывания описывается дополнительным показателем качества связи – интерференцией, под которой понимается взаимодействие сигналов, передаваемых различными источниками на одном и том же или на близких радиоканалах. Интерференция вызывает искажения сигнала рассматриваемого источника под воздействием сигналов сторонних источников. Традиционным показателем качества данных в радиоканале является отношение сигнала к интерференции плюс шум ОСИ (Signal to interference and noise ratio, SINR) [7], которое измеряется на приемнике. Показатель качества беспроводной связи ОСИ напрямую зависит от расстояния между базовой станцией и датчиком, передающим данные, и имеет обратную зависимость от мощности интерферирующего сигнала.

Постоянное формирование новых источников выручки и реализация бизнес-кейсов, основанных на появлении новых сервисов и совершенства, используемых с помощью применения технологии NB-IoT, повышает экономическую отдачу мобильных сетей LTE, что особенно важно в период кризиса и пандемии.

Вклад технологии в период пандемии

Поскольку пандемия ускоряет развитие индустрии Интернета вещей посредством массового внедрения различных услуг и приложений, следующие сферы могут быть затронуты посредством внедрения технологии NB-IoT:

- Оказание помощи пожилым и больным людям, нуждающимся в уходе путем использования автоматизированных систем для мониторинга жизненно важных функций;

- Контроль местонахождения и безопасности детей в парках, игровых площадках, медицинских центрах;

- Комплексная оценка состояния окружающей среды (загрязнение воздуха, шумовое воздействие, состояние почвы, растительности, уровня радиации) в экологически вредных местах, где нахождение человека нежелательно;

- Повышение безопасности и защищенности в режиме реального времени;

- Использование NB-IoT датчиков и сенсоров для получения актуальной информации на производстве, дома, в офисах и т.д. [1];

Родни Кларк, вице-президент по продажам IoT и гибридной реальности, в компании Microsoft, утверждает, что на данный момент имеется более 170 востребованных в условиях пандемии IoT решений. Одно из них – «это мобильный пункт диагностики – представьте себе грузовой транспортный контейнер, оснащенный термодатчиками. Это пункты, куда люди приходят на осмотр и проверку; эти датчики проверяют температуру людей в очереди, и есть также ИИ-алгоритмы, которые отслеживают пространственные параметры. Это решение, которое было создано буквально в одночасье, и по сути это мгновенно развертываемый центр тестирования. Так что представьте себе компании, которые возвращаются сейчас к работе и хотят иметь возможность проверять

сотрудников, прежде чем те войдут на территорию. Или представьте, как в будущем, когда вы приходите на спортивный матч, этот передвижной пункт тестирования может быть установлен перед входом на стадион, чтобы проверять болельщиков и свести к минимуму риск заразиться.

Еще есть решение для Microshare: это мониторинг имущества и койко-мест с использованием датчиков и шлюзов LoRa в больницах для отслеживания свободных коек и других активов, различных лекарств и местонахождения разных устройств и машин. Оно было разработано в короткие сроки, чтобы ответить на конкретную потребность» [7].

В условиях пандемии важнейшее значение будет иметь способность к взаимодействию и взаимосвязанность компонентов инфраструктуры Интернета вещей, так как от этого зависит предоставление более качественных услуг и своевременное получение информации, которая необходима для принятия быстрых решений. Ключевое место занимает использование технологии NB-IoT и своевременное проведение оценки качества сетей 4G совместно с технологией Интернета вещей. Поэтому при развертывании сетей связи нужно принимать во внимание несколько важнейших аспектов, связанных с их рабочими характеристиками, надежностью и безопасностью, изучению которых будут посвящены дальнейшие исследования.

Заключение

По мере подключения все большего числа потребительских продуктов к системам, платформам и другим устройствам технология NB-IoT становится неотъемлемой частью нашей жизни. IoT также влияет на то, как предприятия предоставляют услуги и контролируют свою операционную деятельность в условиях всемирной пандемии. Наряду с такими прорывными технологиями, как искусственный интеллект, машинное обучение и роботизированная автоматизация процессов, IoT создаёт решения и возможности, которые позволяют обезопасить сотрудников компаний и свести к минимуму количество человеческих контактов. Передовые разработки неизменно поражают своим функционалом и новыми способами взаимодействия с пользователем, примерами которых являются дополненная реальность или голосовое управление, что особенно важно при оказании медицинской помощи или консультации пожилым людям, составляющим наиболее уязвимый для вируса слой населения. Поэтому неудивительно, что технология NB-IoT, её продукты и сценарии применения услуг находятся в стадии интенсивного изучения и разработки. Существует мнение, что из многих возникших в недавнее время технологий именно феномен IoT окажет наиболее сильное влияние на то, чтобы справиться с всплеском заболеваемости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Интернет вещей для «умных» городов. ООО «Эрнст энд Янг – оценка и консультационные услуги», – 2018. – С.60. Источник: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-iot-for-smart-cities-rus/\\$FILE/ey-iot-for-smart-cities-rus.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-iot-for-smart-cities-rus/$FILE/ey-iot-for-smart-cities-rus.pdf) (доступ: 6 июля 2020).
- [2] Статистика коронавируса на 04.07.2020. Источник: <https://koronavirus-today.ru/> (доступ: 4 июля 2020).
- [3] Technology against Pandemic: Insights and Practice on Telecom Networks. White Paper. Huawei Technologies Co, Ltd.: Shenzhen, – 2020, – 22p.
- [4] Костевич С. Пандемия ускорит развитие индустрии Интернета вещей. CRN/RE («ИТ-бизнес»). ООО «СК ПРЕСС» – 23 апреля 2020.
- [5] Ericsson. Ericsson Mobility Report. November 2019.
- [6] Туржанова К.М. Анализ подходов и выбор показателей оценки эффективности функционирования сетей мобильной связи 4G/5G при оказании услуг Интернета вещей. Вестник Алматинского университета энергетики и связи. – 2020. – № 2 (49). – С. 57-64.
- [7] Дилан Мартин, Эксперты ИТ-отрасли о влиянии COVID-19 на рынок IoT. CRN/США. Источник: <https://www.crn.ru/news/detail.php?ID=146586> (доступ: 6 июля 2020).

REFERENCES

- [1] Internet veshchey dlya «umnykh» gorodov. ООО «Ernst end Yang - otsenka i konsul'tatsionnyye uslugi», - 2018. – S.60. Istochnik: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-iot-for-smart-cities-rus/\\$FILE/ey-iot-for-smart-cities-rus.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-iot-for-smart-cities-rus/$FILE/ey-iot-for-smart-cities-rus.pdf) (dostup: 6 iyulya 2020).
- [2] Statistika koronavirusa na 04.07.2020. Istochnik: <https://koronavirus-today.ru/> (dostup: 4 iyulya 2020).
- [3] Technology against Pandemic: Insights and Practice on Telecom Networks. White Paper. Huawei Technologies Co, Ltd.: Shenzhen, -2020, - 22p.
- [4] Kostevich C. Pandemiya uskorit razvitiye industrii Interneta veshchey. CRN/RE («IT-biznes»). ООО «SK PRESS» - 23 aprelya 2020.
- [5] Ericsson. Ericsson Mobility Report. November 2019.
- [6] Turzhanova K.M. Analiz podkhodov i vybor pokazateley otsenki effektivnosti funktsionirovaniya setey mobil'noy svyazi 4G/5G pri okazanii uslug Interneta veshchey. Vestnik Almatinskogo universiteta energetiki i svyazi. - 2020. - № 2 (49). - S. 57-64.
- [7] Dilan Martin, Eksperty IT-otrasli o vliyani COVID-19 na rynek IoT. CRN/SSHA. Istochnik: <https://www.crn.ru/news/detail.php?ID=146586> (dostup: 6 iyulya 2020).

RESEARCH OF PECULIARITIES OF USING NB-IOT TECHNOLOGY FOR THE PROVISION OF THINGS INTERNET SERVICES DURING THE COVID-19 PANDEMIC PERIOD

K.M. Turzhanova

Non-profit joint-stock company “Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev”, Almaty, Kazakhstan
E-mail: karinaturzhanova@gmail.com

Abstract. *The role of the telecommunications segment has never been more important than in the context of the spread of a pandemic. The rise in the number of cases, the trend towards social distancing, the transition to a remote model of work and learning, and many other changes in the daily life of people have led mobile operators to develop relevant and appropriate responses to the rapidly increasing load on mobile networks. And concern for the health of employees has shown the need for the widespread development of IoT technology, which limits human-to-human interaction. Narrow band Internet of things (NB-IoT) technology is one of the few that has proven its value in a global pandemic through the ability to remotely manage and control some important social services [1]. Features and benefits of using NB-IoT technology in the provision of IoT services during the COVID-19 pandemic are given in this article.*

Key words: Internet of things, NB-IoT, COVID-19, mobile network, LTE.

COVID-19 ПАНДЕМИЯСЫ КЕЗЕҢІНДЕ ЗАТТАР ИНТЕРНЕТІ ҚЫЗМЕТТЕРІН КӨРСЕТУ КЕЗІНДЕ NB-IOT ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

K.M. Туржанова

«Ғұмарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Алматы, Қазақстан
E-mail: karinaturzhanova@gmail.com

Аңдатпа. *Ешқашан телекоммуникациялық сегменттің рөлі пандемияның таралуы жағдайындағыдай маңызды болған емес. Науқастанғандар санының өсуі, әлеуметтік қашықтық курсы, қашықтан жұмыс істеу және оқыту моделіне көшу және адамдардың күнделікті өміріндегі көптеген басқа да өзгерістер мобильді операторларды мобильді желілердегі жедел өсіп келе жатқан жүктемеге ден қоюдың өзекті және тиісті*

шараларын әзірлеуге жұмылдырды, ал қызметкерлердің денсаулығына қамқорлық "адам-адам"өзара іс-қимылын шектейтін заттар интернетінің технологиясын жаппай дамыту қажеттігін көрсетті. Тар жолақты Интернет технологиясы NB - IOT (Narrow band Internet of things)- Дүниежүзілік пандемия жағдайында кейбір маңызды әлеуметтік қызметтерді қашықтан басқару мен бақылау мүмкіндігі арқылы өзінің маңыздылығын дәлелдеген бірден-бір қызмет түрі. Бұл мақалада COVID-19 пандемиясы кезеңінде Интернет қызметін көрсету кезінде NB-IoT технологиясын пайдаланудың ерекшеліктері мен артықшылықтары келтірілген.

Түйін сөздер: заттар Интернеті, NB-IoT, COVID-19, ұялы байланыс, LTE



АВТОМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

FTAMP 50.41.25

САНДЫҚ БЕЙНЕЛЕРДЕГІ ДОМИНАНТТЫ ҚҰРЫЛЫМДЫ АНЫҚТАУ ӘДІСТЕРІ

Б.О. Мухаметжанова^{1,*}, Д.Е. Сагатбекова²

¹Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

²Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан
grek79@mail.ru

Аңдатпа. Мақалада объектілерді тану үшін жиі қолданылатын детекторлар қарастырылады және кескін контурларын анықтау әдістері талданады. Доминантты құрылымдарды анықтау компьютерлік тәсілді жүзеге асырудың бір әдісі болып табылады. Ұсынылған зерттеулер заманауи ақпараттық технологиялардың мүмкіндіктерімен, есептерді шешудің тиімді құралы болып табылатын осы кескіндерді математикалық модельдеу әдістерін бірлесіп қолдану арқылы анықталады. Талдау барысында әр детектордың ерекшеліктері қарастырылды және ең оңтайлы детектор анықталды, атап айтқанда Харрис детекторы анықталды. Зерттеудің жаңалығы сандық бейнелерде сипаттамалық құрылымдарды бөлектену үшін өнімділік алгоритмдерін қолданудың тиімділігінде. Сандық бейнелердегі доминантты құрылымдарды анықтау мен бөлудің қолданыстағы алгоритмдері мен математикалық модельдері зерттелді.

Түйінді сөздер: бұрыштық нүктелер, бейнелер, детектор, контур, доминантты құрылымдар.

Кіріспе

Доминантты құрылымдар, бұрыштар мен олардың бұрыштық нүктелері мен кесінділері бейненің маңызды жергілікті ерекшелігі болып табылады және сипатты немесе ерекше нүктелері деп аталатын класқа жатады. Олар адамдарды (мысалы, көз бұрыштары) тану белгілері, мәтіндегі саусақ іздері мен әріптері сияқты стереопарамен жұмыс істеудегі тірек нүктелер ретінде пайдаланылады. Маңызды бағдарламалар камераларды калибрлеу, робототехника мен машина көздеріндегі қозғалатын объектілерді бақылау, бейнелерді келісуімен және суреттерді тану. Жарықтандыру жағдайларының өзгеруіне және айналуға бұрыштар инвариантты. Доминантты құрылымдарды анықтаудың кедергіге төзімді және тиімді алгоритмдерін құруға қызығушылық онжылдықтар бойы бар және жасалатын әдістердің көздері болып көптеген ғылым салалары қызмет етеді.

Мақалада бейнелердің іздестірілетін құрылымдық салаларын құру мақсатында сандық бейнелердің бастапқы деректерін пайдалана отырып, бұрыштық және басқа да доминантты құрылымдарды анықтау, анализ жасау қарастырылған. Қарастырылып талданған әдістердің жұмыс істеу принциптеріне зерттеу жүргізіледі. Ерекше нүктелердің ең танымал детекторлары, олардың жұмыс принципі және олардың әрқайсысының негізгі артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылады.

Негізгі бөлім

Бұрыш детекторы немесе нүктелік детектор - бұл компьютерлік көру жүйелерінде кескіннің белгілі бір ерекшеліктерін алу үшін қолданылатын тәсіл. Бейнелердің белгілерін екі түрлі тәсіл арқылы анықтауға болады: алаңдарға негізделген әдістер және бейнелердің бөлшектеріне негізделген әдістер. Бірінші нұсқада тән белгілер ретінде қарқындылықтың тиісті мәндері бар пиксельдердің өздері әрекет етеді. Бірақ мұндай әдістерде параметрлердің үлкен санымен жұмыс істеу үшін есептеу процестері жеткілікті түрде еңбекті қажет етеді. Әдістердің екінші тобында сипатты белгілер ретінде бейнелердің контурлары және ерекше нүктелері болуы мүмкін [1]. Бейнедегі ерекше нүктесі бейнелерді өндеудің маңызды жергілікті ерекшелігі болып табылады, ал бұрыштың анықталуы көптеген бейнелерді өндеу тапсырмалары үшін алдын ала өндеудің маңызды кезеңі болып табылады, бейнелерді салыстыру, жіктеу, қозғалысты бағалау және объектілерді бақылау [2].

Бейнелердің ерекше нүктелері. Бейнелердегі ерекше нүктелердің ең көп таралған түрі бұрыштар болып саналады [3]. Бұрыштардың орналасуы жергілікті детекторлар арқылы анықталады. Детекторларға арналған кіріс деректері - монохромды бейне болып табылады. Детектордың шығуында матрицаның элементін алады, тиісті пиксельдерде бұрыш табылуының шынайылық дәрежесін анықтауға арналған мәндерді қамтитын матрицаның элементін ашады. Осыдан кейін шынайылық дәрежесі кейбір шекті мәннен төмен пиксельдерді кесу жүргізіледі. Барлық қалған нүктелер үшін олар ерекше болып табылады.

Моравец детекторы. Тәжірибеде ең қарапайым детектор - Моравец детекторы [4]. Негізгі идеясы әрбір бағытта бір пиксельге (x, y) ортасында 3×3 өлшеміндегі терезені жылжыту арқылы (x, y) нүктесіндегі пиксель қарқындылығын өлшеу болып табылады. Әрбір пиксель үшін қарқындылық өзгерістерін мына формула бойынша есептейді:

$$E(u, v) = \sum_{\forall a, b \in W} w(x, y) [I(x + u + a, y + v + b) - I(x + a, y + b)]^2, \quad (1)$$

мұнда $I(x, y)$ – бастапқы бейнедегі (x, y) координатындағы пиксель қарқындылығы;

(u, v) - терезенің жылжу бағыты.

Келесі қадамда қарқындылықтың ең аз өзгеру бағытын анықтайды:

$$C(x, y) = \min(V_{u,v}(x, y)). \quad (2)$$

$C(x, y)$ мәндері берілген шектен кем болатын нүктелерді бөледі. Соңғы қадам қайталанатын бұрыштарды жою болады.

Мұндай әдістің кемшілігі: бейнеде шуылға байланысты қателердің пайда болуы, анизотропия тек 8 бағытта жүруі, бұрылыстарда инварианттық қасиеттің болмауы.

Харрис детекторы. Харрис детекторы Моравец алгоритмінің жақсартылған нұсқасы болып табылады. Бұл детекторда барлық бағыттарда жарықтылықтың өзгеруін зерттеу үшін анизотропия енгізілді [5]. Зерттеулер сонымен қатар терезені қолдана отырып жүргізіледі, ал қарқындылықтың өзгеруін есептеу формуласы келесі түрге ие болды:

$$E(u, v) = \sum_{(x,y) \in W} w(x, y) [I(x + u, y + v) - I(x, y)]^2, \quad (3)$$

мұнда $w(x, y)$ функциясы W терезесінің функциясы болып табылады.

Егер $w(x, y) = 1$ және одан тыс болса, егерде $w(x, y) = 0$, (x, y) координаттағы пиксель терезе шегінде болады.

Матрицалық формула былайша беріледі:

$$E(u, v) = [u, v] \left(\sum w(x, y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \right) \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Шағын мән үшін $[u, v]$ келесі формуланы аламыз:

$$E(u, v) \cong [u, v] M \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix},$$

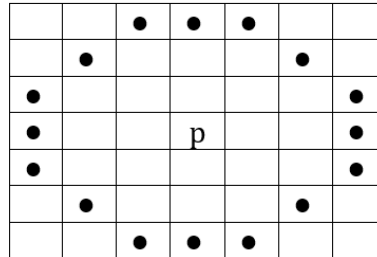
$$M = \sum w(x, y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Бұрыштық болып табылатын нүктелер үшін M матрицасының модуль бойынша өзіндік үлкен мәндері тән. Харрис өз мәнін есептеу есебін жеңілдету үшін өз өлшемін енгізді:

$$R = \det M - k(\text{trace} M)^2. \quad (6)$$

k мәндері эмпирикалық жолмен анықталады және 0,04-тен 0,15-ке дейінгі аралықта болады. Бұрыштық нүктелер үшін R мәні үлкен және оң. Оларды тапқаннан кейін, Моравец алгоритміндегідей R мәні берілген шекті мәннен аз болатындай бөліктер болады. Харрис детекторы көп есептеулерді талап етеді, бірақ ол бұрылыстарға тұрақты, бірақ масштабтың өзгеруіне және шуылға өте сезімтал.

Fast детекторы. Харрис және Моравец детекторы бастапқы бейненің пикселіне тікелей алгоритм қолдана отырып, бейнедегі бұрыштарды анықтайды. Эдвард Ростен және Том Драммонд жасаған fast детекторы пиксельдерді жіктеуге арналған ағаш шешімдерінің құрылысында ерекшеленеді. Әрбір пиксельдің маңында p бейнеде 16 пиксельден жасалған шеңберді қарастырады (сурет - 1).



Сурет 1 - Fast детекторын пайдалану кезіндегі пиксельдің жұмыс аймағы

Салыстырмалы орталық шеңбердегі пикселдердің әрқайсысы үш мүмкін күйдің бірінде орналасқан:

$$S = \begin{cases} I_x \leq I_p - t \text{ орталықтан қарағанда қараңғылау} \\ I_p - t < I_x < I_p + t \text{ орталыққа ұқсас} \\ I_p + t \leq I_x \text{ орталықтан қарағанда ашықтау} \end{cases}, \quad (7)$$

мұнда: I_x - маңайдағы пиксельдің қарқындылығы;

I_p - берілген пиксельдің қарқындылығы;

t - шекті мәні.

P нүктесі бұрыштық болып табылады, егер ол үшін шеңберде кемінде 9 аралас пиксель бар болса, қарқындылығы көп $I_p + t$ немесе аз $I_p - t$.

Бейне контурлары. Күрделі объектілермен жұмыс жасағанда жалғыз мүмкіндік бейнедегі контурды бөлу. Контурларды бөлу әдістері белгілі бір өлшемдегі квадраттық матрицаны білдіретін арнайы жылжымалы сүзгі маскасын пайдалана отырып, жарықтылық мәндерінің өзгеру аумағын табуға негізделген. Матрица элементтері салмақ коэффициенттері деп аталады.

Жарықтықтың ауытқуы анықталған кезде бірінші және екінші ретті туындылардың дискретті аналогтары қолданылады. Кейбір бір өлшемді функцияның бірінші туындысы $f(x)$ элементтердің көрші мәндерінің айырмашылығымен анықталады:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1) - f(x). \quad (8)$$

Ұқсас түрде екінші туынды анықталады:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x). \quad (9)$$

Сандық бейне үшін екі өлшемді градиенттің әртүрлі дискретті ұсыныстарындағы негізгі туындыны есептеу. Анықтау бойынша, $f(x, y)$ градиент бейнесі (x, y) нүктесінде вектор болып табылады [6]:

$$\nabla f = \begin{bmatrix} Gx \\ Gy \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (10)$$

(x, y) нүктесінде жоғары жылдамдықпен f функциясының өзгеруі градиент векторының бағытымен сәйкес келеді.

Прюитт операторы. Прюитт операторы сондай-ақ, 3×3 бейне аймағында жұмыс істейді, алайда, масканы пайдалану келесі өрнектермен беріледі [6]:

$$\begin{aligned} G_x &= (z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7), \\ G_y &= (z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3) \end{aligned} \quad (11)$$

Ұсынылған формулаларда жоғарғы және төменгі жолдар элементтерінің қосындылары арасындағы айырмашылық y осі бойынша, ал бірінші және соңғы баған бойынша айырмасы – x осі бойынша туындының жақын мәні болып табылады. Бұл формулаларды Прюитт операторы жүзеге асырады (сурет - 2).

-1	-1	-1	-1	0	1
0	0	0	-1	0	1
1	1	1	-1	0	1

Сурет 2 - Прюитт операторының маскалары

Прюитт операторының кемшілігі ретінде оның бейнедегі шуылға сезімталдығын атап өтуге болады.

Робертс операторы. Бейненің кейбір элементінің айналасындағы жарықтылық мәнін білдіретін 3×3 аймағында шеңбер бар болсын (сурет - 3).

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

Сурет 3 - Бейне ішіндегі 3×3 шеңбері

z_5 нүктесінде алғашқы жеке туындыларды табудың қарапайым тәсілі - Робертстің айқас градиентті операторы [6].

$$\begin{aligned} G_x &= (z_9 - z_5), \\ G_y &= (z_8 - z_6). \end{aligned} \quad (12)$$

Бұл сүзгіде туындылар бейнелерде маскамен өңдеу арқылы іске асырылуы мүмкін.

-1	0	0	-1
0	1	-1	0

Сурет 4 - Робертс операторының маскалары

Робертс сүзгісі бейнені сүзудің жоғары жылдамдығын қамтамасыз етеді, алайда, оның нақты орталық элементі жоқ, бұл орындау нәтижелеріне теріс әсер етеді.

Собель операторы. Собель операторы орташа элементтер үшін екі салмақ коэффициентін қолдану арқылы Прюитт операторының модификациясы болып табылады [7]:

$$\begin{aligned} G_x &= (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7), \\ G_y &= (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3). \end{aligned} \quad (13)$$

Орташа нүктелер үшін тегістеу әсерін азайту мақсатында үлкен салмақ беріледі. Собель операторының маскалары (сурет - 5) көрсетілген.

-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

Сурет 5 - Собель операторының маскалары

Собель операторының басты кемшіліктерінің бірі оның толық айналмалы симметриясы жоқ. Жоғарыда айтылғандарды түйіндей келе, қазіргі уақытта детекторлардың әрбір әдісі мамандандырылған болып табылады және оларды қолдану олар жасалған белгілермен шектеледі.

Нәтижелер

Қазіргі алгоритмдердің күрделене түскенін байқауға болады. Алайда, Харрис және FAST детекторлары бұрыштарды анықтау үшін ең көп қолданылатын және есептейтін жылдам алгоритмдер болып табылады. Бұрыш детекторларының салыстырмалы кестесі келтірілген (кесте-1).

Кесте 1- Детектор әдістерін салыстыру

Детектор атауы	Инварианттық				Жұмыс жылдамдығы		Табылған нүктелердің сапасы
	масштаб	бұрылу	шу	жарықтығын өзгерту	төменгі	жоғары	
Моравец	3	1	3	2	3	4	2
Харрис	3	5	4	4	4	4	3
FAST	3	5	2	4	5	5	3

Детекторлардың әдістерін салыстыру (1-өте нашар, 2-жаман, 3-қанағаттанарлық, 4-жақсы, 5-өте жақсы) [8].

Харрис әдісінің негізгі артықшылықтары бұрылу мен шуылға инвариантты болып табылады, сондай-ақ өте жоғары жұмыс жылдамдығы. Бұл тапсырмалар үшін ең қолайлы, оларды шешу кезінде айқын бұрыштары бар бейнелерде арнайы нүктелерді іздеу, шудың болуы қолданылады.

FAST детекторы теңдесі жоқ жұмыс жылдамдығына ие, алайда, детектор ретінде алдыңғы әдістерден төмен және олардағы шуылмен бейнелерді талдауда әлдеқайда нашар нәтиже көрсетеді.

Қорытынды

Қазіргі уақытта көптеген жаңа алгоритмдер пайда болды және олардың әрқайсысының өз ерекшеліктері бар. Алайда, қаралған детекторлар кез келген қойылған тапсырманы орындай алады. Алгоритмді таңдау кезінде орындалу тиімділігі немесе жылдамдығы маңызды болып табылатынын ескеру қажет. Қорытындылай келе, ең оңтайлысы - Харрис детекторы. Ол өте жоғары жылдамдықты және одан кем емес жоғары тиімділікті орындауды біріктіреді.

Ұсынылған және белгілі доминантты және бұрыштық нүктелердің детекторларымен салыстырмалы талдау және есептеу эксперименттерін жүргізу жоспарлануда.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений - М.: Техносфера, 2012.- С. 1104.
- [2] Козловский А.Н. Определение угловых точек на основе аппроксимации контуров объектов изображения // Информатика – 2010. -Т. 4, - С. 36-47.
- [3] Казанцев И.Г. Об одном детекторе угловых точек на изображениях // Интерэкспо Гео-Сибирь. XIV Международный научный конгресс. Т.1. – Новосибирск: СГУГиТ, 2018. – С. 89-93.
- [4] Corner detection – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Corner_detection (дата обращения 7 февраля 2020 года).
- [5] Борисенко Д. И. Методы поиска угловых особенностей на изображениях // Молодой ученый. – 2011. – Т. 1, № 5. – С. 120–123.
- [6] Хрящев Д.А. Об одном методе выделения контуров на цифровых изображениях // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2010. Т. 1, №2. – С. 181-187.

- [7] Селянкин В. Компьютерное зрение. Анализ и обработка изображений. – СПб.: Лань, 2019. – С. 152.
- [8] Ивашечкин А.П., Василенко А.Ю., Гончаров Б.Д. Методы нахождения особых точек изображения и их дескрипторов // Молодой ученый. – 2016. – Т. 1, № 15. – С. 138–140.

LIST OF REFERENCES

- [1] Gonzalez R., Woods R. Cifrovaya obrabotka izobrazhenij [Digital image processing].- Moscow: Tekhnosfera, 2012.- p.1104.
- [2] Kozlovskiy A.N. Opredelenie uglovih tochek na osnove approksimacii konturov obektov izobrajeniya [Defining corner points based on approximating the contours of image objects] // Informatika – 2010. - Vol. 4, - p. 36-47.
- [3] Kazancev I.G. Ob odnom detektore uglovih tochek na izobrajeniyah [About one corner point detector in images] // Interekspo Geo-Sibir. XIV Mejdunarodnii nauchnii kongress. Vol.1. – Novosibirsk: SGUGiT, 2018. – p. 89-93.
- [4] Corner detection – [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Corner_detection (accessed 7 February 2020).
- [5] Borisenko D. I. Metody poiska uglovyh osobennostej na izobrazheniyah [Methods of searching for angular features in images] // Molodoj uchenyj – 2011. - Vol. 1, No. 5. - p. 120-123.
- [6] Hryashev D.A. Ob odnom metode videleniya konturov na cifrovih izobrajeniyah [About a method for selecting polygons in digital images] // Vestnik AGTU. Ser.: Upravlenie, vichislitel'naya tehnika i informatika. – 2010. - Vol. 1, No T. 2. – p. 181-187.
- [7] Selyankin V. Kompyuternoe zrenie. Analiz i obrabotka izobrazenii [Computer vision. Image analysis and processing]. – SPb.: Lan, 2019. – p. 152.
- [8] Ivashechkin A.P., Vasilenko A.Yu., Goncharov B.D. Metodi nahojdeniya osobih tochek izobrajeniya i ih deskriptorov [The methods of finding singular points of the images and their descriptors] // Molodoj uchenyj – 2016. – Vol. 1, No. 15. – p. 138–140.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОМИНАНТНЫХ СТРУКТУР НА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Б.О. Мухаметжанова^{1,*}, Д.Е. Сагатбекова²

¹Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан

²Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, Казахстан
grek79@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются детекторы, часто используемые для распознавания объектов и проанализированы методы определения контуров изображений. Следовательно определение доминантных структур является одним из способов реализации компьютерного подхода. Более того определяется возможностями современных информационных технологий, совместного использования методов математического моделирования данных изображений, являющихся эффективным инструментом для решения задач. В результате анализа были рассмотрены особенности каждого детектора и определен наиболее оптимальный детектор, в частности, детектор Харрис. Новизна исследования – в эффективности применения разработки алгоритмов по продуктивности выделения характерных структур на цифровых изображениях. Исследованы алгоритмы и математические модели определения и выделения доминантных структур на цифровых изображениях.

Ключевые слова: особые точки, изображения, детектор, контур.

METHODS FOR DETERMINING DOMINANT STRUCTURES ON DIGITAL IMAGES

B. O. Mukhametzhanova^{1,*}, D.E. Sagatbekova²

¹ L. N. Gumilyov Eurasian national University, Nur-Sultan, Kazakhstan

² Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan
grek79@mail.ru

Annotation. Detectors often used for object recognition and methods for determining the contours of images are analyzed in the article. The definition of dominant structures is one of the ways to implement the computer approach. Moreover, it is determined by the capabilities of modern information technologies, the joint use of methods for mathematical modeling of image data, which are an effective tool for solving problems. As a result of the analysis, the features of each detector were considered and the most optimal detector was determined, in particular, the Harris detector. The novelty of the research lies in the effectiveness of the development of algorithms for the productivity of the selection of characteristic structures in digital images. Algorithms and mathematical models for determining and highlighting dominant structures in digital images are investigated.

Key words: singular points, images, detector, contour.



АВТОМАТИКА, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

МРНТИ 90.01.85

DEVELOPMENT OF METHODS FOR VERIFYING FLOWMETERS AT THE OPERATION PLACE

S.G. Khan*, L.K. Ibrayeva

Non-profit joint-stock company "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev", Almaty, Kazakhstan
s.khan@aes.kz, l.ibrayeva@aes.kz

Annotation. At uranium mining enterprises, after the intertesting interval, metrological verification of flow meters is carried out. It is associated with the need to stop the technological process, remove devices from production and transport them to the metrological service. In the article, a new methodology for verifying an electromagnetic flowmeter at the site of operation, developed by the authors, is described, that is, without stopping the technological process, using a mobile geotechnological information and metrological complex. The verification results are entered into the flow meter readings database, which are then used in the program for calculating the uncertainty of the relative error of the flow meter being verified.

The measurement results are processed in the "Metrolog" workstation, which includes programs for calculating the measurement uncertainty of technical flow meters based on the international GUM Guidelines: 1993, developed in the NITLabView environment. To conclude on the verification, the uncertainty of the relative error of the electromagnetic flowmeter is estimated according to the national normative document.

The work is carried out within the framework of state funding on the theme "Development and testing of a mobile geotechnical information and metrological complex (GIMC) to improve the efficiency of uranium mining".

Keywords: electromagnetic flowmeter, verification method, mobile geotechnical information and metrological complex, measurement uncertainty

Uranium mining by underground leaching method is one of the most cost-effective and environmentally friendly methods of production that is applied in the Republic of Kazakhstan. The subsoil is almost not destroyed and even completely restored within a few years.

Acidic leaching solutions (H_2SO_4) are distributed in injection wells at a pressure of 5-6 atmospheres. In injection wells, the leaching solution passes through a filter to the productive horizon, where the uranium is leached with acidic solutions. At this stage a productive solution containing uranium is formed underground. Through pumping wells with the help of deep pumps, the productive solution containing dissolved uranium enters in the receiving unit for productive solutions [1].

A large number of different flowmeters located in the measuring unit for receiving and distributing leaching solution are used to account for the flow of working solutions into the feed wells and pumping them out of the pumping wells. Various types of electromagnetic and mechanical flow meters are used in uranium mining enterprises. The use of precision flow meters is not economically feasible due to their high cost and large required quantity.

At the end of the calibration interval, metrological verification of flow meters is performed, which is associated with the need to stop the technological process, remove the devices from production, transport them to the metrological service, where verification is performed on the calibration unit, and return transportation to production is conducted. This verification procedure leads to financial costs for the company.

The article considers the questions of the development of a new method of verification in place, that is fulfilled at the technological site without stopping the technological process. The novelty of this work is to develop methods of calibration of electromagnetic flowmeters with the estimation of uncertainty of measurement and creation mobile geotechnological information and metrological complex (GIMC) for verification of flowmeters without dismantling from the place of operation. It allows increasing economic

efficiency of the processes of uranium mining by method of underground leaching.

GIMC (Figure 1) is intended for verification and calibration of flowmeters installed on leaching solution preparation devices in conditions that are the closest to the conditions of actual operation [2].

The complex must be temporarily connected to a system that allows consistently to turn on the flowmeter (VF) to be verified. The etalon and verifiable flowmeters measure the same flow. The etalon flowmeter used for measuring the leaching solution must have the following characteristics: specific gravity of the working fluid 1000-1500 kg/m³; maximum flow 20000 m³/h; minimum flow 500 m³/h; accuracy of mass flow measurement 0.1%; accuracy of density measurement 0.5%; accuracy of determining the volume flow of the liquid 0.7%.

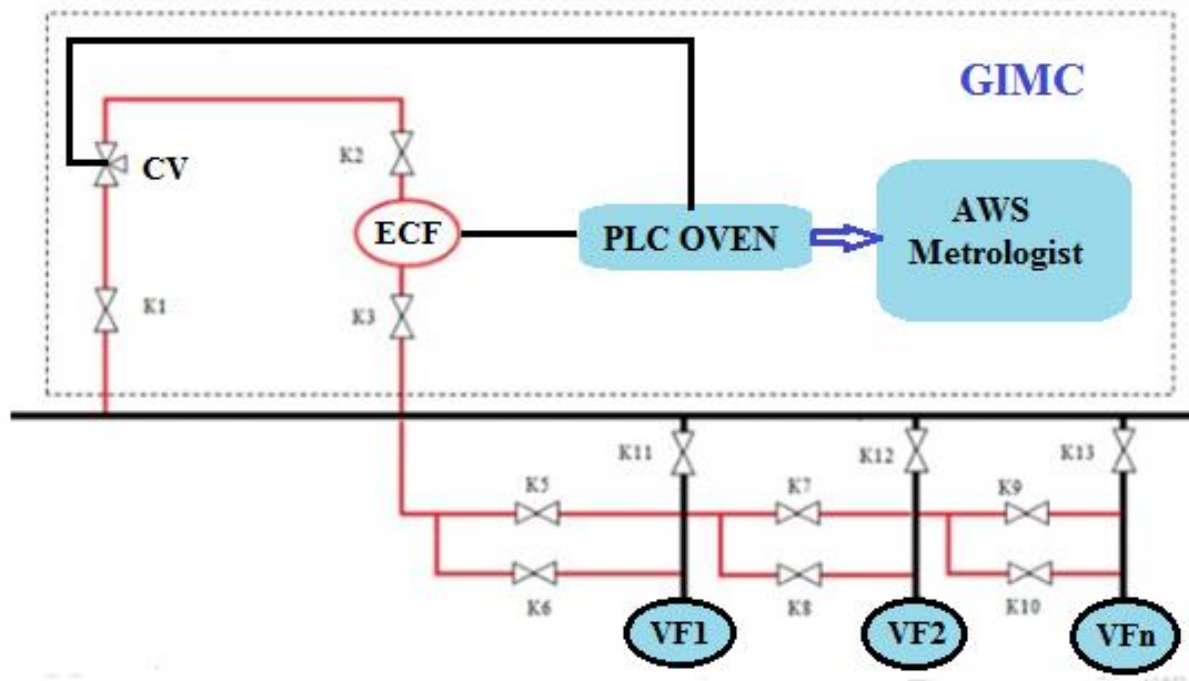


Figure 1—Block-diagram of connecting the GIMC to the unit for receiving and distributing leaching solution

An analysis of the accuracy characteristics of the flow meters available on the market allows us to determine that the most suitable type of flow meter for this application is a flowmeter based on the Coriolis effect (ECF). Although this type of flow meter measures the mass flow rate of a liquid, the high accuracy of the density measurement allows it to be used for checking flow meters that measure volume flow.

For calibration of sensors, the change in the flow rate required to set the verifiable points 0.25Q_{max}; 0.5Q_{max}; 0.7Q_{max}; 0.95Q_{max} (where Q_{max} is the maximum flow rate of the verified electromagnetic flowmeter) is carried out using a controlling valve (CV) and a programmable controller (PLC OVEN). The results of measurements and uncertainty calculation of the relative error of the verified flowmeter in accordance with the requirements of the normative document [3] are displayed on the interface of the automatic workstation (AWS) "Metrologist" developed in the NI LabView software.

The complex is connected to the injection system, with the help of shut-off valves, all valves are closed except one. The flow of the solution passes through the verified and etalon flowmeter. With the help of the controlled valve the desired flow rate for that well can be set. This approach allows verification in conditions similar to working conditions.

The readings of the etalon flowmeter are compared with the readings of the flowmeter at the well. Then the flow is blocked to the already measured well and opened to the next one, etc. As a result, we get a table of correspondence between the readings of flowmeters installed on wells and the readings of a high-precision etalon flowmeter.

The verification procedure assumes that all flowmeters are verified using a calibration unit, not simultaneously, but in turn. At the same time, when verifying the selected flowmeter, all other electromagnetic flowmeters at the leaching solution distribution node operate normally.

The proposed method of EMF verification provides for the calculation of measurement uncertainty in accordance with the international guide for estimating measurement uncertainty GUM: 1993 [4] and the International vocabulary of Metrology - basic and General concepts and related terms (VIM) [5].

The results of measurements at the GIMC stand, carried out in the laboratory of the "Automation and Control" Department, are processed by the standard method of GUM in the developed program for calculating the measurement uncertainty of EMF [6], which is part of the AWS "Metrologist". The interface of the AWS "Metrologist" for verification is shown in Figure 2.

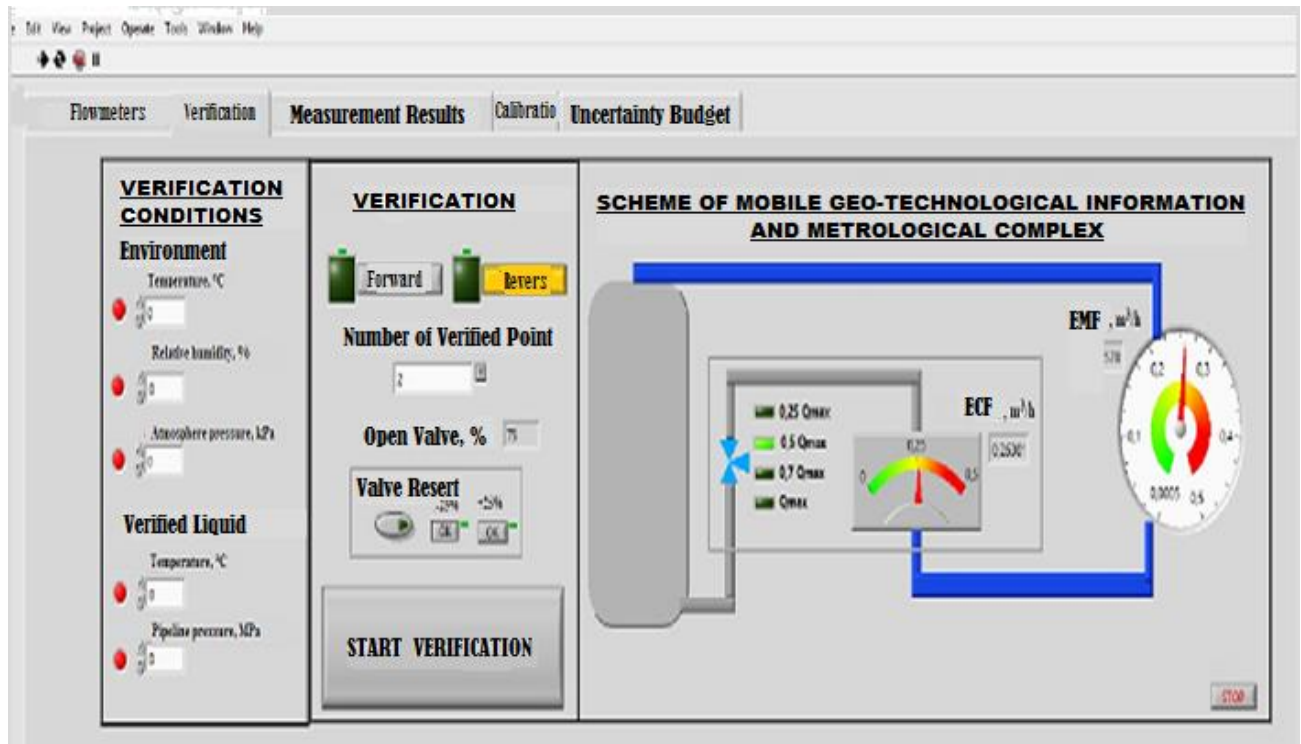


Figure 2 - The interface of the AWS "Metrologist" for verification

The operator manually enters the environmental conditions and parameters of the liquid to be tested (leaching solution). Next, the operator sets the number of the point to be verified and the "forward" or "reverse" course of verification over the measurement range of the EMF to be verified.

The verification process includes measurements at four verifiable points, at each point on the "forward" and "reverse" course of the controlled valve, eleven flow values are measured by the verified EMF and reference ECF flowmeters.

The results of experiments are entered in the database of flow meter readings [7], which are then used in the program for calculating the uncertainty of the relative error of the flowmeter being verified.

The final results of calculating the uncertainty of the relative error of the EMF are presented in the form of an uncertainty budget [8].

The GUM results of estimating the uncertainty of the relative error of the calibrated flowmeter for the 4th calibrated point ($Q = 5700 \text{ dm}^3 / \text{h} = 95\% Q_{\max}$) are presented in the form of an "Uncertainty Budget" (Figure 3).

Conclusion. The developed method for testing flowmeters at uranium mining sites using the method of underground well leaching will allow performing the verification procedure in such a way that all flow meters are tested using a verification unit not simultaneously, but in turn. At the same time, when testing the selected flowmeter, all other electromagnetic flowmeters at the leaching solution distribution node operate normally.

The novelty of this work is to develop the methods of calibration of electromagnetic flowmeters with the evaluation of uncertainty of measurement and creation a mobile geotechnological information and metrological complex for verification of flowmeters without dismantling from the place of the operation, allowing to increase economic efficiency of the processes of uranium extraction by method of underground borehole leaching. As well as in the development of a program for calculating the measurement uncertainty

of technical flowmeters, based on the international "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", and its application in metrological practice.

According to the research results, the author's certificate No.6145 dated 30.10.2019 for the software "Method of electromagnetic flowmeters verification" has been obtained [9].

Qmax, dm³/h: 6000 Checkpoint, %Qmax: 95 Qmeas, dm³/h: 5700

Calibrated flowmeter (CF) values, dm³/h: 0 5688,17 5736,5 5676,24 5730,44 5699,55 5705,1 5684,34 5731,12 5702,64 5731,68 5688,45

Calibration setting (CS) values, dm³/h: 0 5697,99 5699,76 5699,06 5697,99 5699,84 5703,69 5700,27 5703,13 5698,9 5700,66 5702,37

Start OK

UNCERTAINTY BUDGET

Input value	Input value estimation	Type of uncertainty	Probability distribution	Sensitivity factor	Standard uncertainty	Uncertainty contribution
Flow rate according to the indications of the calibrated flowmeter Q_r , dm ³ /h	5706,75	A	Uniform	0,0175428	22,016	0,386223
		B	Uniform	0,0175428	0,0288675	1,00050641E-5
Flow rate according to the indications of the calibration setting Q_p , dm ³ /h	5700,33	A	Uniform	0,0175626	1,96388	0,0344907
		B	Uniform	0,0175626	3,2909	0,0577966
		B	Uniform	0,0175626	0,00288675	5,06988E-5
Output value	Output value estimation	Combined standard uncertainty	Probability distribution	Coverage factor	Expanded uncertainty	
Relative error, %	0,112532	0,39204	Uniform	1,96	0,768401	

Relative error: 1 % Expanded uncertainty of relative error: 0,7684 % RECORD RESULT

Figure 3 - Calculation of the "Uncertainty Budget" using the GUM method (4th verified point)

The proposed method of verification of electromagnetic flowmeters can be tested on modernized units of preparation and distribution of leaching solutions, in which an additional pipeline for verification of electromagnetic flowmeters is installed parallel to the main supply pipeline of the leaching solution.

References

- [1] Golik, V.I., Zaalishvili, V.B., & Razorenov, Yu.I. Opyt dobychi urana vyshchelachivaniyem [Uranium leaching experience]. *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2014, 7, 97–103. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-dobychi-urana-vyshchelachivaniyem> (in Russian).
- [2] Khan, S.G., Alibek, A.A., Batyr, A.K. Razrabotka mobilnogo geotekhnologicheskogo informacionno-metrologicheskogo kompleksa (GIMK) poverki raskhodomerov [Development of a mobile geotechnological information and metrological complex (GIMC) for verification of flow meters]. *Bulletin of the Almaty University of Power Engineering and Telecommunications*, 2018, № 4(2)(43), p.75–81. (in Russian).

- [3] SD RK 2.328-2015. Elektromagnitnye raskhodomery, Metod poverki. [Electromagnetic flowmeters. Verification method.] It was introduced 2017-09-19. Astana: Committee for Technical Regulation and Metrology of the Republic of Kazakhstan. 23 p. (in Russian).
- [4] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement: First Edition. ISO (GUM:1993). Switzerland. 1993. 126 p.
- [5] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML, International Vocabulary of Metrology - Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM). JCGM 200:2012. 91 p.
- [6] Khan, S. & Tashibayeva, A. Razrabotka programmy otsenivaniya neopredelennosti izmereniya pri poverke elektromagnitnykh raskhodomero [Development of program for estimating the measurement uncertainty at the calibration of electromagnetic flowmeters]. Bulletin of the Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, 2017, № 2(37), p.27–34. (in Russian).
- [7] Khan, S.G. & Tashibaeva A.E. Development DBMS of Cad System for Estimating Electromagnetic Flowmeters' Measurement Uncertainty. Bulletin of the Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, 2017, № 4(39), p.27–34.
- [8] Zhusupbekov, S. S., Khan, S. G., Ibrayeva, L. K. The analysis of approaches to measurement uncertainty evaluation for calibration. Informatyka, Automatyka, Pomiar w Gospodarcei Ochronie Środowiska - IAPGOS (Informatics, Control, Measurement in Economy and Environmental Protection), 2019, vol.9 No 3, p.26-29. <https://doi.org/10.35784/iapgos.233>.
- [9] Khan, S.G., Ibrayeva, L.K., Kartashov, E.O., Makishev, A.K. Programnoe obespechenie «Metodika poverki elektromagnitnykh raskhodomero». Svidetelstvo o vnesenii svedenii v gosudarstvennyi reestr prav na obekt, okhranyaemyi avtorskim pravom. [Software "Methods of electromagnetic flowmeters verification". Certificate of entering information in the state register of rights to objects protected by copyright]. № 6145 from 30.10.2019. (in Russian).

Список литературы

- [1] Голик В.И., Заалишвили В.Б., Разоренов Ю.И. Опыт добычи урана выщелачиванием. Горный информационно-аналитический бюллетень, 2014, 7, с.97–103. Обзор: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-dobychi-urana-vyschelachivaniem>.
- [2] Хан С.Г., Әлібек Ә., Батыр Ә. Разработка мобильного геотехнологического информационно-метрологического комплекса (ГИМК) поверки расходомеров. Вестник АУЭС, 2018, 4(2)(43), с.75–81.
- [3] СТ РК 2.328-2015. Электромагнитные расходомеры. Метод поверки. Введен 2017-09-19. Астана: Комитет технического регулирования и метрологии Республики Казахстан. 23 с.
- [4] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement: First Edition. ISO (GUM:1993). Switzerland. 1993. 126 p.
- [5] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML, International Vocabulary of Metrology - Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM). JCGM 200:2012. 91 p.
- [6] Хан С.Г., Ташибаева А.Е. Разработка программы оценивания неопределенности измерения при поверке электромагнитных расходомеров. Вестник АУЭС, 2017, № 2(37), с.27–34.
- [7] Khan, S.G. & Tashibaeva A.E. Development DBMS of Cad System for Estimating Electromagnetic Flowmeters' Measurement Uncertainty. Bulletin of the Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, 2017, № 4(39), 27–34.
- [8] Zhusupbekov, S. S., Khan, S. G., Ibrayeva, L. K. The analysis of approaches to measurement uncertainty evaluation for calibration. Informatyka, Automatyka, Pomiar w Gospodarcei Ochronie Środowiska - IAPGOS (Informatics, Control, Measurement in Economy and Environmental Protection), 2019, vol.9 No 3, 26-29. <https://doi.org/10.35784/iapgos.233>.
- [9] Хан С.Г., Ибраева Л.К., Карташов Е.О., Макишев А.К. Программное обеспечение «Методика поверки электромагнитных расходомеров». Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объект, охраняемый авторским правом. № 6145 от 30.10.2019

ПАЙДАЛАНУ ОРНЫ БОЙЫНША ШЫҒЫН ӨЛШЕГІШТЕРДІ ТЕКСЕРУ ӘДІСТЕМЕСІН ӘЗІРЛЕУ

С.Г. Хан*, Л.К. Ибраева

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Алматы қ., Қазақстан
s.khan@aes.kz, l.ibrayeva@aes.kz

Аңдатпа. Уран өндіру кәсіпорындарында тексеру аралық интервалы өткеннен кейін шығын өлшегіштерге метрологиялық тексеру жүргізіледі, ол үшін технологиялық процесті тоқтату, аспаптарды өндірістен алу және оларды метрологиялық қызметке тасымалдау қажеттілігі пайда болады. Мақалада электромагниттік шығын өлшегішті тексерудің авторлар әзірлеген жаңа әдістемесі сипатталған, бұл тексеру жұмыс орнында, яғни технологиялық процесті тоқтатпай, мобильді геотехнологиялық ақпараттық-метрологиялық кешенді қолдана отырып жүргізіледі. Тексеру нәтижелері шығын өлшегіштердің көрсеткіштерінің мәліметтер қорына енгізіледі, олар кейіннен тексерілетін шығын өлшегіштің салыстырмалы қателігінің анықталмағандығын есептеу бағдарламасында қолданылады.

Өлшеу нәтижелері GUM:1993 Халықаралық Нұсқаулығы негізінде NI LabView графикалық программалау ортасында әзірленген техникалық шығын өлшегіштердің өлшеулерінің анықталмағандығын есептеу бағдарламаларын қамтитын "Метролог" автоматтандырылған жұмыс орнында (АЖО-да) өңделеді. Тексеру туралы қорытынды жасау үшін ұлттық нормативтік құжатқа сәйкес электромагниттік шығын өлшегіштің салыстырмалы қателігінің анықталмағандығы бағаланады.

Жұмыс "Уран өндіру тиімділігін арттыру үшін мобильді геотехнологиялық ақпараттық - метрологиялық кешенді (ГАМК) әзірлеу және сынау" тақырыбы бойынша мемлекеттік қаржыландыру шеңберінде орындалады.

Түйін сөздер: электромагниттік шығын өлшегіш, тексеру әдістемесі, мобильді геотехнологиялық ақпараттық-метрологиялық кешен, өлшеудің анықталмағандығы.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОВЕРКИ РАСХОДОМЕРОВ ПО МЕСТУ ЭКСПЛУАТАЦИИ

С.Г. Хан*, Л.К. Ибраева

Некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», г. Алматы, Казахстан
s.khan@aes.kz, l.ibrayeva@aes.kz

Аннотация. На предприятиях добычи урана по истечении межповерочного интервала проводится метрологическая поверка расходомеров, которая связана с необходимостью остановки технологического процесса, снятия приборов с производства и транспортировки их в метрологическую службу. В статье описывается разработанная авторами новая методика поверки электромагнитного расходомера по месту эксплуатации, то есть без остановки технологического процесса, с использованием мобильного геотехнологического информационно-метрологического комплекса. Результаты поверки заносятся в базу данных показаний расходомеров, которые далее используются в программе расчета неопределенности относительной погрешности поверяемого расходомера.

Результаты измерений обрабатываются в АРМ «Метролог», который включает программы расчета неопределенности измерений технических расходомеров на основе международного Руководства GUM: 1993, разработанные в среде NILabView. Для заключения о поверке оценивается неопределенность относительной погрешности электромагнитного расходомера, согласно национальному нормативному документу.

Работа выполняется в рамках государственного финансирования по теме «Разработка и испытание мобильного геотехнологического информационно-метрологического комплекса (ГИМК) для повышения эффективности добычи урана».

Ключевые слова: электромагнитный расходомер, методика поверки, мобильный геотехнологический информационно-метрологический комплекс, неопределенность измерений.



ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

UDC 541.49

OZONIZATION PURIFICATION OF INDUSTRIAL PLANTS WASTEWATER

M.M. Arshidinov*, G.Sh. Ospanova

Non-profit joint-stock company "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev", Almaty, Kazakhstan
e-mail: m.arshidinov@aes.kz

Annotation. The results of industrial wastewater treatment with ozone are presented in the article. The optimal parameters from various factors of the process of wastewater treatment of nonferrous metallurgy enterprises of the Republic of Kazakhstan by a chemical method using oxidative neutralization were studied and determined. The depth of oxidation and the duration of ozonation are functions of the pH of the solution. deep purification of cyanides, thiocyanates, copper, zinc, lead, foaming agent (99-100%) has been achieved. Ozonation products of each toxic component of wastewater have been identified. The article shows that non-ferrous metals can be utilized in the process of ozonation of industrial wastewater. Ozone is able to react with organic and inorganic compounds until complete oxidation. During ozonation of wastewater, metal ions of low oxidation states form insoluble complex compounds and hydroxides that precipitate. However, ozonation has not only advantages, but also the following disadvantages: the formation of by-products, as well as the high initial cost of equipment. The advantages of ozone include the following: strong oxidant and disinfectant; very effective against viruses, which is especially important and relevant in the context of the Covid-19 pandemic. Ozonation is widely used for industrial waste water treatment and is relevant from an environmental point of view.

Keywords: ozone, purification, wastewater, cyanides, thiocyanates, copper, zinc, lead, frother.

Introduction

Environmental protection is an urgent problem; therefore industrial wastewater treatment is very actual [1-7]. The nature of contamination determines the technology of water purification. There are various types of cleaning technologies: mechanical; chemical; biological; combined. Chemical treatment is one of the effective method of wastewater. The most widely used of all is oxidation method. Ozone is the most effective and ecological pure due to the high oxidizing ability and conversion of pollutants (cyanides, thiocyanates) into non-toxic compounds in comparison with chlorine. Chlorine usage is complicated due to the difficulty of its delivery, problem of necessity for residual chlorides removal.

The problem of beneficiation plants wastewater purification from organic flotation reagents is important and relevant. Different types of organic substances, containing terpenic or monatomic aliphatic alcohols, cresols and xlenols, monomethyl and monobutyl ethers of polypropylene glycols and polyalkoxyalkanes are widely used as frothers.

Ozonization is ecologically pure process for treating organic compounds. Ozone is an effective oxidizing agent due to its high redox potential ($E_0 = 2.07$ V). The efficiency of ozonation can be increased by using catalysts, ultraviolet irradiation, etc. For example, hydroxyl ($\text{OH}^\cdot$) ions show high catalytic activity in ozonation reactions of aliphatic alcohols.

Experimental

Materials

Ozonization purification of concentrators drains for copper concentrate is the wastewater of the 1st industrial plant (IP) and concentrators drains of tailings control lead flotation is the wastewater of the 2nd IP. Wastewater pollutants are the following: cyanides, thiocyanates, copper, zinc, lead. Frother (monatomic aliphatic alcohol) is the toxic component of the 3^d IP.

Methods

Industrial plants wastewater purification is carried out by ozonization in barbotage reactor by ozone-air mixture.

Results and discussion

Treatment of three industrial plants wastewater from cyanides, thiocyanates, copper, zinc, lead and frother with ozone is studied.

Pollutants content change of industrial plants wastewater at ozonization is illustrated in Figures 1 and 2.

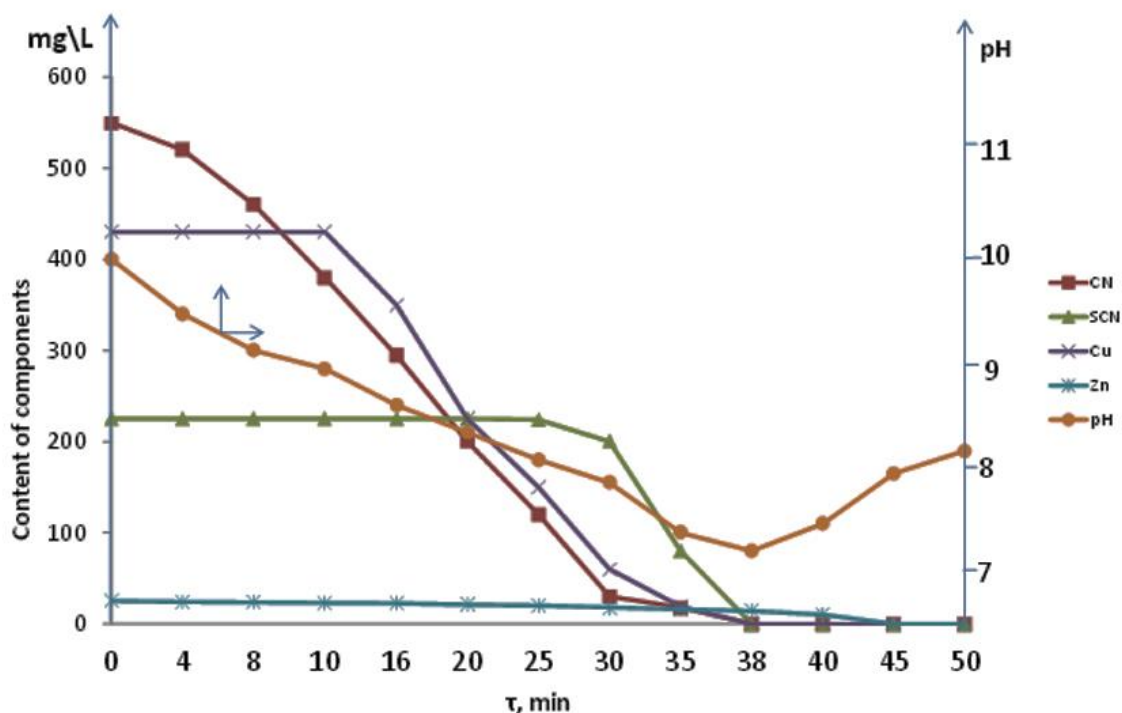


Figure 1. Content of cyanides, thiocyanates, copper, zinc and pH of the 1st industrial plant wastewater from ozonization duration

Cyanides of the 1st industrial plant wastewater are oxidized to nontoxic cyanates at a high rate until of 2-3 mg/L residual concentration. After that the oxidation rate is reduced in 10 times and is necessary additional time for a complete in accordance of Figure 1. Thiocyanates are converted to nontoxic sulfates at ozonization. Selectivity of cyanide oxidation is very high. Ozonization of thiocyanates in the presence of cyanides in wastewater begins only at a residual cyanide concentration of 40 mg/L. At this point there is ozone leakage. Further simultaneous oxidation of cyanides and thiocyanates proceeds until complete oxidation. Complex anions of copper $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$, $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$, $[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{3-}$ in the industrial plants wastewater are destructed by ozone and form precipitation of alkali salts $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$. Zinc ions are converted into hydroxides $\text{Zn}(\text{OH})_2$. Wastewater pH value on the ozonization duration is an extreme character. Gradual decline pH from 10.5 to 7.1 proceeds in accordance with acidification due to the nitrogen oxides, entering with ozone into the reactor, and consumption of the hydroxide ions for the oxidation of thiocyanate. After the ozone leakage is the further increase of solution pH to 8.3. The specific ozone consumption is 2.5 g O_3 per 1 g of thiocyanate and cyanide sum, which coincides with the theoretically calculated consumption.

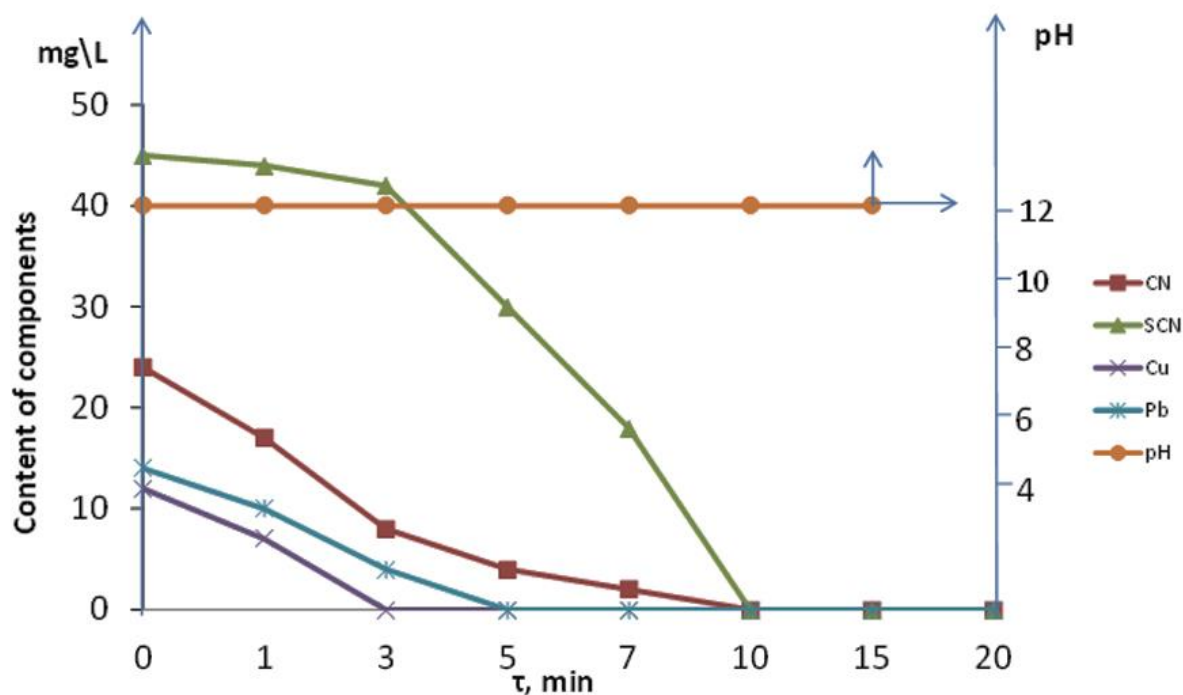


Figure 2. Content of cyanides, thiocyanates, copper, lead and pH of the 2nd industrial plant wastewater from ozonization duration

The content of cyanides and thiocyanates in the waste water of the 2nd industrial plant, in contrast to the waste water of the 1st industrial plant, is 10 times lower and the ratio is reversed (thiocyanates are 1.5 times more than cyanides). Therefore the ozone leakage is observed initially and the simultaneous oxidation of cyanide and thiocyanate proceeds. During ozonation, complex ions of lead and copper are converted to slightly soluble salts and hydroxides and precipitate. The rate of cyanides and thiocyanates oxidation is rapidly decreased because the catalytic effect of copper ions in the 2nd industrial plant wastewater is less due its lower content. Specific ozone consumption is high 4.7-5.4 g O₃ per 1 g of cyanides and thiocyanates sum due to the low coefficient of ozone usage, which was leakage initially because the low content of catalytically active copper ions and ratio of CN:SCN (1: 5). Wastewater pH value on the ozonization duration is practically constant ~ 12.

Purification of the 3rd industrial plant wastewater frother (monatomic aliphatic alcohol) carried out by ozonization in barbotage reactor. Treatment data are given in Table 1.

Table 1 - Industrial plant wastewater frother ozonization depending on solution pH (80 mg/L frother at concentration of ozone 6.7-7.2 mg/mL; capacity 1 m³/hour; temperature 20 ° C; τ = 30 min)

pH	Residual concentration of frother, mg/L	Ozone consumption, mg O ₃ /mg of frother		
		Initial	Average	Final
6.3	46	air		
6.3	38	6.0	7.0	8.3
10.3	26	2.8	3.5	5.7

11.0	-	2.0	3.1	4.2
12.0	-	1.5	2.0	3.5

Oxidation of frother at pH = 6.3 does not take place deeply enough (Table 1). The wastewater frother is not possible completely purify during 30 min. Ozone consumption is high and corresponds to 6.0-8.3 mg O₃ per 1 mg of frother. Oxidation of frother by ozone is better (by 10%) in comparison with air treatment (Table 1). Series of experiments with the use of inert gas showed that about 20% of frother is blown out, and therefore, only 20% of frother is oxidized by air oxygen.

Frother at the initial concentration 80 mg/L is fully oxidized during 5 and 30 minutes at pH = 12 and 11, respectively. Frother concentration in wastewater at pH value 10.3 during 30 minutes of ozonization is 26 mg/L and in neutral medium (pH = 6.3) at the same conditions of oxidation process 38 mg/L of frother remains in wastewater (Table 1).

The optimum pH value for the complete frother ozonization in industrial plant wastewater should be equal to 11, because industrial wastewater containing of frother has an alkalinity close to this value. The found optimal pH value coincides with the data of D.S.Gorbenko-Germanov, obtained at the oxidation of aliphatic alcohols.

Ozone consumption during the process increases: the lower residual concentration of frother in the solution, the greater consumption of ozone. So, if at the beginning of the oxidation process at pH = 1, the ozone consumption is 2 mg O₃ per 1 mg frother (at initial concentration 80 mg/L), then to oxidize the remaining 20 mg/L needs 4.2 mg O₃ per 1 mg frother. An increase in pH with a simultaneous reduction in the time of ozonization leads to decrease in the cost of ozone for oxidation. At pH changes from 6.3 to 11, the ozone consumption decreases from 6 to 2 mg O₃ per 1 mg frother, that is, 3 times.

Thus, investigation of pH effect on the process of frother ozonization showed that raising the pH value from 6.3 to 12 increases the depth of frother oxidation (by 50%), reduces the time of frother purification (by one order, 10 times) and leads to reduction of ozone consumption (3 times). The results obviously can be explained by the catalytic effect of OH⁻ ions in the decomposition reactions of organic compounds by ozone.

The froth height at monatomic aliphatic alcohol ozonization practically does not depend on the pH of the solution and is 1:1 relative to the volume of the wastewater solution. At the end of industrial plant wastewater purification process, the froth almost completely disappears, which indirectly indicates the absence of monoatomic aliphatic alcohol in the ozonization products.

According to the IR (infrared) spectra taken in the limits of 400-4000 cm⁻¹, as a result of monoatomic aliphatic alcohol ozonization, an intense band appears in the 1720 cm⁻¹ region, corresponding to the C = O bond in various carbonyl-containing organic compounds, that is, in this case, monoatomic aliphatic alcohol is oxidized to ketones and others) and carboxylic acids (acetic acid, etc.).

Conclusions

- Deep ozonization purification of non-ferrous metals industrial plants wastewater is achieved.
- Copper, zinc, lead can be utilized at the ozonation process of industrial plant wastewater.

As a result of industrial plant wastewater frother (monoatomic aliphatic alcohol) purification with ozone, it is shown:

- the depth of frother oxidation, the duration of ozonization are functions of the solution pH. The optimal value pH = 11;
- the ozone consumption depends on the frother concentration in industrial plant wastewater;
- products of monoatomic aliphatic alcohol ozonization are ketones and carboxylic acids.

LIST OF REFERENCES

- [1] Zaikov G.E., Rakovsky S.K. Ozonation of organic and polimer compounds. Smithers Rapra. Shawbury, UK, 2009, 412 p.
- [2] C. Gottschalk, J.A. Libra, A.Saupe, Ozonation water and wastewater. Wiley-VCH, Berlin, 2010, 453 p.
- [3] Makal'skiy L. M., Kukhno A. V., Tsekhanovich O. M. Obrabotka vody gornyh vyrabotok dlya umen'sheniya solesoderzhaniya electrorazryadnymi metodami [Mine water treatment by electrical discharge to reduce salinity]. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018, no. 7, pp. 23-32. [In Russ].
- [4] Makal'skiy L. M., Tsekhanovich O. M. Primenenie lavinostrimernogo razryada dlya ochistki stochnykh vod [Application of avalanche-streamer discharge for sewage water treatment]. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11: Estestvennye nauki. 2017. vol 7, no 2. pp. 13-17. [In Russ].
- [5] Kukhno A. V., Makal'skiy L. M., Tsekhanovich O. M. Ochistka mineralizovannykh vod podzemnoy otkachki [Purification of mineralized underground pumping waters]. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016, no 11, pp. 266-276. [In Russ].
- [6] Kondrat'eva O. E., Korolev I.V, Kukhno A. V., Makal'skiy L. M., Tsekhanovich O. M. Ochistka vody ot zagryaznyayushchikh veshchestv putem ispol'zovaniya lavinostrimernykh razryadov [Water purification from pollutants through the use of avalanche-streamer discharge]. Izvestiya Samarskogo NTs RAN. 2015, vol. 14, no 5(2), pp. 673-677. [In Russ].
- [7] Makal'skiy L. M., Tsekhanovich O. M. Ochistka vody ot fenol'nykh zagryazneniy lavinostrimernymi razryadami [Water purification from phenolic contaminants by avalanche-streamer discharge]. Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Rossiyskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet - MSKHA im. K.A. Timiryazeva. Moscow, 2018, pp. 11-120. [In Russ].

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК ОЗОНИРОВАНИЕМ

М.М. Аршидинов*, Г.Ш. Оспанова

Некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи имени
Гумарбека Даукеева», г. Алматы, Казахстан
e-mail: m.arshidinov@aes.kz

Аннотация. Представлены результаты очистки промышленных сточных вод озоном. Изучены и определены оптимальные параметры от различных факторов процесса очистки сточных вод предприятий цветной металлургии Республики Казахстан химическим методом с использованием окислительной нейтрализации. Глубина окисления, продолжительность озонирования являются функциями pH раствора. Достигается глубокая очистка цианидов, тиоцианатов, меди, цинка, свинца, пенообразователя (99-100%). Выявлены продукты озонирования каждого токсичного компонента сточных вод. Показано, что цветные металлы могут быть утилизированы в процессе озонирования промышленных сточных вод. Озон способен реагировать с органическими и неорганическими соединениями до полного окисления. При озонировании сточных вод ионы металлов низких степеней окисления образуют нерастворимые комплексные соединения и гидроксиды, выпадающие в осадок. Однако, озонированию свойственны не только преимущества, но и следующие недостатки: образование побочных продуктов, а также высокая начальная стоимость оборудования. К достоинствам озона относятся следующие: сильный окислитель и дезинфектант; очень эффективен против вирусов, что особенно важно и актуально в условиях пандемии Covid-19. Озонирование широко применяется для очистки промышленных сточных вод и является актуальным с экологической точки зрения.

Ключевые слова: озон, очистка, сточные воды, цианиды, тиосульфаты, медь, цинк, свинец, вспениватель.

БАЙЫТУ ФАБРИКАЛАРЫНЫҢ АҒЫНДЫ СУЛАРЫН ОЗОНМЕН ТАЗАРТУ

М.М. Аршидинов*, Г. Ш.Оспанова

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Алматы қ., Қазақстан
e-mail: m.arshidinov@aues.kz

***Андатпа.** Өнеркәсіптік сарқынды суларды озонмен тазарту нәтижелері келтірілген. Қазақстан Республикасының түсті металлургия кәсіпорындарының сарқынды суларын тотықтырғыш бейтараптандыруды пайдалана отырып химиялық әдіспен тазарту процесінің әртүрлі факторларынан оңтайлы параметрлер зерделенді және айқындалды. Цианидтерді, тиоцианаттарды, мыс, мырыш, қорғасын, көбік түзуші заттарды терең тазартуға қол жеткізілді (99-100%). Ағынды сулардың әрбір улы компонентінің озондану өнімдері анықталды. Өнеркәсіптік ағынды суларды озондау процесінде түсті металдарды жоюға болатындығы көрсетілген Озон толық тотығуға дейін органикалық және бейорганикалық қосылыстармен әрекеттесе алады. Ағынды суларды озондау кезінде төмен тотығу дәрежесіндегі металл иондары ерімейтін күрделі қосылыстар мен тұнбаға түсетін гидроксидтер түзеді. Алайда, озондаудың тек артықшылықтары ғана емес, сонымен қатар қосалқы өнімнің түзілуі, жабдықтың бастапқы құнының жоғары болуы сияқты кемшіліктері де бар. Озонның артықшылықтарына мыналар жатады: күшті тотықтырғыш және дезинфектант; вирусқа қарсы өте тиімді, бұл Covid-19 пандемиясы кезінде өте маңызды және өзекті. Озондау өндірістік ағынды суларды тазарту үшін кеңінен қолданылады және экологиялық тұрғыдан маңызды.*

***Түйін сөздер:** Цианидтер, тиоцианаттар, мыс, мырыш, қорғасын, көбіктендіргіш.*



ВОПРОСЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ, ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

IRSTI – 20.23.17

SEMANTIC REPRESENTATION OF DATA IN AN INTELLECTUAL INFORMATION SYSTEM

A.M. Smaiyl*

LLP «Astana IT University», Business center EXPO, block C.1. Nur-Sultan, Kazakhstan
e-mail: syrymbayeva.assel@gmail.com

Abstract. *The goal is to improve the quality of education and improve efficiency through semantic representation of resources. It is also necessary to create conditions for digitalization of the educational process. Drawing up a lecture material based on semantic analysis will allow users to determine the sequence of content. The object of research is the education sector, the subject of research is the compilation of content for educational resources. A hypothesis put forward proves semantic relationships between content are dependent and consistent. The theoretical and applied results obtained in the work can be used in the design and development of a system for information and training organization.*

Keywords: *semantic, analysis, education, content, ontology.*

Introduction

Smart technologies in education, such as mobile, intelligent web applications, which help optimize university costs for material and technical support, as well as raise the quality of educational services and products, are of great importance. Smart-technologies allow developing revolutionary teaching materials, as well as to form individual learning paths [1].

The goal is to improve the quality of education and efficiency through semantic representation of resources. Namely, it is necessary to create conditions for digitalization of the educational process: 1. Semantic analysis of content; 2. Determining the semantic proximity of words; 3. Building an educational resource; 4. Determining the sequence of content material.

Semantic content analysis using ontology

Ontology, the embodiment of conceptual knowledge about the subject area, consists of the following structural components: taxonomy and description of the relationships in which the objects of the subject area are located. The Protégé ontology editor supports the use of the OWL language and allows you to generate HTML documents that display the structure of ontologies.

Ontology development includes: defining classes in the ontology; the location of the classes in a taxonomic hierarchy (a subclass-superclass); defining slots and describing the allowed values of these slots; filling in the values for slots of instances.

In Protégé, the ontology structure consists of classes, properties between classes or instances (Object Properties), properties between instances and data (Data properties), from instances (Individuals), and axioms.

Creating properties. Concepts can be linked by various kinds of relationships that link classes together and describe them. Domains specify the main concept, and Ranges specifies the object that describes it. InverseOf denotes the opposite property of this object.

Instantiation. Instances are separate representatives of a class of entities or phenomena. An instance is the lowest element of the chain, a specific detailed object of some kind that can be linked to others or to data.

The creation of axioms. The axioms specify the terms of the correlation of classes and relationships, expressing obvious approval. An axiom can be understood as a statement that is entered into the ontology in a ready-made form, from which other statements can be derived. Axioms allow you to make inferences within the ontology, define rules that allow you to automatically add information to the ontology, as well as restrictions imposed on any relations. In Protégé, axioms can be described using the EquivalentTo or

SubclassOf function. Equivalent classes are intended to describe a class using others that would then replace them [2].

An ontograph is a representation of ontology as a directed graph as shown in Figure 1.

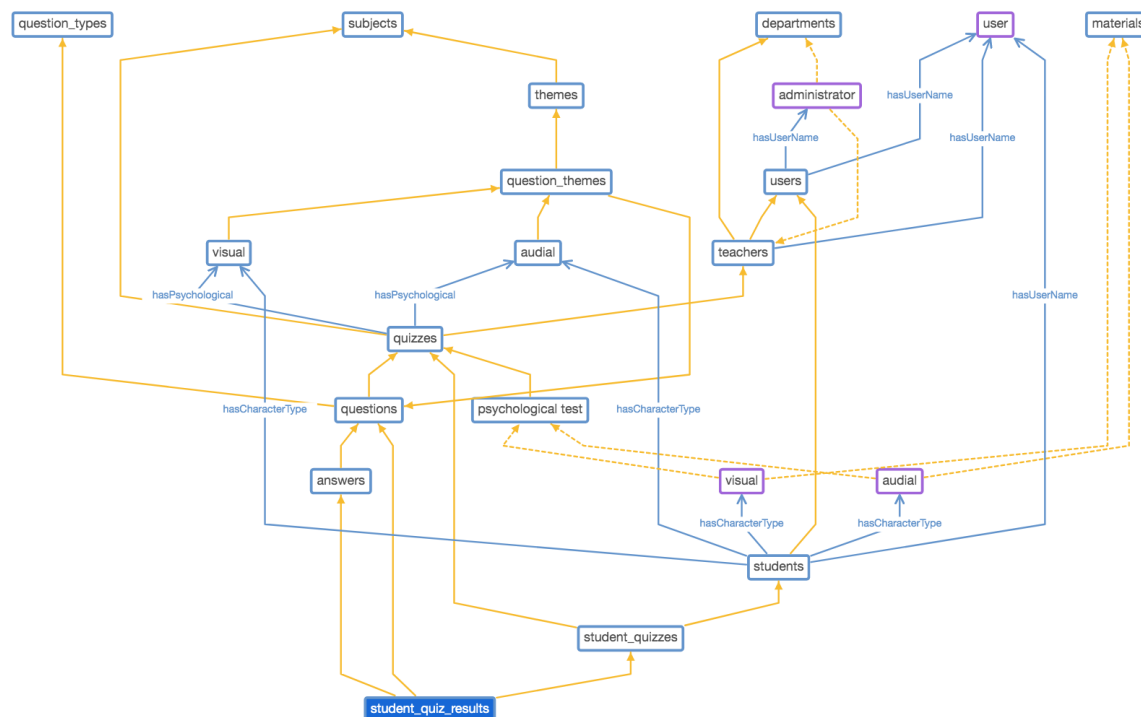


Figure 1 - Entity Graph in Protégé

Defining classes in the ontology

The following 16 classes with attributes have been shown in Figure 2: «departments» class has id, name, created_at, updated_at; «users» class has id, name, email, password, remember_token, created_at, updated_at; «students» has id, character_type, user_id, created_at, updated_at; «teachers» has id, name, user_id, department_id, created_at, updated_at; «subjects» has id, name, department_id, created_at, updated_at; «teacher_subjects» has id, teacher_id, subject_id, created_at, updated_at; «quizzes» has id, title, teacher_id, subject_id, isPsychological, created_at, updated_at; «question_types» has id, name, created_at, updated_at; «student_quizzes» has id, student_id, quiz_id, accepted, result, created_at, updated_at; «questions» has id, title, question_value, quiz_id, question_type_id, created_at, updated_at;

«themes» has id, name, subject_id, created_at, updated_at; «materials» has id, title, created_at, updated_at; «answers» has id, right, content, question_id, created_at, updated_at; «question_themes» has id, question_id, theme_id, created_at, updated_at; «theme_materials» has id, material_id, theme_id, character_type, created_at, updated_at and «student_quiz_results» has id, question_id, answer_id.

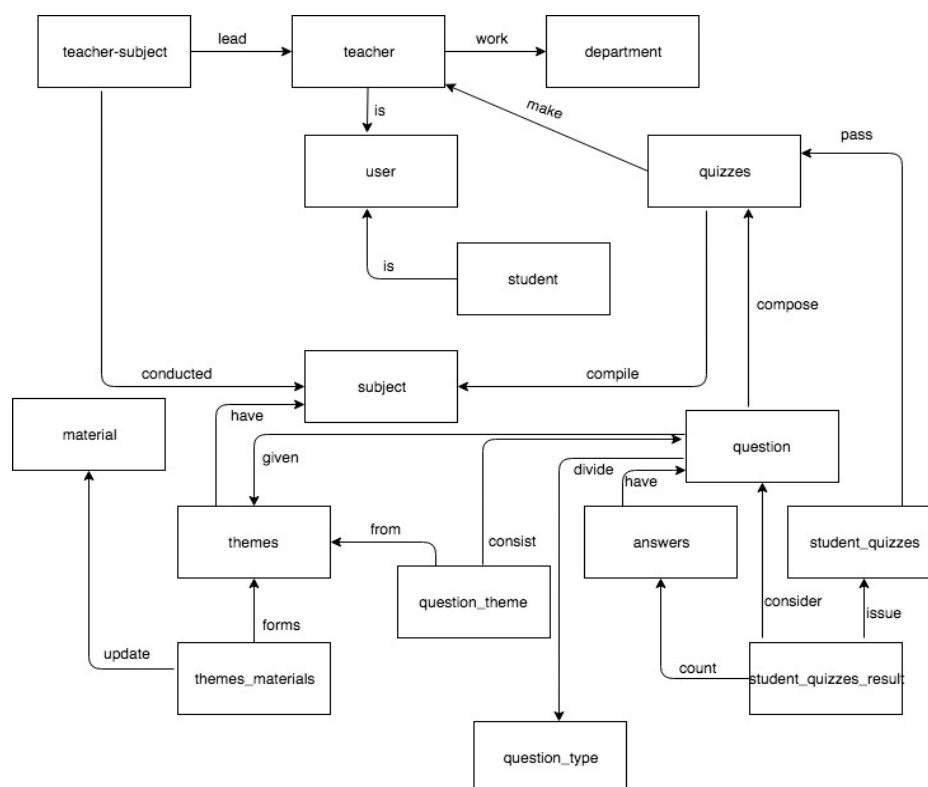


Figure 2 - Classes on the system

A. Definition of classes

Each class has subclass or superclass, which defining in Table 1. For example, users can be login as student or teacher.

Table 1. Definition of classes for system

Class	Defining of class	Subclass	Superclass
Users	User of system	Student/Teacher	Teacher / student
Department	Department	Department_Name administrator/ Information System	Teacher
Teacher	Teacher	UserName, department Name, Teacher Name	Quizzes, teacher-subject
Quizzes	Psychological test or definition of knowledge	Subject, Teacher, psychological, quizTitle,	Questions, student-quiz, psychological test
Questions	Questions in quizzes	Question_types, quizzes	Answers, question_themes, student_quiz_result
Answers	Answer to the question	Questions, right/wrong, answer_content, question_title, answerID	student_quiz_result
Materials	content	Material_title,material_name	Theme_materials
Subjects	subjects	SubjectName	Themes, quizzes, teacher_subjects

B. The definition of slots

Slot properties attached to classes. Slots can have facets that describe the type of value, allowed values, number of values (power), and other properties of values that the slot can accept.

- String – the simplest type of value that is used as a simple string;
- Number of float/integer;
- Slot a Boolean – true/false;
- Numbered slots-specifies a list of specific allowed values;
- Instance slots-allow you to define relationships between individual concepts.

In General, several types of object properties can become slots in ontology: internal properties, external properties, parts (if the object has a structure), and relations with other individual concepts. Slots can have different facets that describe the type of value, allowed values, number of values (power), and other properties of values that a slot can accept. Allowed classes for slots of type Instance are often called a range of values of the slot. Classes to which a slot is attached or classes which property a slot describes, are called the domain of the slot. When defining a domain or range of slot values, find the most common classes or class that can be a domain or range of slot values, respectively. On the other hand, don't define a domain and value range that is too General: all classes in the slot domain must be described by the slot, and instances of all classes in the slot value range must be potential slot placeholders [3]. In Protege owner can change data properties, IRI annotations, characteristics, domain and range, shown in Figure 3.

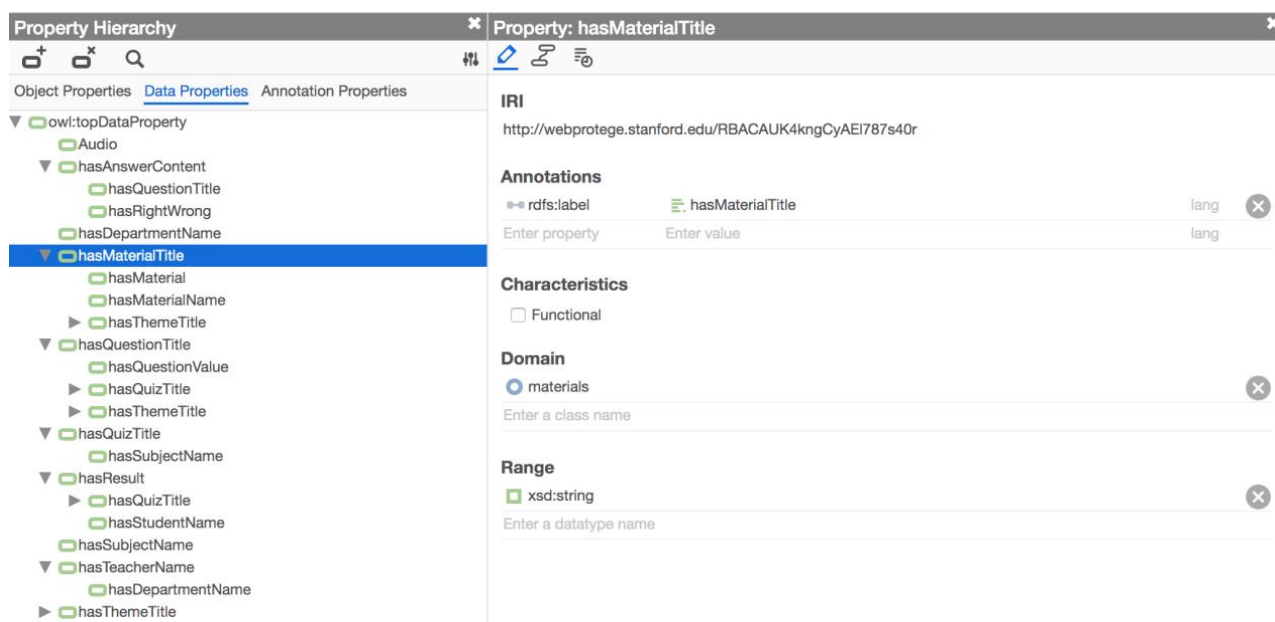


Figure 3 - Property hierarchy of slots

C. Individuals

The last step is to create separate individuals of classes in the hierarchy. To define a separate individuals of a class, owner must do the following actions, shown in Figure 4:

1. Select a class;
2. Create a separate individuals of this class;
3. Enter the values for the slots.

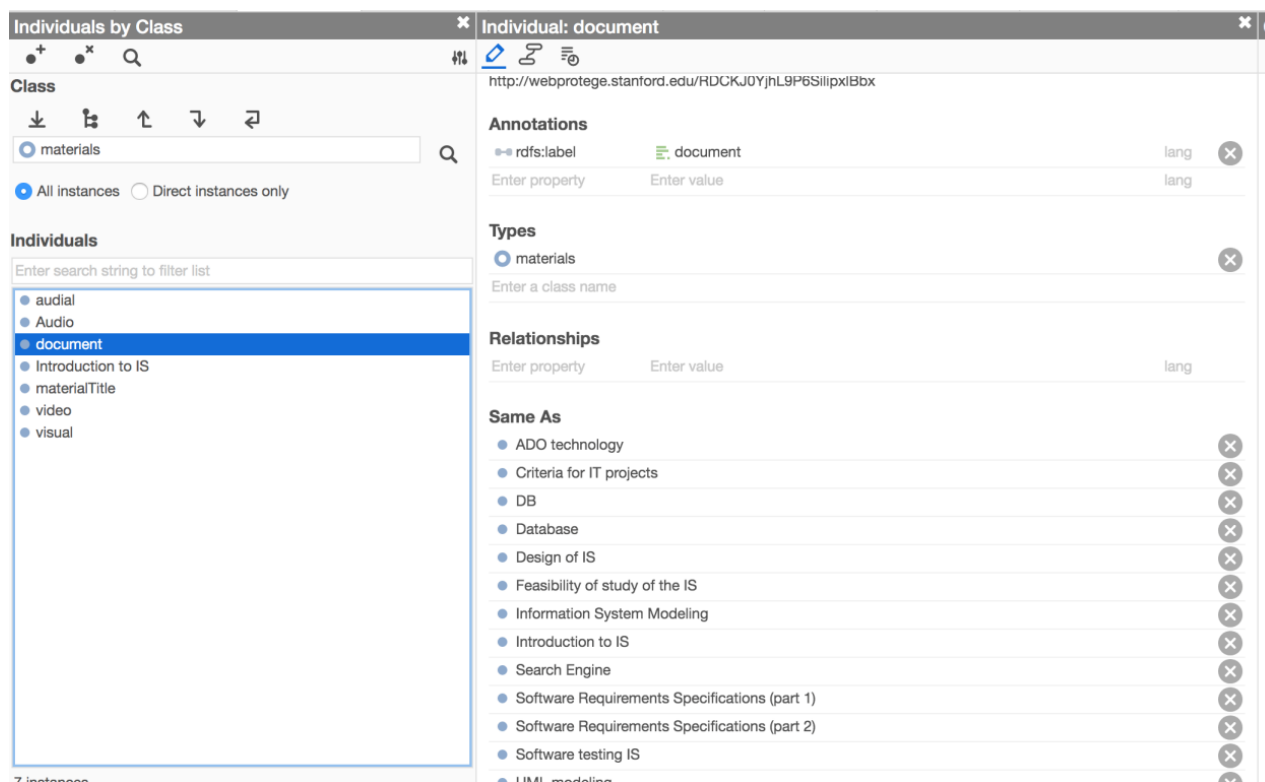


Figure 4 - Individuals by Class

D. Protégé

Protégé is a freely distributed Java program designed for building (creating, editing, and viewing) ontologies of a particular application area. It includes an ontology editor that allows you to design ontologies by expanding the hierarchical structure of abstract and concrete classes and slots. Based on the generated ontology, Protégé allows owners to generate knowledge acquisition forms for introducing instances of classes and subclasses. This tool supports the use of the OWL language and allows you to generate HTML documents that display the structure of ontologies. Because it uses the OKBC knowledge representation frame model, it can also be adapted for editing domain models that are not represented in OWL, but in other formats (UML, XML, SHOE, DAML+OIL, RDF/RDFS) [4]. One of the advantages is make a query and see the result of the query, shown in Figure 5.

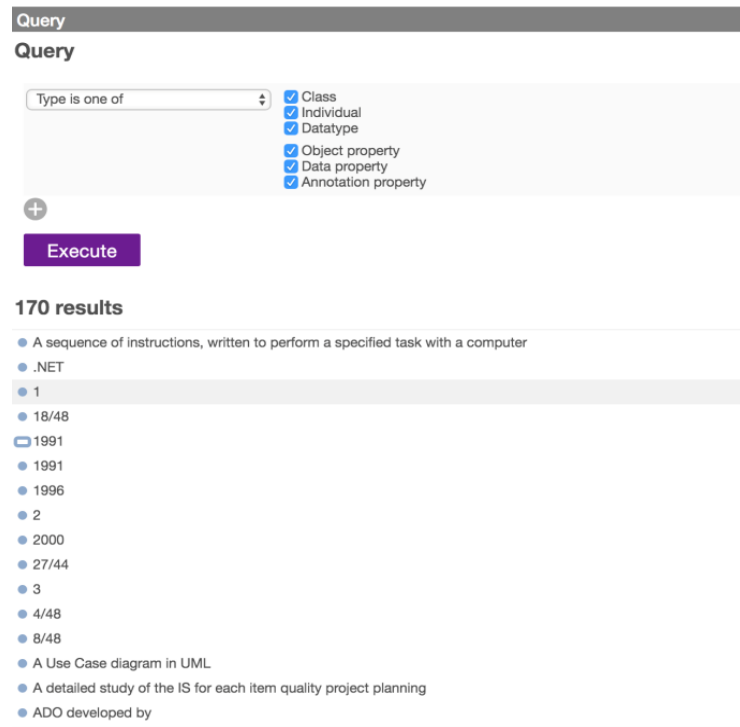


Figure 5 - Query

Defining semantic proximity of terms using a context set

The method of calculation of the semantic proximity by professor Bondarchuk.

1. Formation of contextual sets of words w_1 and w_2 (these sets contain words with which the words w_1 and w_2 are often used in the same context).

$$c_1 = \{c_{11}, c_{12}, \dots, c_{1n}\} \quad (1)$$

$$c_2 = \{c_{21}, c_{22}, \dots, c_{2m}\} \quad (2)$$

$$C = c_1 \cup c_2 \quad (3)$$

where C - general contextual set of words.

2. Calculating normalized affinities between the common determinant and each of the words w_1 and w_2 .

$$B(c_i, w_1) = \varphi(c_i, w_1) / \max(\varphi(w_1)) \quad (4)$$

$$B(c_i, w_2) = \varphi(c_i, w_2) / \max(\varphi(w_2)) \quad (5)$$

where $\varphi(c_i, w_1)$ – number of documents c_i and w_1 meet together.

$$\max(\varphi(w_j)) = \max\{\varphi(c_i, w_j)\}, c_i \in C \quad (6)$$

where B – proximity, φ – frequency.

3. The calculation of semantic proximity

$$R_i = \min\{B(c_i, w_1), B(c_i, w_2)\} / \max\{B(c_i, w_1), B(c_i, w_2)\} \quad (7)$$

where R_i – coefficient of all words from the context set.

$$sem(B) = \sum_{i=1}^k (p_i * \frac{R_i}{1+R_i} + s) / (1 + s) \quad (8)$$

where p_i is the coefficient of joint occurrence in the entire sample, equal to 2 if both words occur in 1 document, otherwise 1. s is the synonymy coefficient equal to 1 if the words are synonyms, otherwise 0. For semantically close words, the coefficients must be close to 1 [5].

Let's calculate the semantic proximity of the two themes on the subject "Fundamentals of information systems", shown in Table 2 and Table 3.

- w_1 = 'Information System modeling';
- w_2 = 'UML modeling';
- $c = \{\text{adaptability, integrity, quality, design}\}$;

Normalized affinities between the general context set and the words 'IS modeling' and 'UML modeling', w_1 -topic of the 4th week, w_2 -topic of the 5th week, R_i – coefficient of all words from the context set.

Table 2. Semantic proximity

words	IS	UML	R_i
adaptability	0,83	0,25	0,31
integrity	0,6	0,12	0,16
quality	0,32	0,07	0,23
design	1.0	0,81	0,8

A. Semantic proximity between themes

Table 3. Semantic proximity between themes

Themes	w_1	w_2	Semantic proximity
Themes1 - Introduction to the Information Systems	Themes 1	Themes 2	0,3
Themes 2 - Software Requirement Specification (part 1)	Themes 2	Themes 3	0,8
Themes 3 - Software Requirement Specification (part 2)	Themes 3	Themes 4	0,77
Themes 4 - Information System modeling	Themes 4	Themes 5	0,483
Themes 5 - UML modeling	Themes 5	Themes 6	0,81
Themes 6 - Design of IS	Themes 6	Themes 7	0,44
Themes 7 - Database	Themes 7	Themes 8	0,21

Themes 8 - Search Engine	Themes 8	Themes 9	0,37
Themes 9 - Software Testing Information System	Themes 9	Themes 10	0,48
Themes 10 - Feasibility study of the IS	Themes 10	Themes 11	0,91
Themes 11 - Criteria for IT projects	Themes 11	Themes 12	0,27
Themes 12 - Development of IS	Themes 12	Themes 13	0,67
Themes 13 - ADO technology	Themes 13	Themes 14	0,34
Themes 14 - Final presentation, Themes 15 - Examination	Themes 14	Themes 15	0,94

Put-forward hypothesis: if the semantic proximity is greater than 0.75, then the themes are dependent, namely, a large semantic relationship between the themes is determined. In other words, the content of these themes is linked and dependent on each other. And of course, the themes are consistent. If we stick to the hypothesis, then the dependence appears in the themes:

1. dependency - T2, T3;
2. dependency – T3, T4;
3. dependency – T5, T6;
4. dependency – T10, T11;
5. dependency – T14, T15.

Rules:

- Rule 1: If the student has not mastered the 2nd themes, they will not be able to go to the 3rd topic;
- Rule 2: If a student has mastered themes 2 but has not mastered themes 3, they will not be able to go to topic 4;
- Rule 3: If a student has not mastered themes 5, they will not be able to go to themes 6;
- Rule 4: If a student has not mastered themes 10, they will not be able to go to themes 11;
- Rule 5: If a student has not mastered themes 14, they will not be able to go to themes 15.

Conclusion

Using semantic representation of data, as well as semantic analysis of the text, can develop a sequence of themes in a single subject. And in the future, can use this method not only in the subject, but also in the course, or in drawing up a plan for academic years.

List of References

- [1] Vlasenko, A.A. (2012), *Using testing technology to assess the quality of education in an adaptive learning system* [Ispolzovanie tehnologii testirovaniya dlya ocenki kachestva obucheniya v adaptivnoi obuchaushei sisteme], New technologies in education, Voronezh, pp. 24.
- [2] A. V. Shishin and O. R. Kozyriov, “using ontology in the system of semantic analysis of cases,” in *Bussines-Informatics*, vol. III, 05 - 2008, pp. 25–28.
- [3] V. V. Nikitayev, “ONTOLOGIES AND PROBLEMS OF TECHNICAL REALITY,” in *Humanitarian Portal*, 2009.
- [4] G. A. Dodder, “Decision-making methods and systems,” textbook Krasnoyarsk Siberian Federal University, 2016
- [5] D. V. Bondarchuk, “CALCULATING THE SEMANTIC RELATEDNESS OF TERMS WITH THE CONTEXT SET,” *J. Name Stand. Abbrev.*, in *Informatics computer engineering and management*. 2017. pp 172-179

ЗИЯТКЕРЛІК АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕДЕ ДЕРЕКТЕРДІҢ СЕМАНТИКАЛЫҚ КӨРІНІСІ

А.М. Смайыл*

ТОО «Astana IT University», EXPO Бизнес-центрі, С.1 блок. Нур-Султан, Қазақстан
e-mail: syrymbayeva.assel@gmail.com

Аңдатпа. Мақаланың мақсаты ресурстардың семантикалық көрінісі арқылы оқу сапасын жақсарту және тиімділігін арттыру болып табылады. Білім беру үдерісін цифрландыру үшін жағдай жасау қажеттілігі туындады. Семантикалық талдау негізінде дәріс материалдарының жинағы пайдаланушыларға мазмұнның реттілігін анықтауға мүмкіндік береді. Зерттеу объектісіне білім беру саласы жатады, ал зерттеу нысанына білім беру ресурстарының мазмұны жатады. Мақалада ұсынылған гипотеза мазмұн арасындағы семантикалық қатынастар тәуелді және дәйекті болатындығын дәлелдейді. Жұмыс барысында алынған теориялық және қолданбалы нәтижелер ақпараттық-оқыту ұйымдарының жүйесін құру мен жобалау кезінде қолданылады.

Түйін сөздер: семантика, талдау, оқу, контент, онтология.

СЕМАНТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

А.М. Смайыл*

ТОО «Astana IT University», Бизнес-центр EXPO, блок С.1. Нур-Султан, Казахстан
почта: syrymbayeva.assel@gmail.com

Аннотация. Целью статьи является повышение качества и эффективности обучения за счет семантического представления ресурсов. Также необходимо создание условия для цифровизации образовательного процесса. Набор лекционных материалов, основанный на семантическом анализе, позволяет пользователям определять последовательность содержания. Объектом исследования является область образования, а предметом исследования – содержание образовательных ресурсов. Выдвигаемая в статье гипотеза доказывает, что семантические связи между содержанием зависимы и последовательны. Теоретические и прикладные результаты, полученные в ходе работы, могут быть использованы при проектировании и функционировании для информационно-обучающих организаций.

Ключевые слова: семантика, анализ, образование, контент, онтология.



ВОПРОСЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ, ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

IRSTI 14.35.09

AUTHENTIC TEXTS IN LANGUAGE STUDIES FOR TECHNICAL SPECIALTIES: SOURCES AND PRINCIPLES OF SELECTION

Y.G. Smirnova*, K.O. Zhekeeva, L.D. Sergeeva

Non-profit joint-stock company "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev", Almaty, Kazakhstan
e-mail: y.smirnova@aes.kz

Abstract. In the article, the principles of the selection of authentic texts for the preparation of textbooks in English, Russian and Kazakh language for the specialties "Space Engineering and Technologies" and "Space Engineering" are considered: the principle of novelty involves the selection of texts that contain the latest scientific and technical information available for understanding; the principle of scientific nature involves the selection of texts that contain reliable scientific and technical information from reliable sources; the principle of taking into account the influence of the student's native language and the level of non-native language proficiency, which involves the selection of authentic texts of the corresponding volume and level of lexical-grammatical and logical-compositional complexity; the principle of accounting for intersubject communications, which involves the selection of texts that are in harmony with the material of the disciplines studied by students in parallel with the language course. Modern sources of authentic texts are shown.

Keywords: authentic text, specialty language teaching, English, Russian, Kazakh, space technologies and technology, space engineering.

Modern Kazakhstan is a dynamically developing country that has a serious impact on the economic, scientific and technological landscape of Central Asia. Here is the operating Baikonur spaceport, from where the first manned flight into space was made and where impressive space projects are currently being implemented.

Space technologies and space engineering are attractive specialties for Kazakhstan's youth in technical universities. So, at the Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev (AUPET), the student contingent of the specialties «Space Engineering and Technologies» and «Space Engineering» is significantly increasing from year to year almost in arithmetic progression: the 2017-2018 academic year – 14 students, 2018-2019 – 44, 2019-2020 – 56. This is just a single example illustrating the genuine interest and understanding of the prospects associated with this area of training.

The location of Kazakhstan is the heart of Eurasia, a crossroads of cultures. It is here that the linguistic influence of various civilizations is clearly visible. Today, the policy of trilingualism is being implemented in Kazakhstan: three languages are used in the country – Kazakh as the state language, Russian as the language of interethnic communication, and English as the international language. Language policy has a tremendous impact on education in Kazakhstan. Therefore, the problems of teaching the three key languages of Kazakhstan have the highest priority, especially in the field of studying specialties related to high technologies.

The most important condition for the high-quality professional training of a specialist in engineering specialties is mastery of the language of the specialty and professional speech. Therefore, the teaching of such disciplines as «Professionally Oriented English», «Professional Russian» and «Professional Kazakh» is important. The future specialist should be able to quickly and with understanding read the scientific text in his professional profile and reproduce its general content in oral or written form. In addition, it is important to teach students the ability to freely talk on professional topics, the ability

to create texts of different styles and genres within their professional competence. This is an important part of student preparation and the result of educating an educated specialist.

Until recently, Kazakhstani universities did not teach the scientific style and language of the specialty. This was not included in the list of professional skills of a specialist engineer. This problem was especially acute for students who mastered a specialty in a foreign language. Since September 2012, the disciplines «Professionally Oriented English», «Professional Russian», and «Professional Kazakh» were introduced. This was a timely step and markedly accelerated the pace of students mastering the language of the specialty.

For teachers, the emergence of these new academic disciplines has become a real challenge. They had to expand and deepen knowledge in the field of scientific and technical speech, to study some issues of fundamental importance for scientific communication: features of a scientific and technical text, features of grammar of a scientific and technical language, features of scientific and technical vocabulary and terminology, problems of phraseology of scientific and technical speech, etc. We have seen from our own experience that the teaching of the language of technical specialties in a non-philological university has special specifics.

The main unit in teaching the specialty language is a scientific and technical text. This is a special kind of text with a number of fundamental lexical and semantic restrictions, with a characteristic grammar, with special compositional, genre features. Here is a different set of general language and proper textual means. And here we study not just a scientific text, but a text in which the language of the specialty is implemented. In this case, we give preference to authentic texts.

The problem of using an authentic text in the study of the specialty language occupies a special place in the linguodidactics of higher education, many researchers pay attention to this [1], [4]. Authentic specialized texts have an undeniable priority in teaching reading and listening. For AUPET, this is of fundamental importance, since in 2016 the university has been implementing a trilingual education program, which assumes the mastery of the Kazakh, English and Russian as the languages of scientific and technical communication.

As authentic text we mean non-educational text from specialized sources (in this case, sources related to space engineering, space technologies and technology), which can be reduced, but not adapted, to simplify the content and structure, taking into account the language training of students.

Specialized text is the basic unit in language training for special purposes. For this, teachers of the department of language knowledge of our university prepare special text exercises. Their difference from phonetic, lexical and grammar exercises is that the emphasis is on the text as a result of speech activity. The linguistic basis of text exercises is the modern theory of the text, the theory of speech activity and the syntax of the text.

In the classroom, students work with ready-made authentic texts in the specialty: language analysis of the text, extraction of superphrase unities from the text and work with them, analysis of language units found in the text in terms of their meaning and usage, transformation of the text (compression, progression), drawing up plans for text, retelling and written presentation of the text.

Students are also encouraged to independently compose a text, determine its topic, write essays, abstracts, abstracts, etc. Writing an essay of a certain type of text (description, narration, reasoning), style (popular science, actually scientific, scientific and educational) and genre (article, interview, etc.) may be suggested. Texts can be used spoken and written, for classroom or homework, for collective or individual work.

What principles of selection of authentic texts should be taken into account by teachers in the preparation of textbooks?

1. The principle of novelty involves the selection of texts that contain the latest scientific and technical information available for understanding by 1-2 year students of the specialties «Space Engineering and Technologies» and «Space Engineering».

2. The principle of scientific nature involves the selection of texts that contain reliable scientific and technical information from reliable sources.

3. The principle of taking into account the influence of the student's native language and the level of non-native language proficiency, which involves the selection of authentic texts of the corresponding volume and level of lexical-grammatical and logical-compositional complexity.

4. The principle of accounting for intersubject communications, which involves the selection of texts that are in harmony with the material of the disciplines studied by students in parallel with the language course.

Sources of authentic texts that satisfy the above principles can be websites of organizations such as NASA [12], ESA [11], «Roscosmos» [9], the site of the Aerospace Committee of the Ministry of Digital Development, Defense and Aerospace Industry of the Republic of Kazakhstan [6], etc. The excellent sources turned out to be databases containing patents in the field of space development: Web of Science [8], Kazakhstan Patent Database [7] and others.

A special place is occupied by texts from books on space research: «Rockets and People» [«*Raketi i ludi*»] by B.E. Chertok, «A Brief History of Time» by Stephen Hawking, «The Village Closest to Space» [«*Samiy blizkiy k kosmosu aul*»] by Oleg Akhmetov and others. The use of popular science and fiction, undoubtedly, increases students' motivation in mastering the future profession, serves to form cognitive interest.

Specialized magazines of relevant topics can also serve as a reliable source of authentic texts. So, the Russian scientific journal «Space Engineering and Technologies» [13], the Kazakhstan scientific journal «Space Research and Technologies» [14], scientific journals in English from the Web of Science database [8] have established themselves well.

To improve their listening skills, students are encouraged to regularly watch feature films and excerpts. It can be feature films and documentaries in the language being studied («Apollo 11» (2019), «Time of the First» [«*Vremya pervih*»] (2017), «Interstellar» (2014), «When did they begin to study space in Kazakhstan?» [«*Kogda v Kazahstane stali izuchat kosmos?*»] (KazakhTV), «Secrets of the Century: Baikonur» [«*Baykonus: operatsiya prikritiya*»] and others).

It should be noted that in the practice of studying the language of the specialty, listening to education as a component of the educational process for non-philological students was not a priority. Today it has become clear that listening is of key importance, especially if the language is studied outside the language environment; so, it is fundamentally important for learning professionally oriented English in Kazakhstan. The exercises used by teachers in the learning process contribute to the development of phonemic hearing and the mechanism of internal pronunciation, intonation hearing and the mechanism of segmentation of the speech chain, random access memory and comprehension. Here it should be taken into account how many speakers in the audio material, the pace of their speech, whether there is an emphasis. The degree of involvement of the student is important: whether he is a participant or a «silent witness» of the conversation, whether the subject of the conversation is interesting to him, how deeply he should understand the content of what he heard. Understanding is influenced by the degree of complexity of the audio text in terms of vocabulary, grammar and content, extralinguistic realities. A huge role is played by visualization: what drawings, formulas, tables, diagrams, infographics, maps, video sequence were used (if this is video material).

In the process of listening to a student, a student should recognize keywords and catch the main idea, pay attention to non-verbal means of expressing meanings (facial expressions, gestures, intonation), associate the information received with his knowledge, and try to guess the meaning of inaudible or incomprehensible words in context, to formulate what he heard (in writing or in mind) into sentences understood by him.

A special place in the system of preparing students of a technical university for professional activity is occupied by teaching oral professional communication, which can take on dialogical or monological forms.

Monological speech in the professional sphere can be of two types: with a predetermined content (article, monograph, dissertation, lecture, etc.) and spontaneous (discussion, controversy). As a form of speech, a monologue correlates with reading and speaking. Here, students should understand the content of individual sentences in the process of reading the text at a normal pace (for example, from a slide), understand the content of a coherent text from the first presentation, quickly navigate the content and find what relates to the topic to be disclosed, write down the content of the text, transfer it content.

Listening in the field of professional communication involves the development of auditory-pronunciation skills, as professional speech is based not only on the read, but also on the listening material. At the university, one of the leading forms of education is a lecture. In the process of special lecture listening, the students work with mechanisms of probabilistic forecasting, internal pronunciation, semantic orientation, equivalent replacements, memory. That is why special guests are invited to our university, native speakers who give lectures and conduct conversations on professional topics. So, on November 5, 2019, at AUPET as part of the Guest Lecture project, a lecture was held on the topic «Baikonur's place in the development of the space industry in the Republic of Kazakhstan». The lecture in Russian was conducted by the Deputy General Director – Director of the branch of the joint-stock company of the joint venture of the Baiterek space rocket complex at the Baikonur complex (2007-2010), general director of the Kazakhstan Space Technologies Scientific Technical Center (2010-2012) Taryanik A.E. He spoke about the Baikonur

complex, about the development of the space industry in Kazakhstan, about the purpose and composition of space rocket complexes, the situation on the global space services market, the need for exchange of experience, about his public work and much more. Space technologies are widely used and affect various sectors of the country's economy. Space systems allow solving problems in the field of agriculture, emergency situations, ecology, geodesy, nature management, defense, national security and other tasks. «Space technologies are widely used in various sectors of the country's economy. Space systems allow solving problems in the field of agriculture, emergency situations, ecology, geodesy, nature management, defense, national security and other tasks. All information received from space is used to increase the efficiency of various sectors of the economy. The digital revolution opens up new horizons for the development of technology, innovation in the industry challenges the younger generation, new opportunities open up for you and you don't need to be afraid of them, but you need to go forward and develop», – the guest lecturer said. At the end of the meeting, each student had the opportunity to ask questions to the guest and take a photo as a keepsake. Students were actively interested in how rockets and systems are arranged to launch rockets for space purposes, how spacecraft are controlled, what are the prospects for applying the knowledge gained by students both at the Baikonur complex and other Kazcosmos organizations, as well as about the procedure for submitting their resumes for employment by profession.

An important role in teaching specialty languages is played by dialogs. The basic unit of dialogue is question-answer unity: a stimulating remark (question) and reaction to it (answer). A specific feature of the dialogue is its ellipticity and relative folding of syntactic means, i.e. the use of simple in structure sentences consisting of a small number of words. Usually these are short simple phrases that do not overload short-term memory and allow you to focus on the content side of the statement. In the process of working with dialogs, students develop the ability to react (respond) to replicas of a certain type, using the expression forms characteristic of the scientific style of speech, the ability to start a dialogue, engage in discussion of problems, using stylistically appropriate means of expression, the ability to expand the field of dialogue, including additional discussion questions. For this, our university provides students with interesting opportunities. So, the visit of NASA astronaut Shannon Walker left a lasting impression. She visited AUPET to participate in Space Week 2019 with the support of the U.S. Consulate General in Almaty. Doctors Shannon Walker is a member of the 2004 NASA Astronaut Group. She participated as a flight engineer on the 24/25 Expedition, a long-term mission aboard the ISS that was launched from Baikonur in 2010. Dr. Walker told our students how she became an astronaut, prepared for the flight, and lived for six months on the ISS, how she was selected by NASA in 2004. In 2010, she spent 163 days on the ISS as a flight engineer. Ms. Walker has a bachelor's degree in physics, a master's degree, and a Ph.D. in space physics. Walker is a member of the Aircraft and Pilot Owners Association and a ninety-ninth member of the international organization of female pilots. In his spare time, the astronaut is interested in cooking, football, jogging, strength training and hiking. Communication with the NASA astronaut took place in English.

The listed sources of scientific and technical texts were used by teachers of the language department in order to prepare an authentic textbook for study guides [2], [3], [5], which are productively used in the process of teaching English, Kazakh and Russian at AUPET for specialties «Space Engineering and Technologies» and «Space Engineering».

REFERENCES

- [1] Nostrand, H.L. (1989) "Authentic texts and cultural authenticity: an editorial", *The modern language journal*, vol. 73, No. 1, pp. 49-52.
- [2] Jekeeva, K.O. Kazakh. B1. Tutorial. [*Qazaq tili. B1 deñgeyi. Ogu guralı*]. AUPET, Almaty, 2020, 83 p.
- [3] Nurkhodzhaeva, H.A., Sergeeva, L.D. English. Astronomy. Space engineering and technologies. Tutorial. AUPET, Almaty, 2012, 123 p.
- [4] Pavlova, I.P. (2015) "How to make an authentic text available to students", *Bulletin of Moscow State Linguistic University, Education and pedagogical sciences*, No. 14 (725).
- [5] Smirnova, Y.G. Russian. We study the scientific text. Tutorial. [*Russkiy yazik. Izuchayem nauchniy text. Uchebnoye posobiye*], Publishing Solutions, Yekaterinburg, 2016, 96 p.

INTERNET RESOURCES

- [6] "Aerospace Committee of the Ministry of Digital Development, Defense and Aerospace Industry of the Republic of Kazakhstan" ["Aerokosmicheskiy komitet Ministerstva tsifrovogo razvitiya, oboronnoy i aerokosmicheskoy promyshlennosti Respubliki Kazahstan"] available at: <https://kazcosmos.gov.kz/ru>
[7] "Kazakhstan Patent Database" ["Baza patentov Kazahstana"] available at: <http://kzpatents.com/>
[8] "Web of Science" available at: <https://webofknowledge.com/>
[9] "Roscosmos" ["Roskosmos"] available at: <https://www.roscosmos.ru/>
[10] "Cosmos.kz" available at: <http://www.cosmos.kz/>
[11] "ESA" available at: <https://www.esa.int/ESA>
[12] "NASA" available at: <https://www.nasa.gov/>
[13] "Space Engineering and Technologies" ["Kosmicheskaya tehnika i tehnologii"] available at: <https://www.energia.ru/ktt/>
[14] "Space Research and Technologies" ["Kosmicheskaya tehnika i tehnologii"] available at: <http://www.cosmos.kz/jurnal.html>

АУТЕНТИЧНЫЕ ТЕКСТЫ В ИЗУЧЕНИИ ЯЗЫКОВ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ: ИСТОЧНИКИ И ПРИНЦИПЫ ОТБОРА

Ю.Г. Смирнова*, К.О. Жекеева, Л.Д. Сергеева

Некоммерческое акционерное общество «Алматинский университет энергетики и связи имени
Гумарбека Даукеева», Алматы, Казахстан
e-mail: y.smirnova@aues.kz

Аннотация. В статье рассмотрены принципы отбора аутентичных текстов для подготовки учебных текстов по английскому, русскому и казахскому языкам для специальностей «Космическая техника и технологии» и «Космическая инженерия»: принцип новизны, предполагающий отбор текстов, в которых содержатся новейшие научно-технические сведения, данные, открытия; принцип научности, предполагающий отбор текстов, в которых научно-техническая информация достоверна, данные представлены из надёжных источников; принцип учёта влияния родного языка учащегося и уровня владения неродным языком, что предполагает отбор аутентичных текстов соответствующего объёма и уровня лексико-грамматической и логико-композиционной сложности; принцип учёта межпредметных связей, предполагающий подбор текстов, гармонирующих с материалом дисциплин, изучаемых студентами параллельно с языковым курсом. Показаны современные источники аутентичных текстов.

Ключевые слова: аутентичный текст, обучение языку специальности, английский язык, русский язык, казахский язык, космическая техника и технологии, космическая инженерия.

ТЕХНИКАЛЫҚ МАМАНДЫҚТАР ҮШІН ТІЛДЕРДІ ОҚЫТУДАҒЫ АУТЕНТАЛДЫ МӘТІНДЕР: ДЕРЕККӨЗДЕРІ МЕН ТАҢДАУ ҚАҒИДАТТАРЫ

Ю.Г. Смирнова*, К.О. Жекеева, Л.Д. Сергеева

«Гумарбек Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы, Алматы, Қазақстан
email: y.smirnova@aues.kz

Аңдатпа. Мақалада «Ғарыштық техника және технологиялар» және «Ғарыштық инженерия» мамандықтары үшін ағылшын, орыс және қазақ тілдеріндегі аутенталды мәтіндерді дайындау үшін түпнұсқа мәтіндерді таңдау қағидаттары: ең жаңа ғылыми-техникалық ақпараттардан тұратын

мәтіндерді таңдауды қамтитын жаңалық қағидаты, деректер, жаңалықтар; сенімді дереккөздерден ғылыми-техникалық ақпараттық мәліметтер ұсынылатын мәтіндерді таңдауды болжайтын ғылыми сипат қағидаты; оқушының ана тілі мен лексикалық-грамматикалық және логикалық-композициялық күрделіліктің тиісті көлемі мен деңгейіндегі түпнұсқа мәтіндерді таңдауды көздейтін шет тілін білу деңгейінің әсерін ескеру қағидаты; студенттердің тіл курсымен қатарлас оқыған пәндерінің материалымен үйлесімді мәтіндерді таңдауды көздейтін пәнаралық байланысты ескеру қағидаты қарастырылды. Аутенталды мәтіндердің заманауи дереккөздері көрсетілген.

Түйін сөздер: аутенталды мәтін, мамандық тіліне оқыту, ағылшын тілі, орыс тілі, қазақ тілі, ғарыштық техника мен технологиялар, ғарыштық инженерия.



ВОПРОСЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ, ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

FTAMP 28.23.39, 20.23.25

ТҮРКІ ТІЛДЕРІНІҢ ГРАММАТИКАСЫ ТЕЗАУРУСЫНЫҢ ҚҰРАМЫ МЕН ҚҰРЫЛЫМЫ

А. Ә. Шәріпбай, Б. Ж. Ергеш*, А. С. Муканова, А. Зулхажав

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, «Қазақстан жасанды интеллект академиясы»
Қоғамдық бірлестігі, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

E-mail: sharalt@mail.ru, *b.yergesh@gmail.com, asel_ms@bk.ru

***Аңдатпа.** Бұл мақалада «Түркі тілдерінің грамматикасы» пәндік саласының онтологиялық моделі негізінде ақпараттық-іздеу тезаурусының құрамы мен құрылымы сипатталады. Көп тілді ақпараттық-іздеу тезаурусы түркі тілдерінің грамматикасы ұғымдары жүйесіне тікелей пайдалануға, сондай-ақ ақпараттық іздеуге арналған. Тезаурустың және оның семантикалық қатынастары мен олардың қасиеттерінің формалды сипаттамасы беріледі.*

***Түйін сөздер:** Тезаурус, білім базасы, компьютерлік лингвистика, түркі тілдері, қазақ тілі.*

Кіріспе

Ақпараттық технологиялардың жаһандануы және цифрландыру заманында ақпарат көлемінің күн сайын өсіп жатқаны белгілі. Сондықтан табиғи тілдердегі үлкен көлемді деректерді өңдеу қажеттігі артуда. Бұл мәселені шешуде деректер мен білім қоры, тезаурустар, корпустар және басқа да лингвистикалық ресурстар маңызды орын алады. Ондай ресурстардың көбі роман-герман және славян тілдер тобына қатысты, бірақ түркі тілдеріне арналған ондай ресурстар жоқ. Сондықтан, түркі тілдеріне арналған ортақ тезаурусты әзірлеу өзекті мәселе.

Тезаурус дегеніміз қандай да бір пәндік салада мағыналары жақын терминдер (сөздер мен сөз тіркестері) олардың арасындағы семантикалық қатынастары көрсетіліп ұғымдарға топтастырылған арнайы терминологиялық сөздік [1].

Тезаурустар жеке пәндік салалар мен нақты ақпараттық-іздеу жүйелерінде қолданылу үшін әзірленуі мүмкін.

Қазіргі уақытта тезаурустарды құрудың құрамы, құрылымы мен әдістері анықталған белгілі бір стандарттар бар [2], [3]. Дегенмен, тезаурустарды құрудың күрделілігіне байланысты ұсынылатын әдістерді тікелей қолдану үнемі мүмкін бола бермейді. Себебі, біріншіден, қол жетімді әр түрлі пәндік салалар бойынша мәтіндік корпустар (белгіленген мәтіндер) сияқты лексикографиялық ақпарат көздерінің жоқтығы, пәндік салалардың (мысалы, лингвистика, математика, биология, салық салу, қыржы нарығы және т.б.) арнайы салаға тән тілінің болуы табиғи тілдегі белгілі бір салаларда тезаурустарды әзірлеуді талап етеді.

Қазіргі кезде тезаурустардың танымал моделдері бар, атап айтсақ, ағылшын тілі үшін WordNet тезаурусы[4], бұл тезаурус негізінде басқа тілдер үшін де ұқсас тезаурустар әзірленген (мысалы, EuroWordNet[5]), ал орыс тілі үшін РуТез тезаурусы [1], [6] және т.б. бар. [6] еңбегінде «Информатика» пәндік саласы бойынша орыс-қазақ тілдерінде тезаурус құруды автоматтандыруға мүмкіндік беретін тәсіл сипатталған.

Біздің мақсатымыз “Түркі тілдері грамматикасы” (ТТГ) пәндік саласы бойынша онтологиялық моделдің негізінде ақпараттық-іздеу тезаурусын құру технологиясын әзірлеу.

Тезаурустың құрамы мен құрылымы

Пәндік салалар бойынша кез келген тезаурустың құрамы мен құрылымы шешілетін есепке және пәндік тілдердің лексикалық толықтыруларының ерекшеліктеріне байланысты. Сонымен қатар қолданыстағы тезаурустарды талдау және тезаурустардың құрылымы, функционалдық және жүйелік талаптарды регламенттейтін стандарттарды зерттеу негізінде анықталады.

Бізді ТТГ түсініктерінің жүйесін тікелей пайдалану және ақпараттық іздеуге арналған көптілді ақпараттық-іздеу тезаурусы (КАІТ) қызықтырады. Көптілді ақпараттық-іздеу тезаурусының құрамына *кіріспе*, *дескрипторлы көрсеткіш* және *жүйелік көрсеткіш* кіреді.

Кіріспеді пәндік сала, қолдану саласы, қолдану ережелері, дескрипторлар, түйін сөздер және басқа да анықтамалық ақпарат сияқты тезаурустың жалпы сипаттамасы бар.

Дескрипторлы көрсеткіш қарастырылып жатқан пәндік саланың түсініктер жүйесіндегі орындары көрсетілген түрлі семантикалық қатынастармен байланысқан дескрипторлардан тұратын дескрипторлық топтың тізімінен тұрады. Бұл қатынастар олардың семантикасын тезауруста сипаттайтын формалды (математикалық) қасиеттер жиынтығымен қамтылады.

Жүйелік көрсеткіш дескрипторлар арасындағы парадигмалық қатынастарды ашу, есепке алу және бақылау үшін қызмет етеді.

Ақпараттық іздеу тезаурусының әрбір дескрипторы үшін сәйкес иерархиялық дескрипторы табылуы қажет. Алдын ала иерархияның деңгейлерінің санын анықтайтын белгілерді тұжырымдап алу керек. Ассоциативтік қатынастардың кескінінің деңгейін анықтау ақпараттық-іздеу тезаурусына қойылатын талаптарға тәуелді. Бұл қатынастар қанша кеңінен бейнеленсе, соншалықты толық беріледі. Бірақ терминологиялық қор ұлғаяды, сілтемелер жүйесі күрделенеді және іздеу дәлдігі төмендеуі мүмкін.

Формалды түрде тезаурусты келесі алтылықпен анықтауға болады:

$$\nabla = \langle T, S, A, R, P, L \rangle$$

мұнда,

$T = Ds \cup As$ – берілген пәндік саланың түсініктерін анықтайтын терминдерінің бос емес ақырлы жиыны, мұнда $Ds = \{ds_1, \dots, ds_k\}$ – дескрипторлар жиыны, $As = \{as_1, \dots, as_l\}$ – аскрипторлар жиыны;

$S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ – өз аттарымен бейнеленген терминдердің дереккөздерінің бос емес ақырлы жиыны;

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ – терминдер мен ақпарат көздердің қасиеттерін сипаттайтын атрибуттар жиыны;

$R = R^T \cup R^{TS}$ – тезауруста қолданылатын барлық бинарлық қатынастардың бос емес ақырлы жиыны, мұнда $R^T = R_1^T \cup \dots \cup R_k^T$ – терминдер арасындағы қатынастар жиыны, $R_i^T \subseteq T \times T, i = \overline{1, k}$, ал $R^{TS} = R_1^{TS} \cup \dots \cup R_l^{TS}$ тезаурус көздері мен терминдер арасындағы сәйкестік қатынастар жиыны, мұнда термин кездеседі және/немесе анықталады, $R_j^{TS} \subseteq T \times S, j = \overline{1, l}$.

$P - R^T$ қатынастардың формалды қасиеттерінің ақырлы жиыны;

L – терминдер арасындағы байланысқа қосымша шектеулер қоятын аксиомалар жиыны.

Тезаурустың бүтіндігін, қарамақайшылықсыздығын және толықтығын қамтамасыз ету үшін терминдер арасында орнатылған семантикалық қатынастарды формалдап, олардың қасиеттерін анықтау керек.

R^T ден тұратын кез келген қатынастың келесі қасиеттері болуы мүмкін: рефлексивтік (reflexivity), антирефлексивтік (antireflexivity), симметриялылық (symmetry), асимметриялылық (asymmetry), антисимметриялылық (antisymmetry), транзитивтік (transitivity) [8].

Бұл қасиеттердің формалды анықтамалары келесі логикалық өрнектермен жазылады:

$$\begin{aligned}\forall x, y \in T, x \neq y, R \in R^T, \quad & \text{reflexivity}(R): R(x, y) \rightarrow (R(x, x) \& R(y, y)); \\ \forall x, y \in T, x \neq y, R \in R^T, \quad & \text{antireflexivity}(R): R(x, y) \rightarrow (\neg R(x, x) \& \neg R(y, y)); \\ \forall x, y \in T, x \neq y, R \in R^T, \quad & \text{symmetry}(R): R(x, y) \rightarrow R(y, x); \\ \forall x, y \in T, x \neq y, R \in R^T, \quad & \text{asymmetry}(R): R(x, y) \rightarrow \neg R(y, x); \\ \forall x, y \in T, R \in R^T, \quad & \text{antisymmetry}(R): (R(x, y) \& R(y, x)) \rightarrow x = y; \\ \forall x, y, z \in T, R \in R^T, \quad & \text{transitivity}(R): (R(x, y) \& R(y, z)) \rightarrow R(x, z).\end{aligned}$$

Жоғарыда аталған әрбір R бинарлық қатынастың R^{-1} кері (инверсті) қатынасы болуы мүмкін. Кері қатынастың бар болуы төмендегі логикалық өрнекпен сипатталады:

$$\forall x, y \in T, x \neq y, R \in R^T, R^{-1} \in R^T, \quad \text{invertibility}(R): R(x, y) \rightarrow R^{-1}(y, x).$$

Көрсетілген логикалық өрнектер төмендегі ережелер түрінде түсіндіріледі:

- егер R қатынасында рефлексивтік қасиеті болса, онда кез келген x және y терминдері үшін $R(x, y)$ байланысының болуы $(R(x, x) \& R(y, y))$ байланыстарының бар болуына алып келеді;
- егер R қатынасында антирефлексивтік қасиеті болса, онда кез келген x және y терминдері үшін $R(x, y)$ байланысының болуы $R(x, x)$ және $R(y, y)$ байланыстарына тиым салады;
- егер R қатынасында симметриялық қасиеті болса, онда кез келген x және y терминдері үшін $R(x, y)$ байланысының болуы $R(y, x)$ байланысының бар болуына алып келеді;
- егер R қатынасында асимметриялық қасиеті болса, онда кез келген x және y терминдері үшін $R(x, y)$ байланысының болуы $R(y, x)$ байланысының бар болуына тиым салады;
- егер R қатынасында антисимметриялық қасиеті болса, онда кез келген x және y терминдері үшін $R(x, y)$ және $R(y, x)$ байланыстарының болуы $x = y$ терминдердің теңдігіне алып келеді;
- егер R қатынасында транзитивтік қасиеті болса, онда кез келген x және y терминдері үшін $R(x, y)$ және $R(y, z)$ байланыстарының болуы $R(x, z)$ байланысының бар болуына алып келеді;
- егер R және R^{-1} қатынастары бір біріне кері болса, онда кез келген x және y терминдері үшін $R(x, y)$ байланысының пайда болуы $R^{-1}(y, x)$ кері байланысының бар болуына алып келеді.

Дегенмен, белгілі бір классқа (терминдердің ішкі жиынына) тиісті терминдер үшін, мысалы дескрипторлар (D) мен аскрипторлар (A) осы класстың (x) терминдерінің және терминдердің осы немесе басқа класстарының (y, z) терминдері арасындағы қандай да бір қатынастарының бар болуына шектеулер берілуі мүмкін. Мұндай шектеулерді төмендегідей екі логикалық өрнектермен сипаттауға болады:

$$\begin{aligned}\forall x, y, z \in Ds, Ds \subseteq T, y \neq z, R \in R^T, \quad & \text{uniqueness}(R): R(x, y) \rightarrow \neg R(x, z) \\ \forall x \in As, As \subseteq T, \exists y_i \in D, i = 1, \dots, N, R \in R^T, & \text{obligatoriness}(R): R(x, y_i),\end{aligned}$$

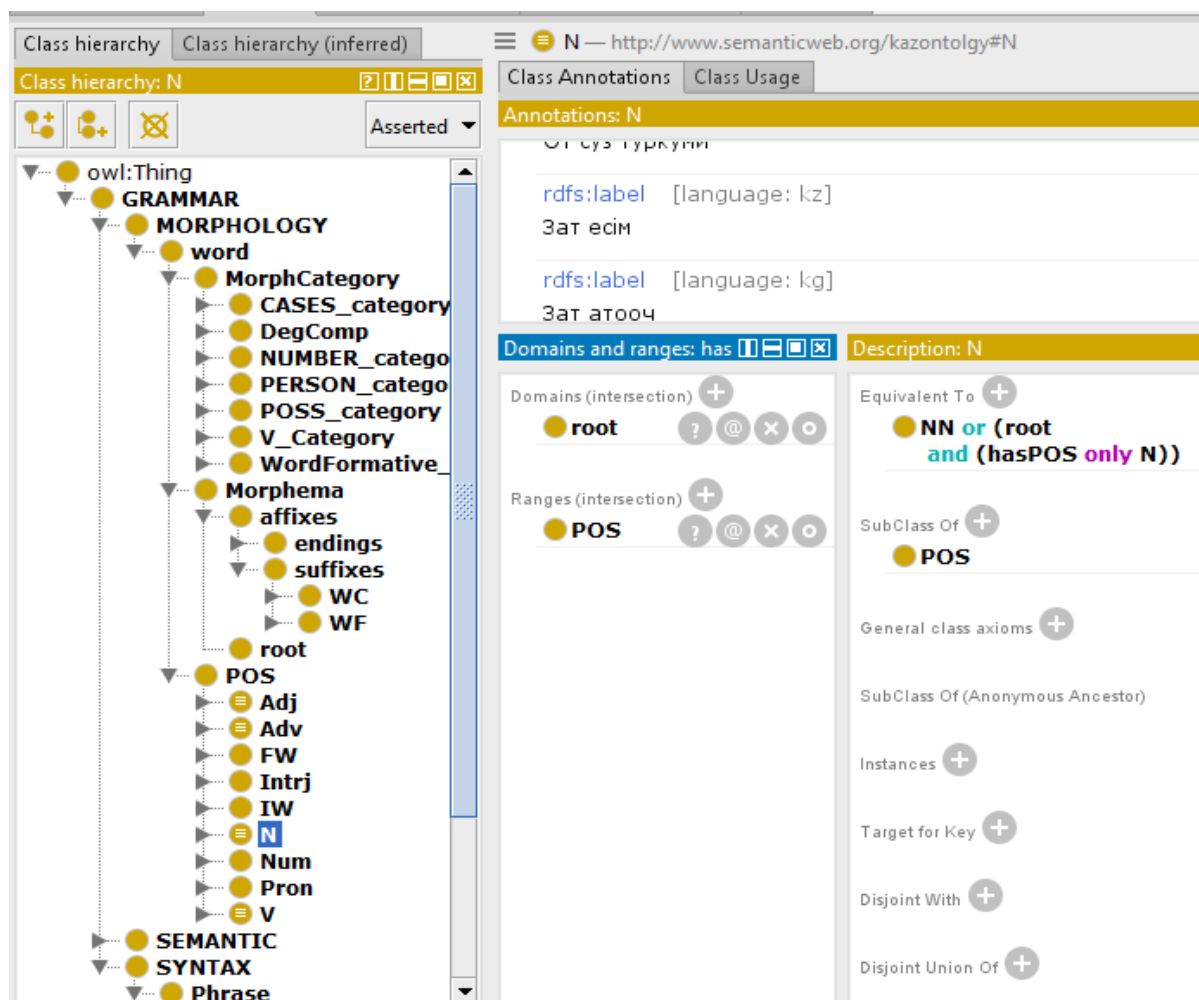
Бірінші өрнек кейбір терминдер классы үшін R қатынасының жалғыздығын (uniqueness) береді (мысалы, D). Яғни осы класстың x терминінде $R(x, y)$ қатынасы бар болған жағдайда ол үшін басқа термині бар тағы да R қатынасын қосу мүмкін еместігін білдіреді. Екінші өрнек y_i ($i = 1, \dots, N$) терминдерінің кейбір класы үшін R қатынасының міндеттілігін (obligatoriness) орнатады. Осылайша, осы класстың x термині үшін $R(x, y)$ түрдегі N қатынастардың бар болуын бақылайды.

Онтология түркі тілдері грамматикасының формалды сипаттамасын қамтиды, оның ақпараттық толтырылуына (контентті) арналған құрылымдарды анықтайды және ондағы білім мен деректердің мазмұнына қол жеткізуді ұйымдастыру үшін негіз болады. Онтологияның көмегімен тезаурустың

тұжырымдамалық үлгісі анықталады. Онтологияда түсініктерді сипаттайтын класстар және тезаурустың басқа элементтері және олардың арасындағы түрлі семантикалық байланыстар сипатталады, түсініктер мен қатынастардың қасиеттері, класстар мен қатынастардың қосымша семантикасын анықтайтын шектеулер мен аксиомалар қамтамасыз етіледі. Осы кезге дейін түркі тілдерінің морфологиясының метатілі әзірленіп [9], онтологиялық моделдері тұрғызылған [10]-15].

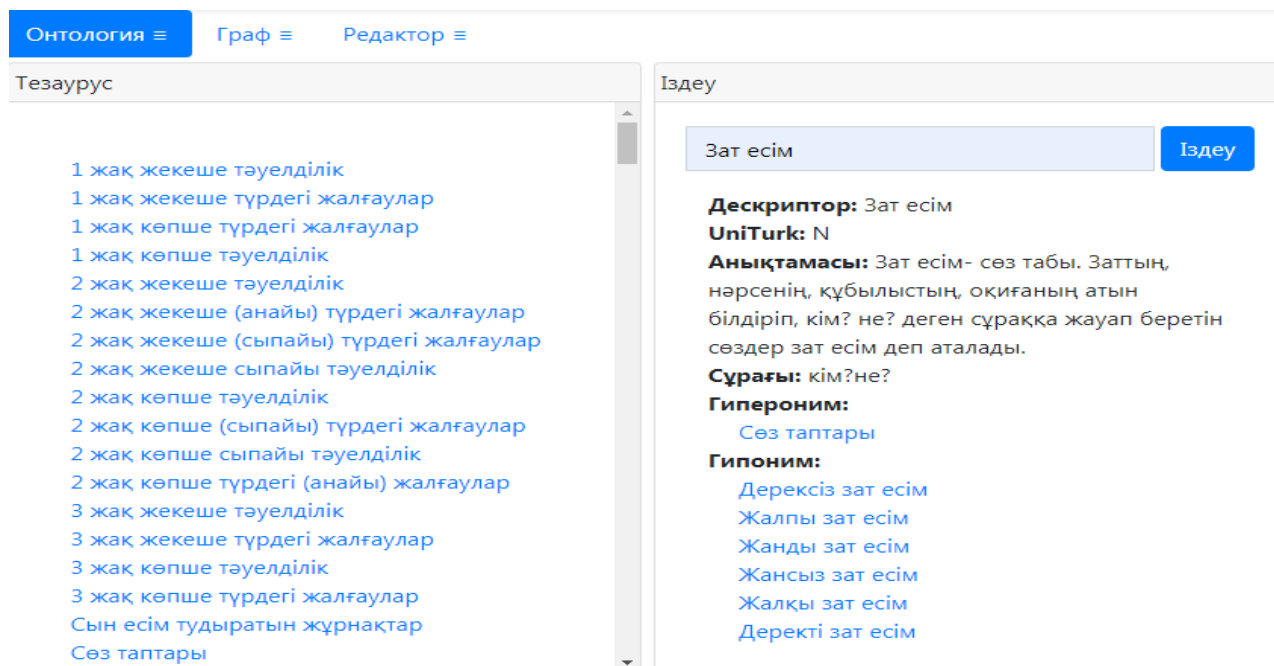
«Түркі тілдері грамматикасы» тезаурусын бейнелейтін онтология пәндік саланың түсініктерін анықтайтын «Терминдер» мен олар алынған дереккөздерді көрсететін «Терминдер дереккөздері» класстарынан тұрады. «Терминдер» дескрипторлар мен аскрипторлардан тұрады және әр терминнің атауы, UniTurk метатілінде белгіленуі, терминнің қай тілде екендігі көрсетіледі. Егер термин «Дескриптор» класына жататын болса, онда «Терминдер» класындағы атрибуттардан басқа қосымша келесі атрибуттар қосылады: терминнің анықтамасы, сұрағы және пәндік салада тағы да сондай омоним сөздер кездесетін жағдайда оларды айқындайтын релятор. «Терминдер дереккөздері» келесі атрибуттар арқылы сипатталады: аты, библиографиялық сілтеме, типі. Түсініктер арасындағы семантикалық байланыстарды көрсету үшін «Гипероним», «Гипоним», «Мероним», «Холоним», «Мысал Класы», «Мысалы» иерархиялық қатынастары қолданылады. «Гипероним» төменгі тұрған дескриптордан жоғарғыға бағытталған, ол транзитивті және симметриялы емес қасиетке ие, оның кері қатынасы «Гипоним». «МысалКласы» қатынасы түсінік класы мен сол класстың экземплярлары арасындағы байланыс үшін қолданылады. Бұл қатынас транзитивті емес, асимметриялы және оның кері қатынасы «Мысалы».

1-суретте «Түркі тілдері грамматикасы» онтологиясының бөлігі көрсетілген.



1-сурет – «Түркі тілдері грамматикасы» онтологиясы

2-суретте онтология негізінде жасалған түркі тілдері грамматикасы пәндік облысы бойынша жасалған тезаурус фрагменті көрсетілген.



2-сурет – «Түркі тілдері грамматикасы» тезаурусының фрагменті

Жоғарыда көрсетілгендей құрылыммен түркі тілдері грамматикасының көптілді электронды тезаурусы құрылуда және ол грамматикалық ережелердің онтологиясына негізделген. Болашақта онтологияда көрсетілмеген, толықтыруды немесе түзетуді қажет ететін терминдермен жұмыс жасау үшін қажетті программалық компонентті жүзеге асырып, көптілді электронды тезаурус құру технологиясын ұсыну көзделуде.

Қорытынды

Мәтіндік корпустар мен тезаурустарды құру лингвистика және нақты пәндік салалардың жоғары білікті мамандарының көп уақытын және еңбегін талап ететін күрделі есеп болып табылады. Сондықтан көптілді қамтитын кез келген пәндік салада тезаурустарды автоматты құруға арналған әмбебап құрал әзірлеу қажет. Ол үшін кез келген пәндік салаға және қандай да бір тілге бағытталған тезаурусты оңай құруға мүмкіндік беретіндей тезаурустың құрылымын жобалау керек. Мысалы, мүмкін қатынастардың жиынын шектемеу, терминдерді таңдау үшін әмбебап өлшемдерді таңдау және т.б., ал тіл ретінде түркі тілдер тобын алуға болады.

Осы мақалада сипатталған құрам мен құрылымды қолданып түркі тілдерінің (қазақ, қырғыз, татар, түрік және өзбек) грамматикасының электронды тезаурусы әзірленуде.

Мақала 2018 ж. 12-наурыздағы №132 келісім-шарт бойынша «AP05132249 Көптілді іздеу және білімдерді шығару жүйелерін құруға арналған түркі тілдерінің электрондық тезаурустарын әзірлеу» атты жоба аясында дайындалды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Лукашевич Н.В. Тезаурусы в задачах информационного поиска. – М.: Изд-во Московского университета, 2011. – 512 с.
- [2] ISO 5964-1985. Documentation - Guidelines for the establishment and development of multilingual thesauri, IDT (Revised by: ISO/DIS 25964-1 Under development).
- [3] ГОСТ 7.24-2007. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Тезаурус информационно-поисковый многоязычный. Состав, структура и основные требования к построению (введен в действие с 1 июля 2008 г.).
- [4] WordNet. A Lexical Database for English // <http://wordnet.princeton.edu/wordnet/>. 13.10.2017.
- [5] Fellbaum Ch. WordNet and wordnets // In book: Encyclopedia of Language and Linguistics / eds. B. Keith et al. – Ed. 2nd. – Oxford: Elsevier, 2005. – P. 665-670.
- [6] Ергеш Б.Ж., Шарипбай А.А., Гатиатуллин А.Р. Тезаурусы: обзор моделей, применение // Вестник КазНУ. – 2018. – №4. – С. 208-211.
- [7] Бименова Ж.Б., Джумамуратов Р.А., Сидорова Е.А. Подход к построению русско-казахского тезауруса по информатике // Вестник Бурятского государственного университета. – 2013. – №9. – С.53-62.
- [8] Загорулько Ю. А., Боровикова О. И., Загорулько Г. Б. Построение многоязычных тезаурусов средствами семантической технологии // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2012): материалы II Международной научно-технической конференции (Минск, 16-18 февраля 2012). – Минск: БГУИР, 2012. – С. 181-188.
- [9] Шарипбай А.А., Гатиатуллин А.Р., Ергеш Б.Ж., Қажымұхан Д.А. Разработка единого метаязыка морфологии тюркских языков // Вестник КазНУ. Серия математика, механика, информатика. – 2018. – №4(100). – С. 78-87.
- [10] Шарипбаев А.А., Бекманова Г.Т., Ергеш Б.Ж., Муканова А.С. Формальная модель морфологических правил казахского языка // Доклады НАН РК. – Алматы: РОО «НАН РК», 2012. – №6. – С. 16-22.
- [11] Муканова, А.С., Ергеш, Б.Ж., Разахова, Б.Ш. Морфологиялық ережелерді онтологиялық моделдеу // Түркі тілдерін компьютерлік өңдеу: 1-ші халық. конф. еңбек. – Астана, 2013. – Б. 188-194.
- [12] Yelibayeva G., Mukanova A., Sharipbay A., Zulkhazhav A., Yergesh B., Bekmanova G. Metalanguage and Knowledgebase for Kazakh Morphology // Computational Science and Its Applications – ICCSA 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11619. – Springer, Cham. – pp. 693-706.
- [13] Жеткенбай Л., Шарипбай А.Ә. Елибаева Г.К., Муканова А.С., Ергеш Б.Ж. Қазақ және түрік тілдерінің зат есімнің онтологиялық моделі // ҚазҰТЗУ Хабаршысы, №3. – 2019. – 6.439-445.
- [14] M.Aripov, A.Sharipbay, N.Abdurakhmonova, B.Razakhova. Ontology of grammar rules as example of noun of Uzbek and Kazakh languages. //Abstract of the VI international conference “Modern problems of applied mathematics and information technology - al-Khorezmiy 2018”. – Tashkent Uzbekistan. – 2018. - p. 37-38.
- [15] Шарипбай А.А., Ергеш Б.Ж., Елибаева Г.К., Жеткенбай Л., Исраилова Н., Бакасова П. Сравнение онтологических моделей существительных казахского и кыргызского языков // Сборник трудов VI международной конференции по компьютерной обработке тюркских языков TURKLANG-2018, Uzbekistan. – 2018. – С. 182-188.

References

- [1] Lukashevich N.V. Tezaurusy v zadachakh informacziionnogo poiska [Thesauri in information-retrieval tasks]. Moscow, Moscow university Publ., 2011.
- [2] ISO 5964-1985. Documentation - Guidelines for the establishment and development of multilingual thesauri, IDT (Revised by: ISO/DIS 25964-1 Under development).
- [3] GOST 7.24-2007. Sistema standartov po informaczii, bibliotechnomu i izdatelskomu delu. Tezaurus informacziionno-poiskovyi mnogoyazychnyi. Sostav, struktura i osnovnye trebovaniya k postroeniyu [System of standards on information, librarianship and publishing. Multilingual information retrieval thesaurus. Composition, structure and basic building requirements] (effective July 1, 2008.).
- [4] WordNet. A Lexical Database for English. Available at: <http://wordnet.princeton.edu/wordnet/> (accessed 13 October 2019).

- [5] Fellbaum, C. WordNet and wordnets. In: Brown, Keith et al. (eds.), Encyclopedia of Language and Linguistics, Second Edition. Elsevier, 2005, pp. 665-670.
- [6] Yergesh B.Zh., Sharipbay A.A., Gatiatullin A.R. Tezaurusy: obzor modelei, primeneniye [Thesauri: overview of models, application]. Vestnik KazNITU - Vestnik KazNRTU, 2018, no. 4, pp. 208-211.
- [7] Bimenova Zh.B., Dzhumamuratov R.A., Sidorova E.A. Podkhod k postroeniyu russko-kazakhskogo tezaurusa po informatike [Approach to building the Russian-Kazakh thesaurus in computer science]. Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta - Bulletin of the Buryat state University -, 2013. no. 9, pp. 53-62.
- [8] Zagorulko Yu. A., Borovikova O. I., Zagorulko G. B. Postroenie mnogoyazychnykh tezaurusov sredstvami semanticheskoy tekhnologii [Building multilingual thesauri using semantic technology]. Otkrytye semanticheskie tekhnologii proektirovaniya intellektualnykh sistem: materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferenczii [Materials of the II International Scientific and Technical Conference Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2012)]. Minsk, 2012, pp. 181-188.
- [9] Sharipbay A.A., Gatiatullin A.R., Yergesh B.Zh., Kazhymukan D.A. Razrabotka edinogo metazyzyka morfologii tyurkskikh yazykov [Development of an unified meta language of the turkic languages morphology]. Vestnik KazNU. Seriya matematika, mekhanika, informatika - Journal of Mathematics, Mechanics and Computer Science, 2018, vol. 100, no. 4, pp. 78-87.
- [10] Sharipbayev A.A., Bekmanova G.T., Yergesh B.Zh., Mukanova A.S. Formalnaya model morfologicheskikh pravil kazakhskogo yazyka [Formal model of morphological rules of the Kazakh language]. Doklady NAN RK – Reports of NAS RK, 2012, no. 6, pp. 16-22.
- [11] Mukanova A.S., Yergesh B.Zh., Razakhova B.Sh. Morfologiyalyk erezherdi ontologiyalyk modeldeu [Ontological modeling of morphological rules]. Turki tilderin kompyuterlik ondeu: 1-shi khalykaralyk. konf. enbegi [Proc. of the I International Conference on Computer processing of Turkic languages]. Astana, 2013, pp. 188-194.
- [12] Yelibayeva G., Mukanova A., Sharipbay A., Zulkhazhav A., Yergesh B., Bekmanova G. Metalanguage and Knowledgebase for Kazakh Morphology. Computational Science and Its Applications – ICCSA 2019. Lecture Notes in Computer Science, 2012, vol. 11619, pp. 693-706.
- [13] Zhetkenbay L., Sharipbay A., Yelibayeva G., Mukanova A., Yergesh B. Qazaq zhane turik tilderinin zat esiminin ontologiyalyk modeli [Ontological model of Kazakh and Turkish nouns]. Vestnik KazNITU - Vestnik KazNRTU, 2019, no. 3, pp.439-445.
- [14] M.Aripov, A.Sharipbay, N.Abdurakhmonova, B.Razakhova. Ontology of grammar rules as example of noun of Uzbek and Kazakh languages. Abstract of the VI international conference “Modern problems of applied mathematics and information technology - al-Khorezmiy 2018”. Tashkent Uzbekistan, 2018, pp. 37-38.
- [15] Sharipbay A.A., Yergesh B.Zh., Yelibayeva G.K., Zhetkenbay L., Israilova N., Bakasova P. Sravnenie ontologicheskikh modeley sushchestvitelnykh kazakhskogo i kyrgyzskogo yazykov [Ontological models matching of nouns of kazakh and kyrgyz languages]. Sbornik trudov VI mezhdunarodnoy konferencii po komp'yuternoy obrabotke tyurkskikh yazykov TURKLANG-2018 [Proc. of the VI International Conference on Computer processing of Turkic languages TURKLANG-2018], Uzbekistan, 2018, pp. 182-188.

СОСТАВ И СТРУКТУРА ТЕЗАУРУСА ГРАММАТИКИ ТЮРКСКИХ ЯЗЫКОВ

А. А. Шарипбай, Б. Ж. Ергеш*, А. С. Муканова, А. Зулхажав

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Общественное объединение
«Казахстанская академия искусственного интеллекта», Нур-Султан, Казахстан
E-mail: sharalt@mail.ru, b.yergesh@gmail.com, asel_ms@bk.ru

Аннотация. В данной статье описывается состав и структура информационно-поискового тезауруса на основе онтологической модели предметной области «Грамматика тюркских языков». Многоязыковый информационно-поисковый тезаурус предназначен как для непосредственного обращения к системе понятий грамматики тюркских языков, так и для информационного поиска. Даются формальные описания тезауруса, семантических отношений тезауруса и их свойств.

Ключевые слова: тезаурус, база знаний, компьютерная лингвистика, тюркские языки, казахский язык.

COMPOSITION AND STRUCTURE OF THE TURKIC LANGUAGES GRAMMAR THESAURUS

A. Sharipbay, B. Yergesh*, A. Mukanova, A. Zulkhazhav

L.N. Gumilyov Eurasian national university, Public Association “Kazakhstan Academy of Artificial
Intelligence”, Nur-Sultan, Kazakhstan
E-mail: sharalt@mail.ru, [*b.yergesh@gmail.com](mailto:b.yergesh@gmail.com), asel_ms@bk.ru

Abstract. *The composition and structure of the information retrieval thesaurus based on the ontological model of the subject area "Grammar of the Turkic languages" is described in this article. The multilingual information retrieval thesaurus is intended for direct reference to the system of grammar concepts of the Turkic languages and for information retrieval. Formal descriptions of the thesaurus, semantic relations of the thesaurus and their properties are given in the article.*

Key words: *Thesaurus, knowledge base, computer linguistics, Turkic languages, Kazakh language.*