

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

---

# ПМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



# ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

№ 4 (2015)

---

Павлодар

МАЗМҰНЫ

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

**Энергетическая серия**

выходит 4 раза в год

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на учет средства массовой информации

№ 14310-Ж

выдано

Министерством культуры, информации и общественного согласия  
Республики Казахстан

**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Леньков Ю. А., *к.т.н., доцент*

Ответственный секретарь

Акаев А. М.

**Редакция алқасы – Редакционная коллегия**

Алиферов А. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
 Боровиков Ю. С., *к.т.н., профессор (Россия)*  
 Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
 Горюнов В. Н., *д.т.н., профессор (Россия)*  
 Говорун В. Ф., *д.т.н., профессор*  
 Захаров И. В., *д.т.н., профессор*  
 Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
 Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
 Тастенов А. Д., *к.т.н., доцент*  
 Хацевский В. Ф., *д.т.н., профессор*  
 Нургожина Б. В. *технический редактор*

**Антонцев А. В.**

Машина міндеттерін цифрлық сигналдарды өңдеу үшін  
оқыту әдістерін қолдану перспективасы .....9

**Дуненова А. Ә.**

Жоғары тұтқырлы мұнайды өндірудің қазіргі жағдайы .....14

**Камбаров М. Н., Унайбаев Б. Ж., Кайназаров А. С., Саканов К. Т.**

Қазақстанның жел энергетикасы .....20

**Камбаров М. Н., Унайбаев Б. Ж., Кайназаров А. С., Саканов К. Т.**

Жоңғар қақпаларында желдету энергетика шамасын жүзеге асыру .....27

**Камбаров М. Н., Унайбаев Б. Ж., Кайназаров А. С., Саканов К. Т.**

Қазақстан энергоресурстарының жаңартылған экспорттық потенциалы .....37

**Қайдар А. Б., Кислов А. П., Шапкенов Б. К., Марковский В. П.**

Көп деңгейлі инверторлардан ендік импульсты модуляция технологиясы  
базасында жиілікпен жүк көтергіштен жұрнақтарды қабылдау .....44

**Қайдар А. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Жанат Ж., Айтжанов С. Е.,  
Жақып Қ. Б., Файзулла Д. Ф., Джансаринов Қ. Е., Оспанова Ж. М.**

Жел энергиясын түрлендірудің тиімділігін жоғарылату .....60

**Қайдар А. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Жанат Ж., Айтжанов С. Е.,  
Жақып Қ. Б., Файзулла Д. Ф., Джансаринов Қ. Е., Оспанова Ж. М.**

Тұрақты тоқтың салғылары мен желісінің қолдану  
проблемалары мен тиімді жағы .....65

**Қайдар А. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Жанат Ж., Айтжанов С. Е.,  
Жақып Қ. Б., Файзулла Д. Ф., Джансаринов Қ. Е., Оспанова Ж. М.**

Электр энергиясын түрлендіру тиімділігі жоғары автономдық кернеу  
инверторларындағы IGBT транзисторларында күштік модульді қолдану ...69

**Козионов В. А.**

Ұялы байланыс мұналарындағы дикретті-әртекті  
негіздің беріктігін бағалау .....77

**Мирғалиқызы Т.**

Бір текті емес орта құрылымдарына зерттеулер жүргізуге арналған  
бағдарламалық қамсыздандыруды құрастыру .....84

**Муканова Б. Г., Искаков К. Т., Мирғалиқызы Т.**

Электрлік томография әдісінде бір текті емес орта құрылымын зерттеуге  
арналған бағдарламалы-аппараттық кешенді қолдану .....90

**Утепбергенев И. Т., Оразымбетова А. К., Смайлов Н. К.**

Көпмодалы оптикалық талшыққа температура әсерінен оське  
қатысты бұрыштан берілген импульстің ұзақтығы (КОТ) .....97

**Утепбергенев И. Т., Оспанова Н. А., Смайлов Н. Қ.**

Оптикалық талшықты берілу жүйелеріндегі ақауларды  
іздеу алгоритмі (ОТБЖ) .....102

**Шайхин А. К., Анарбаев А. Е.**

Әр түрлі стандартты Ethernet желілері үшін кадрлардың жоғалту  
ықтималдығының модельдерін әзірлеу ..... 109

**Шапко С. В., Ордабаев Е. Қ., Сарбалаев Е. Ж.**

Катализдік неитрализатормен жабдықталған автомобильдің  
экологиялық сипаттамасының тұрақтылығын қамтамасыз ету ..... 117

Авторларға арналған ережелер..... 126

**СОДЕРЖАНИЕ****Антонцев А. В.**

Перспективы применения методов машинного обучения  
в задачах цифровой обработки сигналов ..... 9

**Дуненова А. А.**

Современное состояние добычи высоковязкой нефти ..... 14

**Камбаров М. Н., Унайбаев Б. Ж., Кайназаров А. С., Саканов К. Т.**

Ветроэнергетика Казахстана ..... 20

**Камбаров М. Н., Унайбаев Б. Ж., Кайназаров А. С., Саканов К. Т.**

Пути реализации ветроэнергетического потенциала Жунгарских ворот ..... 27

**Камбаров М. Н., Унайбаев Б. Ж., Кайназаров А. С., Саканов К. Т.**

Экспортный потенциал возобновляемых энергоресурсов Казахстана ..... 37

**Кайдар А. Б., Кислов А. П., Шапкенов Б. К., Марковский В. П.**

Многоуровневые инверторы с изменяемой  
несущей частотой на базе технологии ШИМ ..... 44

**Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Жанат Ж., Айтжанов С. Е.,  
Жақып К. Б., Файзулла Д. Ф., Джансаринов К. Е., Оспанова Ж. М.**

Повышение эффективности преобразования энергии ветра ..... 60

**Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Жанат Ж., Айтжанов С. Е.,  
Жақып К. Б., Файзулла Д. Ф., Джансаринов К. Е., Оспанова Ж. М.**

Проблема и перспективы применения линий  
и вставок постоянного тока ..... 65

**Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Жанат Ж., Айтжанов С. Е.,  
Жақып Қ. Б., Файзулла Д. Ф., Джансаринов Қ. Е., Оспанова Ж. М.**

Применение силового модуля на IGBT транзисторах в автономных  
инверторах напряжения с повышенной эффективностью  
преобразования электроэнергии ..... 69

**Козионов В. А.**

Оценка прочности дискретно-неоднородных оснований  
башен сотовой связи ..... 77

**Миргаликызы Т.**

Разработка программного обеспечения для проведения  
исследований структур неоднородных сред ..... 84

**Муканова Б. Г., Искаков К. Т., Миргаликызы Т.**

Применение программно-аппаратного комплекса для исследования  
структур неоднородных сред в методе электрической томографии ..... 90

**Утепбергенов И. Т., Оразымбетова А. К., Смайлов Н. К.**

Длительность импульса, вводимого под углом к оси,  
от температурного воздействия на МОВ ..... 97

**Утепбергенов И. Т., Оспанова Н. А., Смайлов Н. К.**

Алгоритм поиска неисправностей на ВОСП ..... 102

**Шайхин А. К., Анарбаев А. Е.**

Разработка вероятностных моделей потерь кадров  
для сетей Ethernet различных стандартов .....109

**Шапко С. В., Ордабаев Е. К., Сарбалаев Е. Ж.**

Стабильность экологических характеристик быстроходных ДВС  
с каталитическим нейтрализатором в эксплуатации .....117

Правила для авторов .....126

**CONTENT****Antontsev A. V.**

The prospects of machine learning application in digital  
signal processing issues .....9

**Dunenova A. A.**

Current state of high oil production .....14

**Kambarov M. N., Unaibaev B. G., Kainazarov A. S., Sakanov K. T.**

Wind energy of Kazakhstan .....20

**Kambarov M. N., Unaibaev B. G., Kainazarov A. S., Sakanov K. T.**

Ways of realization of the wind power potential of Dzhungarian Gates .....27

**Kambarov M. N., Unaibaev B. G., Kainazarov A. S., Sakanov K. T.**

Export potential of the renewed energy resources of Kazakhstan .....37

**Kaidar A. B., Kislov A. P., Shapkenov B. K., Markovsky V. P.**

Multilevel inverters using variable switching frequency  
carrier based on PWM techniques .....44

**Kaidar A. B., Shapkenov B. K., Kislov A. P., Zhanat Z., Aitzhanov S. E.,**

**Zhakyp K. B., Faizulla D. F., Dzhansarinov K. E., Ospanova Z. M.**

Efficiency of wind energy conversion .....60

**Kaidar A. B., Shapkenov B. K., Kislov A. P., Zhanat Z., Aitzhanov S. E.,**

**Zhakyp K. B., Faizulla D. F., Dzhansarinov K. E., Ospanova Z. M.**

Problems and prospects of using lines and HVDC .....65

**Kaidar A. B., Shapkenov B. K., Kislov A. P., Zhanat Z., Aitzhanov S. E.,**

**Zhakyp K. B., Faizulla D. F., Dzhansarinov K. E., Ospanova Z. M.**

The use of IGBT power module transistors on a stand-alone  
voltage inverter with high efficiency of electric power conversion .....69

**Kozionov V. A.**

Discrete heterogeneous base strength assessment of the cellular  
communication towers .....77

**Mirgalikyzy T.**

Development of software to study the structures of inhomogeneous media .....84

**Mukanova B. G., Iskakov K. T., Mirgalikyzy T.**

The use of hardware and software to study the structures  
of inhomogeneous media in the method of electrical tomography .....90

**Utepbergenov I., Orazymbetova A., Smailov N.**

Pulse duration, injected at an angle to the axis, temperature effect on  
multimode optical fiber (MOF) .....97

**Utepbergenov I., Ospanova N., Smailov N.**

The search algorithm of malfunctions in fiber-optic  
transmission systems (FOTS) .....102

**Shaikhin A. K., Anarbayev A. E.**

The development of the Ethernet frames probabilistic models  
for different standards .....109

**Shapko S. V., Ordabaev E. K., Sarbalayev Y. Z.**

The stability of the ecological characteristics of a vehicle equipped with a catalytic converter in operation ..... 117

Rules for authors ..... 126

**А. В. Антонцев**

магистр, преподаватель (ассистент), Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ**

*В данной статье рассматривается применение обучающихся алгоритмов для решения задач цифровой обработки сигналов. В рамках рассмотрения процесса машинного обучения обозначаются направления дальнейшего совершенствования способов обучения многослойных перцептронов.*

*Ключевые слова: машинное обучение, нейронная сеть, многослойный перцептрон Румельхарта, цифровая обработка сигналов.*

Перспективность методов машинного обучения (МО) определяется, в первую очередь, гибкостью их применения и теми возможностями, которые они предоставляют разработчику систем цифровой обработки сигналов (ЦОС).

Основным функциональным назначением методов МО является непосредственная интерпретация данных, получаемых с использованием других подходов. В настоящее время большинство методов обработки сигналов сводятся к трем основным типам анализа: корреляционному, интегрально-характеристическому и спектральному [1]. В то же время многие методы спектрального анализа, несмотря на свою эффективность, являются слишком сложными для непосредственного понимания их результатов. К ним относится в частности вейвлет-анализ [2], применение которого, например, в задачах диагностики требует помимо прочего объяснения получаемых результатов.

Функциональная схема обработки сигналов и получения конечной, интерпретированной информации изображена на рис. 1.

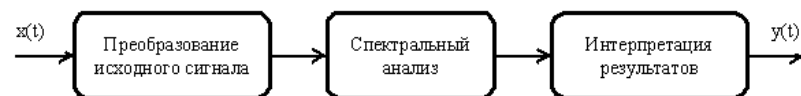


Рисунок 1 – Функциональная схема обработки сигналов

Исходный сигнал  $x(t)$  изначально преобразуется и подготавливается для дальнейшего анализа. Этот этап охватывает такие типы преобразований, как нормирование и стабилизация напряжения сигнала, фильтрация, аналого-цифровое преобразование и пр. Далее оцифрованный сигнал подвергается спектральному анализу (дискретное преобразование Фурье, вейвлет-анализ и пр.), на чем методы ЦОС и ограничиваются. Дальнейшая интерпретация полученных результатов обычно остается за пользователем и/или разработчиком системы ЦОС, который на ее основании принимает окончательное решение. Обучающиеся алгоритмы позволяют, таким образом, заменить человека на этапе интерпретации результатов, тем самым сведя участие человека лишь к непосредственному получению готовой «разжеванной» информации.

Например, пусть информационный сигнал  $x(t)$  представляет собой электрический сигнал, который несет информацию о состоянии некоей величины (например, о звуке, снятом с микрофона и др.). Для того, чтобы проанализировать сигнал  $x(t)$  можно применить преобразование Фурье, тем самым найдя амплитудный и фазовый спектры сигнала. В зависимости от поставленной цели исследования дальнейшее понимание закономерностей, которые имеются в амплитудном спектре, может представлять собой весьма нетривиальную задачу. В случае более сложных методов спектрального анализа интерпретацию его результатов зачастую вообще нельзя осуществить непосредственно. В таком случае требуется некий алгоритм, который бы позволил определить, удовлетворяет ли исходный сигнал тому или иному диагностическому критерию на основании его спектральных данных.

Одной из самых распространенных моделей машинного обучения является искусственная нейронная сеть (ИНС) Румельхарта [3]. Она представляет собой несколько слоев нейронов (входной, скрытый и выходной), соединенных между собой связями с определенными наборами весовых коэффициентов  $\Theta(1)$  и  $\Theta(2)$  (рис. 2).

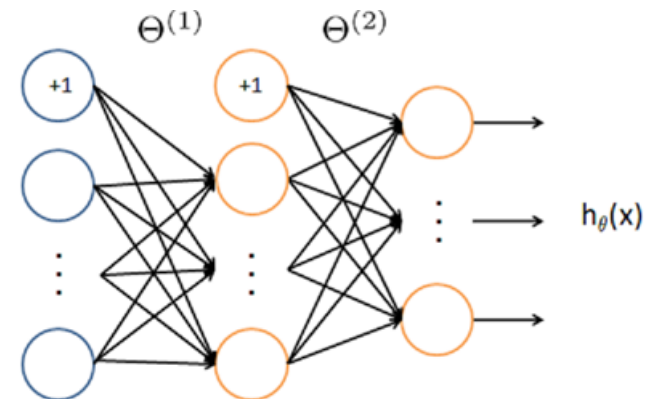


Рисунок 2 – Структура ИНС Румельхарта

На вход нейронов первого слоя поступают параметры, которые необходимо интерпретировать (например, результаты спектрального анализа). На каждый нейрон второго слоя поступает сумма числовых значений нейронов первого слоя с учетом весовых коэффициентов связей. Указанная сумма является аргументом для функции активации нейронов, которой в классическом случае служит сигмоидное преобразование:

$$\sigma(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}. \quad (1)$$

Преобразование входных данных проводится согласно следующей схеме. Изначально массив входных данных  $x$  присваивается нейронам входного слоя:

$$a^{(1)} = x. \quad (2)$$

Далее происходит умножение массива параметров входного слоя на матрицу весовых коэффициентов с последующим применением к ней функции активации:

$$\begin{aligned} z^{(2)} &= \theta^{(1)} a^{(1)} \\ a^{(2)} &= \sigma(z^{(2)}). \end{aligned} \quad (3)$$



Формула (3) позволяет рассчитать коэффициенты второго слоя. Для вычисления коэффициентов третьего слоя процедура аналогична:

$$\begin{aligned} z^{(3)} &= \theta^{(2)} a^{(2)} \\ a^{(3)} &= \sigma(z^{(3)}) = h_{\theta}(x) \end{aligned} \quad (4)$$

где  $h_{\theta}(x)$  – результирующая гипотеза ИНС, представляющая собой массив параметров, размерность которого равна количеству выходных нейронов. В частности, если последний слой имеет один выход (что часто встречается в простых регрессионных задачах), то  $h_{\theta}(x)$  представляет собой скалярную величину.

Чаще всего изначально весовые коэффициенты ИНС присваиваются ей случайным образом. Процесс обучения нейронной сети, таким образом, сводится к изменению весовых коэффициентов связей в соответствии с определенными правилами. Наибольшее распространение получил алгоритм обратного распространения ошибки, который подразумевает наличие учителя. Под учителем в теории МО подразумевается источник (чаще всего, пользователь ИНС), который обладает правильными ответами, необходимыми для обучения нейронной сети.

Процесс обучения в соответствии с вышеуказанным методом протекает следующим образом. Учитель определяет массив правильных ответов  $y(t)$ , который представляет собой набор однозначно заданных значений выходных параметров, соответствующих определенному набору входных параметров. Для дальнейшего обучения вычисляется разница между ответами ИНС и учителя, пропорционально которой в дальнейшем изменяются все весовые коэффициенты сети. Метод обратного распространения ошибок подробно изложен в [3] и в данной статье не рассматривается.

Процесс обучения ИНС продолжается до тех пор, пока не будет выполнено условие минимизации целевой функции сети:

$$J(\theta) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^K [-y_k^{(i)} \log((h_{\theta}(x^{(i)}))_k) - (1 - y_k^{(i)}) \log(1 - (h_{\theta}(x^{(i)}))_k)], \quad (5)$$

где  $K$  – кардинальное число множества возможных вариантов ответа ИНС,  $m$  – количество наборов входных параметров.

Несмотря на тот факт, что ИНС являются широко известным и распространенным способом интерпретации данных и распознавания образов, имеется ряд открытых проблем, касающихся оптимизации их работы и обучения [4]. Например, никем не было доказано, что увеличение или уменьшение количества скрытых слоев в структуре ИНС позволяет эффективно и предсказуемо влиять на быструю сходимость алгоритма

обучения. Аналогично стоит проблема и с количеством нейронов в скрытых слоях ИНС.

После изучения литературы по данной тематике и опыта применения ИНС в диагностике асинхронных машин с короткозамкнутым ротором [5] были определены дальнейшие направления работы в области оптимизации процесса обучения ИНС:

1. Использование иных функций активации помимо сигмоидного преобразования, включая гладкие специальные функции, удовлетворяющие необходимым условиям.

2. Изменение типа весовых коэффициентов массивов  $\Theta(1)$  и  $\Theta(2)$  с возможностью использования связей на комплексных или гиперкомплексных числах, либо с переходом к групповым преобразованиям.

3. Изменение структуры ИНС для оптимизации процесса обучения и улучшения сходимости алгоритма, введение обратных связей и дополнительных нейронов смещения в структуру сети и пр.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко – СПб. : Питер, 2002. – 608 с. : ил.
- 2 Левалле, Дж. Введение в анализ данных с применением непрерывного вейвлет-преобразования // Пер. с англ. – СПб. : АБТЭК, 2000.
- 3 Ng, A. Machine Learning. – Stanford Video Lectures. – 2012. – URL: <https://class.coursera.org/ml-2012-002/class/index>
- 4 Haykin, S. Neural Networks and Learning Machines // 3rd Edition. – Prentice Hall, 2009.
- 5 Новожилов, А. Н., Антонцев, А. В., Крюкова, Е. В., Исупова, Н. А., Новожилов, Т. А. Диагностика эксцентриситета ротора электрической машины переменного тока с использованием искусственных нейронных сетей // Вестник ПГУ. Серия Энергетическая. – №1. – 2013.

Материал поступил в редакцию 12.10.15.

*А. В. Антонцев*

**Машина міндеттерін цифрлық сигналдарды өңдеу үшін оқыту әдістерін қолдану перспективасы**

С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 12.10.15 баспаға түсті.

A. V. Antontsev

### The prospects of machine learning application in digital signal processing issues

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.  
Material received on 12.10.15.

*Осы мақалада білім алушылардың цифрлық сигнал өңдеу міндеттерді шешу үшін алгоритмін қолдану қарастырылады. Машина оқытудың тәсілдерін жетілдіру процесін қарау шеңберінде оқыту көп қабатты перцептрондардың болашақтағы бағыттары белгіленеді.*

*In this paper the application of learning algorithms is considered for solving the issues of digital signal processing. The areas of further improvement in multilayer neural networks learning methods are specified within the consideration of the machine learning process.*

УДК 622.276.52

**А. А. Дуненова**

докторант, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы

### СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ДОБЫЧИ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ

*Представлен обзор запасов высоковязкой нефти за рубежом и на территории Казахстана. Рассмотрены эффективные методы воздействия на залежь высоковязкой нефти.*

*Ключевые слова: высоковязкая нефть, битум, нефтеотдача, трудноизвлекаемые запасы.*

Современный этап развития нефтегазовой промышленности связан с ростом доли трудноизвлекаемых запасов. Высоковязкие нефти (ВВН) относятся к трудноизвлекаемым запасам, и отличается от обычных нефтей повышенной вязкостью в естественных условиях и комплексным составом. По разным оценкам запасы высоковязких тяжелых нефтей и природных битумов составляет от 790 млрд. т. До 1 трлн. т., что 5 – 6 раз больше остаточных извлекаемых запасов нефтей малой и средней вязкости, составляющих примерно 162 млрд. тонн. В странах с развитой промышленностью они

рассматриваются не как резерв добычи нефти, а рассматривается в качестве основной базы развития на ближайшие годы. Большинство ресурсов высоковязкой нефти сосредоточено между тремя континентами – Северная Америка, Южная Америка и Евразия. Так, основные запасы ВВН (более 82 %) размещаются в Западно-Канадском (Канада) и Оринокском бассейнах (Венесуэла). Россия обладает большими ресурсами вязкой нефти, где их общая доля составляет более 11 % общемировых ресурсов [1].

Разведанных запасов тяжелых нефтей и природных битумов гораздо меньше, но все же больше известных на данное время запасов легких и средних нефтей (рис. 1) [2].

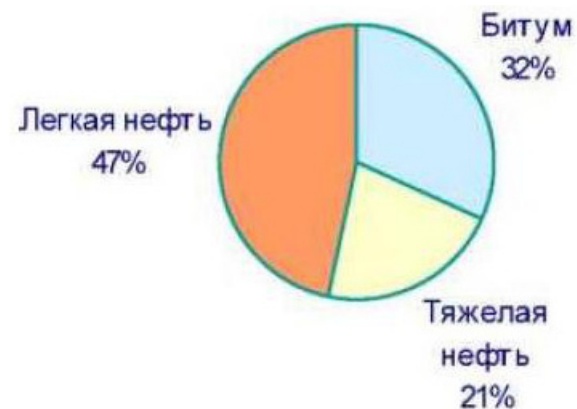


Рисунок 1 – Соотношение разведанных запасов нефти, тяжелой нефти и природного битума

Два самых крупных в мире месторождения – это месторождения тяжелой нефти в районе Ориноко в Западной Венесуэле и битумы битуминозного песка на восточном склоне бассейна Западной Канады, общие начальные запасы нефти которых составляют 3600 млрд. бар. в пласте, в зависимости от развития технологии извлекаемые запасы составляют порядка 900-12 млрд. бар [2]. Для сравнения текущие мировые запасы традиционной нефти составляют 952 млрд. бар. нефти по подсчетам Геологической Службы США. При условии разработки всего Ориноко можно добыть максимум 60 млрд. баррелей в течение следующих 30 лет. Другими словами, реальный вклад Ориноко в течение следующего десятилетия, 2010-2020 гг., будет не более 3 млн. баррелей.

На рис. 2 представлено распределение ВВН по странам, расположенным в Африке и Евразии. Из рис. 2 видно, что на указанной территории более 90 % ВВН располагаются в России, Казахстане и Украине [3].



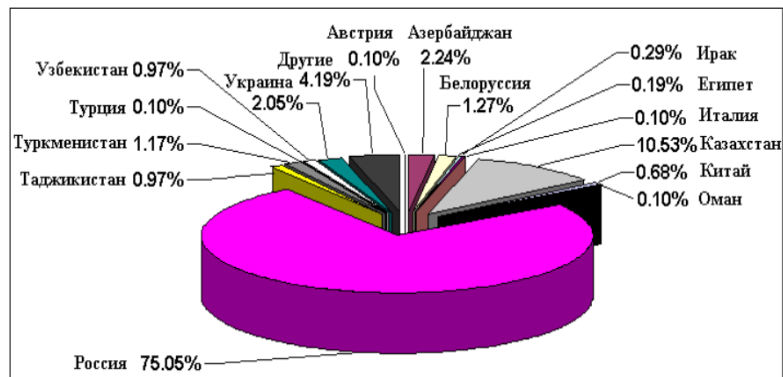


Рисунок 2 – Распределение высоковязких нефтей по странам мира

В Казахстане также преобладают значительными запасами трудноизвлекаемых нефтей, и их объем составляет около 720 млн. т. Основным месторождениям тяжелых нефтей в Казахстане можно отнести нефти в Западной Казахстане, и на полуостровах Мангышлак Бузачи на которых открыто более 30 месторождений высокопарафинистой нефти. Из них в промышленной разработке находятся месторождения Узень, Жетыбай, Северные Бузачи, Каражанбас, Каламкас, Кенкияк. Нефтяное месторождение Каражанбас является одним из крупных неглубокозалегających (250-500 м) месторождений высоковязких нефтей Западного Казахстана.

Доля трудноизвлекаемых запасов увеличивается в основном за счет прироста запасов в низкопроницаемых коллекторах и остаточных запасов нефти месторождений, находящихся на поздней стадии разработки. Разработка месторождений с трудноизвлекаемыми запасами с применением традиционных технологий характеризуется низкими значениями нефтеотдачи, не превышающими 10-25 %. Для разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами необходимо применять современные технологии методов увеличения нефтеотдачи, обеспечивающих увеличение, как коэффициента вытеснения, так и коэффициента охвата [1].

Таблица 1 – Прогноз добычи нетрадиционных источников жидких углеводородов до 2035 г. млн. баррелей в день [4].

Показатели	2015	2020	2025	2030	2030
Нетрадиционные источники жидких углеводородов	6,1	7,6	9,1	10,8	12,9
Битуминовые/нефтяные пески	2,4	2,9	3,5	4,2	5,2
Сверхтяжелые нефти	0,8	1,1	1,2	1,4	1,5

Жидкие топлива из угля (CTL)	0,3	0,5	0,8	1,1	1,4
Жидкие топлива из газа (CTL)	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
Битуминовые сланцы	0	0	0,1	0,2	0,4

В последние годы растут объемы добычи тяжелых нефтей, составляя по разным оценкам около 13 % от общемировой. Еще в 2000 г. в мире из тяжелых нефтей добывалось лишь 37,5 млн. т, в 2005 г. – 42,5 млн. т, а к 2015 гг. по прогнозу может составить уже около 200 млн т, но при мировых ценах на нефть не ниже 60 долларов за баррель нефти [4].

Добыча трудноизвлекаемых нефти, транспортировка её к пунктам сбора и подготовки и, наконец, переработка с целью получения конечных продуктов – одна из актуальных задач нефтедобывающей промышленности.

Разработка месторождений с вязкой и высоковязкой нефтью может проводиться как на естественных режимах, так и с применением методов воздействия. Разработка месторождений на естественном режиме может проводиться по следующим технологиям:

#### 1. Карьерный или шахтный способ.

Карьерный способ применяется на глубинах залегания до 50 м, основан на экстрагировании углеводородов, что определяет высокий коэффициент нефтеотдачи – до 65-85 %.

#### 2. «Холодные» технологии.

Разработка месторождений высоковязкой нефти на режиме истощения ведется с применением горизонтальных или многозабойных скважин [1].

Технология SHOPS (впервые применена в Канаде в 80-х годах прошлого столетия) применяется в терригенных коллекторах с высоковязкой нефтью, без ограничения глубины залегания пласта и при отсутствии подошвенной воды. Технология предусматривает эксплуатацию скважин при очень высоких депрессиях, приводящих к разрушению слабосцементированного коллектора. Добываемая продукция представляет собой смесь нефти и песка. Коэффициент нефтеотдачи не превышает 10 %.

Разработка месторождений с вязкой нефтью (до 100 мПа·с) с воздействием на пласт связана с применением физико-химических методов увеличения нефтеотдачи: закачка растворителей, полимерное заводнение, закачка оторочек ПАВ.

Наиболее эффективными методами воздействия на залежи высоковязкой нефти являются тепловые методы увеличения нефтеотдачи [4].

Применение тепловых методов основано на способности нефтяного пласта накапливать и передавать тепловую энергию. Перенос тепла в основном осуществляется за счет теплопроводности и конвекции. Рабочим агентом при применении тепловых методов является вода, которая переносит больше тепла, приходящегося на единицу массы, чем любая другая жидкость.

Классификация тепловых методов:

- закачка горячей воды;
- закачка пара;
- внутрислоевого горение.

Закачка горячей воды. К основным механизмам увеличения нефтеотдачи при закачке теплоносителя в пласт относятся:

- изменение вязкости нефти и воды
- изменение фазовых проницаемостей;
- тепловое расширение пластовой системы.

Для более вязкой нефти характерны и более высокие темпы снижения вязкости при нагреве, вязкость воды снижается в значительно меньшей степени. Более резкое снижение вязкости нефти происходит при нагреве до 50-80 °С.

Снижение вязкости нефти, изменение относительных фазовых проницаемостей при нагреве приводит к снижению остаточной нефтенасыщенности, к снижению скорости фронта вытеснения и к увеличению добычи нефти за безводный период.

Закачка пара. Наиболее эффективным рабочим агентом является насыщенный водяной пар высокого давления – 8-15 МПа.

При закачке пара в пласте может происходить процесс дистилляции - испарение легких фракций углеводородов, перенос их по пласту и конденсация в менее прогретой части. Этот процесс приводит к снижению вязкости вытесняемой нефти и улучшается (снижается) соотношение подвижностей нефти и воды.

Метод внутрислоевого горения основан на инициировании экзотермических окислительных реакции при закачке в пласт воздуха и характеризуется сложными физико-химическими процессами. При реализации внутрислоевого горения используется тепловая энергия, получаемая при окислении тяжелых фракций нефти, часто называемого «коксом». Вытеснение нефти происходит за счет комплексного воздействия паром, горячей водой, газами горения, растворителями, ПАВ и др.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Назарова, Л. Н.** Разработка нефтегазовых месторождений с трудноизвлекаемыми запасами: Учеб. пособие для вузов. – М. : РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, 2011. – 156 с. : ил. ISBN 978-5-91961-010-6

2 **Щепалов, А. А.** Тяжелые нефти, газовые гидраты и другие перспективные источники углеводородного сырья. Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород : Нижегородский госуниверситет, 2012. – 93 с.

3 **Полищук, Ю. М., Ященко, И. Г.** Высоковязкие нефти: анализ пространственных и временных изменений физико-химических свойств // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2005. – №1.

4 Статьи из Интернета.

Материал поступил в редакцию 25.09.15.

*А. Ә. Дуненова*

**Жоғары тұтқырлы мұнайды өндірудің қазіргі жағдайы**

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ.  
Материал 25.09.15 баспаға түсті.

*A. A. Dunenova*

**Current state of high oil production**

Kazakh National Research  
Technical University after K. I. Satpaev, Almaty.  
Material received on 25.09.15.

*Қазақстандағы және шетелдегі жоғары тұтқырлы мұнайдың қорларына шолу жасалынды. Жоғары тұтқырлы мұнай кеніштеріне тиімді әсер ету әдістері қарастырылды.*

*The article presents an overview of heavy oil reserves abroad and in Kazakhstan. Also, effective influence methods on heavy oil reservoirs are considered.*

УДК 621.31 (03)

**М. Н. Камбаров<sup>1</sup>, Б. Ж. Унайбаев<sup>2</sup>, А. С. Кайназаров<sup>1</sup>,  
К. Т. Саканов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз, <sup>2</sup>д.т.н., профессор, ректор, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз; <sup>3</sup>Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

## ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА КАЗАХСТАНА

*Приводятся объемы ветроэнергии по областям РК, обосновывается необходимость производства специальных ветротурбин для их освоения.*

*Ключевые слова: ветроэнергетика, ветротурбина, энергоресурс, бренд, энергетический потенциал.*

В связи с проведением ЭКСПО 2017 под девизом «Энергия будущего» и брендом «Ветряная энергетика», постановления Правительства РК о развитии возобновляемых энергоресурсов (ВЭР) в настоящее время активизировались работы по строительству ВЭС, ГЭС, СЭС. Однако их суммарная мощность менее 1 % от требуемого. Ветровую энергию (ВЭ) с 1 км<sup>2</sup> в РК можно получить на 80 % больше чем в Европейских странах, а в Жунгарских воротах – на 330 %. Ветровая энергия является наиболее универсальным видом ВЭР для всей территории РК. Ввод ВЭС протекает гораздо быстрее чем ТЭС, ГЭС, АЭС. Эти преимущества определяют необходимость ускоренного развития ВЭС. Для строительства ВЭС необходимо, знать:

- энергетический потенциал ветров на площадке строительства ВЭС;
- топографию местности, удаленность электросетей от ВЭС и их мощность;
- транспортную инфраструктуру (доступность авто и ж/д, дороги).

При выборе площадки строительства ВЭС необходимо использовать ветровой атлас Казахстана. Это многослойная географическая карта распределения долгосрочной среднегодовой скорости ветров (СГСВ) на высоте 80 м. Атлас [1] доступен в виде отпечатанных карт, ГИС информации в программной среде векторной графики MapInfo (рисунок 1) -использования в интегрированных программах развития. Атлас разработан по данным измерения энергии ветров в соответствии с международным стандартам ВЭ на 12 площадках РК (рисунок 2) по программе Правительства РК, ПР ООН «Развитие рынка ветровой энергии Казахстана» в 1997-1999 и 2004-2008гг.

Атлас позволяет оценить СГСВ и коэффициенты использования установленной мощности (КИУМ) ВЭС, отношение числа часов использования номинальной мощности ВЭС к общему числу часов в году. От этого показателя зависит годовая выработка э/э на ВЭС. Чем выше этот показатель, тем больше выработка и меньше себестоимость э/э. В западных странах КИУМ в среднем ниже 2000 часов, но он считается коммерчески выгодным поскольку цены на э/э в этих странах в 2-3 раза выше цен в РК. Для стимуляции инвестиции в ВЭС постановлением Правительства РК (2014) гарантируется в течение 15 лет покупку э/э от ВЭС на уровне 13 цент/кВт-ч, что выше цены по стране на 40%. Это решение принято для стимуляции инвестиции в ВЭС по РК.

Ветровые регионы по содержанию энергии распределяются на низкие, средние, высокие, повышенные и избыточные(см. таблицу 1). Следует отметить, что в связи с потеплением климата на Земле ветра повсеместно усиливаются.

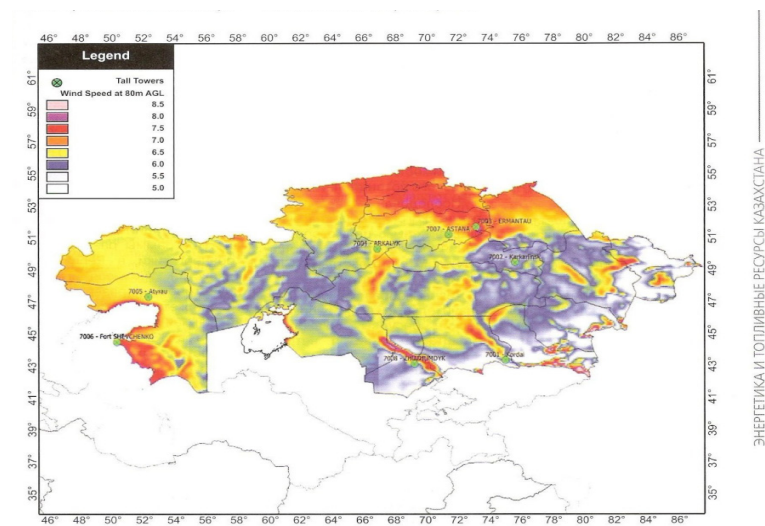


Рисунок 1 – Ветровой атлас Казахстан.  
Report of PB Power. UNDP, Kazakhstan

В северной зоне РК (СЗ) наиболее мощные ветрорегионы это Ерейментауский (Акм обл) и Шедертинский (Павл. обл). Здесь же проходят трассы мощных линий электропередач (ЛЭП) 110 кВ, 220 кВ, 500 кВ и даже уникальная в мире ЛЭП 1150 кВ. Следовательно существующая здесь электросетевая инфраструктура способствует строительству ВЭС. Сейчас в Ерейментау построена ВЭС 45 МВт, но это малая доля от возможного

энергетического потенциала региона. Имеется один отрицательный фактор. Сильные ветра имеют высокую турбулентность. Так, при турбулентности в 15 % мощность импортных ВТ может упасть на 35 %.

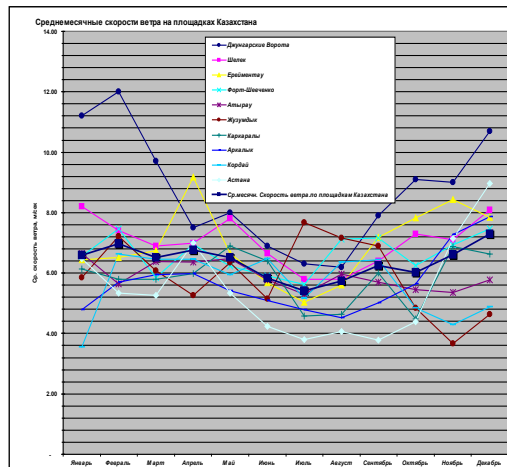


Рисунок 2 – Обобщенные результаты измерений СГСВ в 10 регионах РК

Потенциал Южной зоны РК (ЮЗ) составляет примерно 24 % общего, что в 5 раз превышает современную выработку э/э. Здесь климат мягче, но зона подвержена сейсмическим воздействиям (до 9 баллов). Это серьезное ограничение по использованию универсальных ВТ (западного или Китайского производства). Наиболее притягательна для развития ВЭ это Алматинская область. Ветра алматинского региона обладают высоким, повышенным (Шелек) и даже избыточным (Жунгарские ворота) потенциалом энергии. В Шелекском коридоре планируется строительство крупных ВЭС. Ранее в Дж.в была установлена ВТ 400 кВт (в 2000 г.), но она не работает до сих пор из-за турбулентности его сильных ветров. Требуется специальная ВТ адаптированная к сильным ветрам РК.

Потенциал ветров Западной зоны РК в 4 раза превышает современную выработку э/э. Однако здесь низкая плотность населения и слабо развитая электросеть (ЭС). Это сдерживающий фактор. ВЭС необходимо строить недалеко от городов. Сейчас в районе Ф-Шевченко планируется строительство ВЭС 42 МВт.

Таблица 1 – Распределение энергии ветра по зонам РК (северная, южная, западная и в целом по РК)

Категория ветра по энергии		Низкие	средние	высокие	повышенные	избыточные
СГ СВ	Площ км <sup>2</sup>	до 6 м/с	6-7 м/с	7-8 м/с	8-9 м/с	более 9 м/с
Наимен. области		Площ км <sup>2</sup>	Площ км <sup>2</sup>	П л о щ , км <sup>2</sup>	Площ, км <sup>2</sup>	Площ, км <sup>2</sup>
<b>1.Северная зона</b>						
Акмолинская	146 300	45 500	85 200	15 500	0	0
Вост -Казахстан	283 300	241 300	40 800	1 200	0	0
Карагандинская	428 000	343 100	84 600	300	0	0
Костанайская	196 000	81 500	114 500	0	0	0
Павлодарская	124 800	37 700	87 100	0	0	0
Сев -Казахстан	98 040	0	82 800	15 200	0	0
Всего по северн зоне		749 100	495 000	32 200	0	0
<b>2.Южная зона</b>						
Алматинская	224 000	197 300	20 000	5 300	1 200	200
Жамбыльская	144 200	106 200	36 800	1 200	0	0
Кзылординская	226 000	193 100	29 100	3 800	0	0
Юж -Казахстан	117 300	102 400	11700	3 200	0	0
Всего по южн зоне		599 000	97 600	13 500	1 200	200
<b>3.Западн. зона</b>						
Актюбинская	300 600	254 400	46 200	0	0	0
Атырауская	118 600	58 100	60 50	0	0	0
Зап-Казахстан	151 300	61 400	89 900	0	0	0
Мангыстауская	165 000	73 200	87 700	<b>4 800</b>	0	0
Всего по запад. зоне		373 900	142 150	0	0	0
Всего по ветроре-гионам РК, км2.	2 454 200 или 90%	1 722 000	680 300	50 500	1 200	200
Всего по сев. зоне %	51.9	30,5	20,1	1,3	0	0
Всего по юж. зоне %	25.4	20.4	3.9	0.5	0.05	0.001
Всего по зап. зоне %	20.8	15.1	5.7	0	0	0
Всего по РК %	98,1	68%	29.7%	1.8%	0.05%	0.001%
<b>Удельн плотность ВЭ, МВт/ км2</b>		<b>2</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>14</b>
Мощность, МВт	7 486 300	3 590 400	3 507 600	353 500	12 000	2800
Среднее к-во часов исп-я ном. ч.	по РК = 1888.22	1700	2000	2628	3200	4200
Выработка э/э (млн кВт-ч).	По РК= 14 098 040	<b>6 103 680</b>	<b>7 015 200</b>	<b>929 000</b>	<b>38 400</b>	<b>11 760</b>
В процентах (%)	по РК 100	<b>43,295</b>	<b>49,760</b>	<b>6,59</b>	<b>0,272</b>	<b>0,083</b>
Кратность к выработке э/э всеми ЭС РК	140 раз	61 раз	70 раз	9,3 раза	0,38	0.12раз
То же, с учетом непригодных земель	22,3 раза	11 раз	9 раз	2 раз	0,2 раз	0,10 раз



Особо следует отметить, что инвесторы в проектах ВЭС для всех зон РК ориентируются на использование дорогих импортных ветротурбин, которые не адаптированы к сильным ветрам РК. Это повышает себестоимость э/э и сдерживает развитие ВЭС. Нужно искать пути снижения себестоимости [2].

Отдельные специалисты (энергетики) полагают, что в РК нужно строить ВЭС, с суммарной мощностью не более 10 % мощности всех ЭС, т.е. порядка 1300 МВт. Объясняют тем, что в отсутствии ветра дисбаланс э/э должен компенсироваться резервными ЭС, а их пока нет.

Таблица 2 – Балансы генерирующих мощностей и их потребления по РК

Зоны РК	Население (тыс. чел)	Генерация мощности, МВт	Потребление мощности, МВт	Дефицит (-) Избыток (+)
северная зона	7082	8609	8299	+690
южная зона	7550	2345	3290	- 945
западная зона	2610	1052	1211	+57
Баланс по РК	17 242	12 006	12 340	- 334

Однако это мнение ошибочно. Если бы ОЭС РК работала изолированно, мнение этих специалистов было бы обоснованным. Но ОЭС РК объединена с помощью 8 ЛЭП 500 кВ с ОЭС России (мощность которой в 10 раз больше) и 3 ЛЭП 500 кВ с ОЭС стран Центральной Азии. Общая пропускная способность всех ЛЭП более 10 000 МВт. Следовательно имеется 10 кратный запас. В перспективе ОЭС РК будет соединена с ОЭС Китая, путем ввода ВЭС мощностью 40 000 МВт, то это будет в 3 раза больше мощности всех ЭС РК [3]. К тому же территория Казахстана огромная. Если в одной зоне ветер стихает, то в другой будет усиливаться. Даже в Алматинской области ветра Шелека и Жунгарских ворот, удаленные друг от друга на 700 км, находятся в противофазе (рисунок 3). Объединенная энергосистема (ОЭС) РК достаточно надежно связывает все вышеуказанные энергозоны РК, а в дальнейшем связи между ними будут только усиливаться, что создаст надежный каркас и возможности по обмену мощностями ВЭС между зонами.

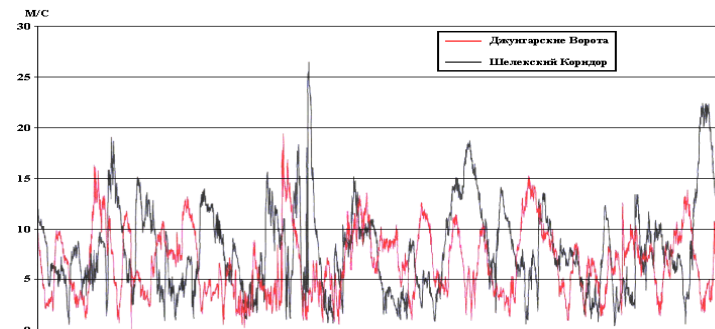


Рисунок 3 – Сила ветра в Шелека и Ж. ворот

Следовательно присоединенные ВЭС всех зон РК к электросетям ОЭС РК будут обеспечивать э/э круглосуточно, без перерывов. Помимо того в РК имеются ГЭС. Планируется и уже осуществляется строительство ГЭС в ЮКО и ВКО. Сочетание ВЭС и ГЭС подключенных к единой электросети очень удачное. В теплые сезоны года из-за таяния снегов и ледников увеличивается водность и мощность горных ГЭС, а в холодные сезоны – увеличивается ветровая активность (рисунок 4), что в сумме даст ровный график выработки э/э от ВЭР. Следовательно выше изложенные опасения специалистов не обоснованы.

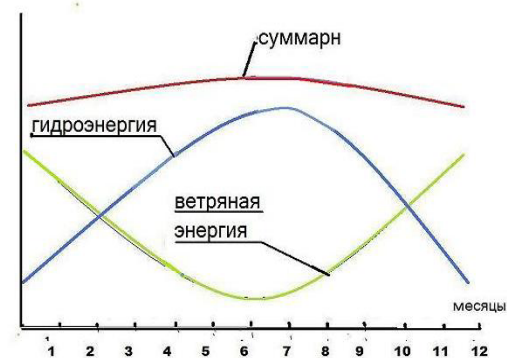


Рисунок 4 – График ВЭС

В себестоимости э/э ВЭС, отсутствует стоимость сырья (ветер даровый), что снижает ее. Однако используемые импортные ветротурбины дорогие, доставка их за тысячи км и монтаж крупногабаритных конструкции повышает себестоимость э/э. Необходимо отказываться от импорта ВТ,



а производить ВТ в РК адаптированным к ветровым зонам. При этом строительство ВЭС будет удешевляться, будет экономиться валюта, будут развиваться соответствующие отечественные производства, повысится трудовая занятость населения.

Выше указанные ветровые зоны РК имеют существенные ограничения по использованию универсальных импортных ВТ. Это сильные морозы, турбулентность сильных ветров, сейсмика. Нами разработана ВТ адаптированная к специальным ветровым зонам РК. Себестоимость производства этих ВТ в два раза ниже импортных [2]. Разработка стала победителем Мирового и Азиатского конкурсов инновационных Бизнес-Проектов. Ряд инвесторов намерены использовать отечественную ВТ в проектах ВЭС.

Следует добавить, что практически все ЭС РК расположены в крупных городах, промышленных центрах. От них идут радиальные протяженные (до 600-700 км) распределительные ЛЭП. Потери э/э в распределительных сетях РК доходят до 20 %. Следовательно ВЭС нужно строить ближе в концах ЛЭП разгружая их, и потери резко снизятся. Если, к примеру, мощность по ЛЭП за счет ВЭС снизить в 2 раза, потери уменьшатся в квадратичной зависимости т.е. в 4 раза. Следовательно цена доставки и цена э/э при этом понизится, а надежность повысится. Это важно для всех категорий потребителей и товаропроизводителей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Жильцов, В. Г.** Ветровой атлас Казахстана. Энергетика и топливные ресурсы Казахстана. – №12. – 2013. – С. 66-77.

2 **Камбаров, М. Н.** Возобновляемые энергетические ресурсы Казахстана. Монография. – Астана : ЕНУ им. Л. Гумилева, 2013. – 360 с.

3 **Кадыржанов, А. К., Камбаров, М. Н.** Повышение экспортного потенциала электроэнергетики Казахстана. Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. – №2(56). – 2015. – С. 81-87.

Материал поступил в редакцию 10.12.15.

*М. Н. Камбаров<sup>1</sup>, Б. Ж. Унайбаев<sup>1</sup>, А. С. Кайназаров<sup>1</sup>, К. Т. Саканов<sup>2</sup>*  
**Қазақстанның жел энергетикасы**

<sup>1</sup>Академик Қ. И. Сәтбаев атындағы  
Екібастұз инженерлік-техникалық институты, Екібастұз қ.

<sup>2</sup>С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 10.12.15 баспаға түсті.

*М. N. Kambarov<sup>1</sup>, B. G. Unaibaev<sup>1</sup>, A. S. Kainazarov<sup>1</sup>, K. T. Sakanov<sup>2</sup>*

## Wind energy of Kazakhstan

<sup>1</sup>Ekibastuz Engineer Technical Institute  
after K. Satpayev, Ekibastuz;

<sup>2</sup>S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 10.12.15.

*ҚР желдер қуаттарының облыстар бойынша көлемдері көрсетілді, оларды пайдаланатын арнайы арзан жел турбинасы Қазақстанда шығару керектігі дәлелденген.*

*The volumes of wind energy potential in the RK oblasts are shown. Necessary cheap special wind turbines are produced in the Kazakhstan for mass wind plants erection.*

УДК 621.31 (03)

**М. Н. Камбаров<sup>1</sup>, Б. Ж. Унайбаев<sup>2</sup>, А. С. Кайназаров<sup>1</sup>,  
К. Т. Саканов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз, <sup>2</sup>д.т.н., профессор, ректор, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз;

<sup>3</sup>Павлодарский государственный университет имени С.Торайгырова, г. Павлодар

## ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ ВЕТРОЭНЕРГОПОТЕНЦИАЛА ЖУНГАРСКИХ ВОРОТ

*Показывается потенциал ветроэнергетики в Жунгарских воротах. Определены технические средства производства электроэнергии с пониженной себестоимостью. Проводится сопоставление предельных средств с существующей ситуацией в электроэнергетике.*

*Ключевые слова: ветроэнергетика, жунгарские ворота, потенциал, электроэнергия, мощность ветра, ветротурбина.*

Одним из перспективных в мире ветрорегионов для получения э/э являются Жунгарские ворота. Они расположен восточнее оз. Алаколь до границы с Китаем. Это межгорный проход, шириной до 13 км и длиной до

90 км. Регион (свыше 1300 км<sup>2</sup>) расположен в РК. Южный борт крутой (до 3500 м), противоположный – до 1800 м. Проход соединяет обширную (сотни тысяч км<sup>2</sup>) Балхаш - Алакольскую равнину в РК и аналогичную в КНР (Алашанькоу). Они разделены горным хребтом Жетысуйского Алатау, а указанный проход, пересекающий его, создает подобие природной аэродинамической трубы. Здесь попеременно в противоположных направлениях дуют ветра – «Евгей» из КНР (70%) и «Сайкан» из РК (30%). Жунгарские ворота – это редкий пример орографического усиления ветров, обусловленный резким уменьшением сечения воздушного потока в горном проходе (см. рисунок 1, снимок из космоса).



Рисунок 1 – Снимок с территории, 450x250 км. Голубое оз. Алаколь (110 км), вверху слева зеленое оз. Эби-Нор ( КНР). Ж. в. находятся между ними. Граница с КНР немного ниже оз Эби-Нор (на выходе из Жунгарских ворот).

В Ж. в. действует ж/д., две ЛЭП 110 кВ, есть метеостанция Жаланашколь (с 1961 г.) на которой постоянно отмечаются ветра до 40 м/с, реже до 50 м/с. Мощность ветров на один км<sup>2</sup> превосходит потенциал ВЭС Западных стран в 6- 7 раз. Теоретические расчеты показывают, что выработка э/э с низкой себестоимостью в Ж. в. может составить более трлн. кВт-ч, т.е. в десять раз больше выработки э/э всеми электростанциями РК. В Ж. в. можно построить комплекс ВЭС состоящий из сотен ветротурбин (ВТ) большой мощности.

Ранее в конце 90-х годов предприятие «Алматыэнерго» провело исследование поля скоростей ветра в Ж. в. по программе Правительства РК и Глобального Экологического Фонда ПРООН. Эти исследования были выполнены для обоснования выбора местоположения ВЭС, а также для подбора соответствующей ВТ.

В условиях сильных турбулентных ветров в Дж. в. лопасти, вал и др. конструкции импортных универсальных ВТ (УВТ), на закуп которых ориентировано правительство РК, испытывают резкие изгибающие моменты и подвержены рискам поломки. Так, например установленная в 2000 г на ж/д ст. Достык в Ж. в. УВТ (рисунок 2) неоднократно ломалась, а потому до настоящего времени (15 лет) не работает



Рисунок 2 – Импортная ВТ на ст. Достык в Ж. в.

Зарубежные фирмы-производители УВТ в настоящее время избегают установки ВТ в Ж. в., потому как выбор ВТ здесь достаточно сложен. Импортируемые в РК УВТ дорогие (до 2 млн. долл. США), а стоимость их доставки и монтажа громоздких конструкций (башен, лопастей, гондол) требует дополнительных затрат.

В 2004 г. на правительственном уровне было решено построить в Ж. в. пилотную ВЭС мощностью 5 МВт. Однако проект не состоялся из-за его большой дороговизны и не соответствия рабочих характеристик УВТ ветровым параметрам региона. В 2012 г. за проект ВЭС 70 МВт взялась крупная фирма с привлечением Исламского Банка Развития. Было выполнено ТЭО ВЭС, но на этом реализация проекта закончилась. Дочерняя компания крупного энергетического Холдинга РК объявила в 2012 году о намерении построить крупную ВЭС в Ж. в., но до сих пор это осталось намерением.

Этой компании было рекомендовано (со стороны Холдинга) использовать специальные ВТ для Дж. в. отечественной разработки. В нескольких НИИ и ВУЗах РК с 1994 года было также объявлено о разработке ВТ для Ж. в. Однако все эти намерения вылились в выполнение мелких ветроустановок 2-3 кВт, т.е. малой мощности. Таким образом в течение последних 25 лет не преодолены главные проблемы, создания отечественной мощной промышленной ВТ адаптированной к ветрам Ж. в.

В настоящее время в РК промышленная ветроэнергетика только начинает развиваться. Страна готовится провести ЭКСПО-2017 «Энергия будущего», с брендом «Ветроэнергетика». В Стратегии развития РК объявлено, что к 2050 г. необходимо производить 50 % э/э на возобновляемых энергоресурсах. Для решения этой задачи стране нужны мощные и дешевые промышленные ВТ Мегаваттного класса для крупных ВЭС.

Известно, что мощность ВТ пропорциональна кубу (третьей степени) скорости ветра. Существует понятие среднегодовая скорость ветра (СГСВ). Это теоретическая скорость ветра, как если бы он дул непрерывно круглый год и был постоянной величиной. В реальности ветра разные. СГСВ суммирует все ветра (м/с) за год и делит их на число секунд. В среднем РК СГСВ выше 6 м/с. Это очень хороший показатель. В странах Европы он близок к 5 м/с, но они там считают, что потенциал их ветров очень высок. При составлении с СГСВ в Казахстане этот потенциал ниже в 1,3 раза. Следовательно мощность ВЭС в Европе соответственно будет в  $(1,3)^3 = 2,2$  раза меньше. В Ж. в. СГСВ около 9 м/с, а потому при сопоставлении ВЭС Европы их мощность будут в 7 раз ниже, а в целом по РК, более чем 3 раза.

Отметим, что применяемые в РК для ВЭС импортные универсальные ВТ (УВТ) работают (рисунок 2) по естественной кубической характеристике только в стартовом диапазоне (4–15) м/с, а в диапазоне (15–25) м/с их мощности держат постоянной величиной (рисунок 3), т.е. страхуясь от поломок. При 25 м/с УВТ отключают от электросети. Следовательно ветра (15–25) м/с и более энергонасыщенные, чем стартовые УВТ недоиспользуют. А потому выработка э/э на УВТ существенно снижается и составляет порядка 20% от возможного.

В Ж. в. имеется возможность использовать ветра до 40 м/с. Хотя вероятность их мала, но мощность ветров превосходит номинальную мощность ( $P_n$ ) УВТ при 15 м/с в  $(40/15)^3 = 19$  раз. Если принять, что вероятность продолжительности ветров 40 м/с в 20 раз меньше вероятности продолжительности ветров 15 м/с, (что так и есть), то возможные выработки э/э при указанных ветрах в течение года сравняются. Если учесть, что годовая выработка э/э рассчитывается путем умножения номинальной мощности  $P_n$  УВТ (при 15 м/с) на число часов работы при этой мощности получается, что теряется половина возможной годовой выработки э/э. Мощность УВТ при

30 м/с в 4 раза превышает  $P_n$ , а вероятность в 10 раз меньше. Здесь потеря выработка э/э составит уже 40 % от возможной выработки, при 25 м/с. В целом УВТ при работе на ветрах Ж. в. теоретически может использовать только 20 % ее энергии.

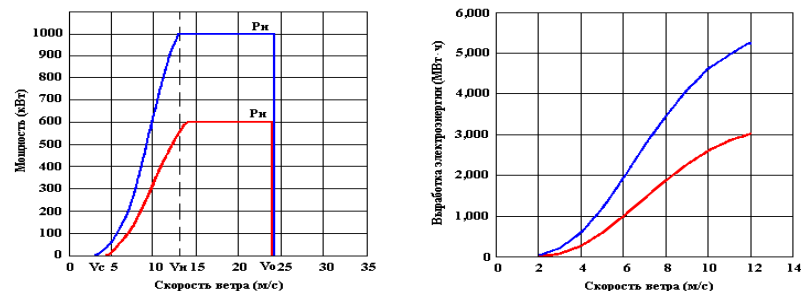


Рисунок 3 – Типичные характеристики ветротурбин 600 кВт (красная) и 1000 кВт (синяя): слева характеристика мощности от скор. ветра, справа годовая выработка э/э в зависимости от СГСВ  $V_c$  – скорость ветра стартовая,  $V_n$  – при номинальной мощности и  $V_0$  – отключения от сети

Теоретический к.п.д. любых ВТ – не превышает 60 %. УВТ дорогие – порядка 1800 долл./кВт. Их главный вал, лопасти, башня относятся к консольному типу закрепления т.е. один конец закреплен, а второй – свободен, а потому при сильных ветрах с турбулентными порывами, они подвержены сильным изгибающим моментам и рискам повреждения (см. рисунок 2).

Мощность ВТ пропорциональна подъемной силе (ПС) и площади лопасти. Мощность можно увеличивать не только за счет увеличения длины лопастей как это достигается в импортных ВТ, но и за счет ширины. Для этого нужно увеличить длину вала, широкие лопасти более эффективны. Увеличить длину главного вала УВТ не возможно (см. рисунок 2), т.к. он имеет консольное закрепления для увеличения длины необходимо иметь две опоры для вала. Это осуществлено в отечественной ВТ разработанной специально для сильных ветров в Ж. в. (рисунок 4).



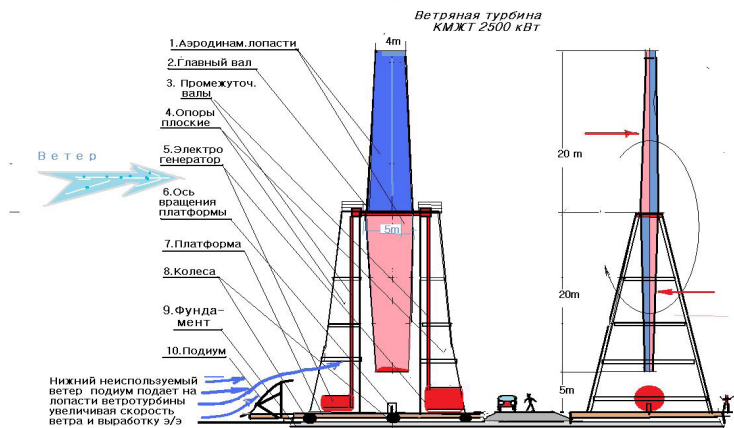


Рисунок 4 - Специальная отечественная ВТ разработанная для Ж. в.

Две опоры отечественной ВТ (рисунок 4) устраняют сильные изгибающие моменты в валу, лопастях и башне ВТ, а также сводят на ноль риски от сейсмического воздействия (сейсмика достигает 9-10 баллов). Сопоставление специальной отечественной ВТ (СВТ) с импортной универсальной УВТ по размерам и другим характеристиками приведено на рисунке 5 «а» и «б».

Описывать универсальную импортную УВТ нет необходимости, она широко известна инженерной общественности. Выработка э/э УВТ мощностью 1000 кВт составляет порядка 4400 МВт-ч при СГСВ 9 м/с. (см. правую часть Рис. 2) При мощности УВТ 3000 кВт выработка составит порядка 13200 МВт-ч (13,2 млн кВт-ч).

Параметры отечественной специальной ВТ следующие:

- вал СВТ длинный до 5 м;
- лопасти с меньшим радиусом (до 30 м), ширина в месте крепления к валу 5 м;
- лопасти оснащены тонкими барьерами для подавления турбулентности сильных ветров;
- опоры ВТ это две пары плоских стоек соответствующие габаритам лопасти.

Широкие лопасти и 4 плоские стойки соответствующие опорам имеют повышенную парусность и работают совместно как флюгер, ориентируя ВТ по направлению ветра.

Неподвижная ось ВТ толстостенная полая, внутри него пропускаются электрокабели от генераторов на фундамент и платформу ВТ.

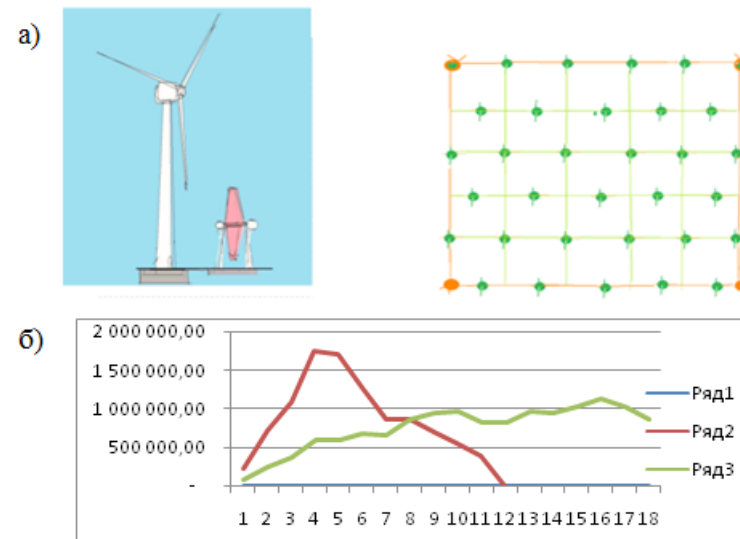


Рисунок 5 – Сопоставление универсальной и отечественной специальной ветротрубины (по габаритам, выработке э/э и размещению на площадке) (красная – УВТ, зеленая – специальная СВТ, площади под ними пропорциональны выработке э/э)

Красные точки – размещение УВТ на площадке ВЭС  
Зеленые точки – размещение отечественной ВТ на площадке ВЭС

Сопоставление проведем при условии одинаковой выработки э/э 13,2 млн. кВт-ч). Более точный расчет выработки э/э показывает 13,460 млн. кВт-ч.

Анализ показателей сравнительной таблицы свидетельствует о том, что СВТ имеет все преимущества перед УВТ. Он не имеет специального громоздкого механизма разворота ВТ на ветер наверху башни. Его исполняют (рисунок 8) 4 широкие опоры и 2 широкие лопасти имеющие большую парусность в виду чего работающие как флюгер. Они разворачиваются на подвижной платформе вокруг оси.

Два генератора расположены на оси между опорами. Один генератор имеет мощность в 1,7 раз выше номинальной и работает в диапазоне ветров от 5 до 25 м/с. Другой в 3 раза мощнее первого работает при ветрах от 25-40 м.с. Генераторы синхронные, оснащены системами «выпрямитель инвертор» поскольку обороты СВТ не постоянные, а переменные. Каждый генератор соединен с главным валом, к которому прикреплены лопасти СВТ, с помощью вспомогательных промежуточных вертикальных валов имеющих по концам

мультипликаторы числа оборотов. Их общее передаточное число равно произведению передаточных чисел пары мультипликаторов для каждого генератора.

Таблице 1 – Сопоставление параметров УВТ и отечественной СВТ

№	Параметры	Универсальная ВТ	Специальная ВТ
1	Выработка э/э в год кВт·ч	12 159 645	11 633 755
2	Мощность, кВт	2790 (при 14 м/с)	2131 (при 18 м/с)
3	Число часов исполыз. – номин. мощности	4358	5458
4	Радиус лопасти, м	30	12
5	Длина трубы крепления к валу, м	5	4
6	Общая длина допасти, м	35	16
7	Ширина лопасти у комля	3	5
8	Ширина конца лопасти	0,6	4
9	Площадь одной лопасти, м <sup>2</sup>	54	54
10	Число лопастей	3	2
11	Кэфф-т подъемной силы лопастей	1,8 ( без подавления турбулентности ветра)	2,8 (с подавления турбулентности ветра)
12	Высота опоры, м	80	20
13	Общий габарит ВТ, м	115	36
14	Эл. генератор, кВт	3000	Два ( 2500 +10 000)
15	Число об/ мин лопасти	6-14	3 -17
16	Общий вес. т	660	96
17	Объем фундамента, м <sup>3</sup>	300	60
18	Себестоимость ветротурбин, долл/ кВт	1400	930

Зависимость мощности и оборотов генераторов УВТ и СВТ от скорости ветра показан на рисунок 7

Поскольку ветра в Ж. в. кратковременные и сильные в зимнее время, то условия охлаждения генератора улучшаются. Второй, более мощный

генератор, может иметь мощность на 20 % ниже. Имеются приспособления для экстренного торможения лопастей СВТ.

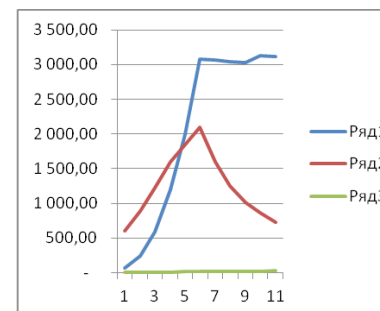


Рисунок 6 – Зависимость мощности и оборотов генераторов УВТ от скорости ветра. Синяя линия мощность в кВт, красная об/мин

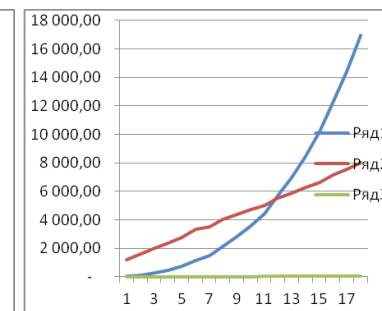


Рисунок 7 – Зависимость мощности и оборотов генераторов СВТ от скорости ветра. Синяя линия мощность в кВт, красная об/мин

На обоих рисунках цифру скорости ветра (ось абсцисс) необходимо удваивать.

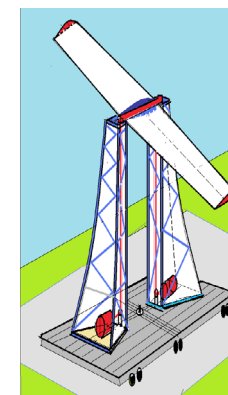


Рисунок 8 – Эскиз отечественной специальной СВТ

В настоящее время начато выполнение опытно-промышленного образца СВТ мощностью 0,24 и 1 МВт. Верхний габарит последней не превышает 40м. Проводятся работы по расчету параметров СВТ мощностью 2,5 МВт.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Камбаров, М. Н. Возобновляемые энергетические ресурсы Казахстана. Монография. – Астана : Евразийский национальный университет имени Л. Гумилева, 2013. – 360 с.

Материал поступил в редакцию 10.12.15.

*М. Н. Камбаров<sup>1</sup>, Б. Ж. Унайбаев<sup>1</sup>, А. С. Кайназаров<sup>1</sup>, К. Т. Саканов<sup>2</sup>*  
**Жоңғар қақпаларында желдету энергетика шамасын жүзеге асыру**

<sup>1</sup>Академик Қ. И. Сәтбаев атындағы  
 Екібастұз инженерлік-техникалық институты, Екібастұз қ.  
<sup>2</sup>С. Торайғыров атындағы  
 Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
 Материал 10.12.15 баспаға түсті.

*М. N. Kambarov<sup>1</sup>, B. G. Unaibaev<sup>1</sup>, A. S. Kainazarov<sup>1</sup>, K. T. Sakanov<sup>2</sup>*  
**Ways of realization of the wind power potential of Dzungarian Gates**

<sup>1</sup>Ekibastuz Engineer Technical Institute  
 after K. Satpayev, Ekibastuz;  
<sup>2</sup>S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.  
 Material received on 10.12.15.

*Жоңғар қақпаларында желдету энергетикасында шамасы көрсетілген. Электроэнергия өндірісіндегі төмендетілген өзіндік құнының техникалық құрал-жабдықтары анықталған. Электроэнергетика саласындағы бар жағдайда амал тәсілдердің салыструлары жүргізіледі.*

*The potential of wind energy in Dzungarian Gates is shown. The technical equipment for electric power production with the lowered prime costs are defined. A comparison of maximum facilities with the existent situation in electroenergetics is conducted.*

## УДК 621.221.3.5.

**М. Н. Камбаров<sup>1</sup>, Б. Ж. Унайбаев<sup>2</sup>, А. С. Кайназаров<sup>1</sup>,  
 К. Т. Саканов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз, <sup>2</sup>д.т.н., профессор, ректор, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз;  
<sup>3</sup>Павлодарский государственный университет имени С.Торайгырова, г. Павлодар

### ЭКСПОРТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВОЗОБНОВЛЕННЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ КАЗАХСТАНА

*Показывается необходимость повышения экспортного потенциала возобновляемых энергоресурсов Казахстана в условиях глобальной финансовой нестабильности. Определены технические средства производства электроэнергии с пониженной себестоимостью с использованием возобновляемых источников энергии промышленной мощностью, а также средства ее транспорта на экспорт. Проводится сопоставление предлагаемых средств с существующей ситуацией в электроэнергетике.*

*Ключевые слова: энергоресурс, экспортный потенциал, электроэнергия, экспорт, промышленная мощность.*

Казахстан имеет возможности и должен наращивать долю экспортной продукции, что важно в условиях мировой финансовой нестабильности. В ассортименте экспорта Казахстана должна быть электроэнергия (э/э), – товар с мировым стандартом качества. При этом цены на э/э должны быть конкурентоспособными. Большим резервом для этого является использование возобновляемых энергоресурсов (ВЭР), занимающих на душу населения РК ведущее место в мире. Они экологичны и не подвержены удорожанию. В Послании Президента РК по Программе 2050 отмечено, что 50 % э/э должно производиться к 2050 г. с использованием возобновляемых энергоресурсов. Казахстан расположен в центре Евразийского континента. Евразийские страны, в том числе РК, имеют развитые электрические сети своих национальных энергосистем. Их объединение сложившееся в эпоху СССР дает большие преимущества – нет большой необходимости в вводе новых ЭС, можно обмениваться э/э в течение суток или сезона, требуемыми объемами. В перспективе создание общей энергетической системы (ОЭС) Евразийского континента (ЕвразОЭС). Казахстан с мощными ВЭР должен использовать свое выгодное положение в

центре Евразийского континента как территориально огромная транзитная страна, связующая электросети соседних энергосистем. Можно использовать межгосударственные электропередачи (ЭП) для экспорта э/э из Казахстана в РФ и страны Центральной Азии, а через них в страны южной Азии. Это можно осуществлять в настоящее время, но пока свободных мощностей э/э в РК нет. Что касается экспорта на Восток в Китай (где большой дефицит э/э), то в этом направлении из РК нет мощных линий (ЭП), а потому территория РК, образует место размыкания Евраз ОЭС со странами Востока и Юго-Востока Евразийского континента. Потребление э/э в Китае примерно в 70 раз больше чем в РК, это редкая удача для нашей электроэнергетики, такие возможности упускать нельзя

ШОС в 2007 г. рекомендовал РК поставлять в Китай 42 млрд кВт-ч, (годовой объем производства э/э в РК 100 млрд квт-ч). Это сложно осуществить в связи с невозможностью использовать э/э мощных тепловых ЭС РК с большими выбросами в атмосферу. Технологии сжигания топлива на тепловых электростанциях (ЭС) имеют ограничения по выбросам в атмосферу, а уголь, газ и мазут постоянно дорожают. РК близка к исчерпанию лимита по выбросам согласно Киотского Протокола.

Анализ энергетического потенциала для экспорта э/э из Казахстана показал, что существует две проблемы для его реализации – ввод новых мощностей для производства э/э с пониженной себестоимостью и без выбросов, а также строительство экспортных линий ЭП. Начнем с последнего, поскольку имеются хорошие возможности для использования существующих недогруженных межгосударственных линий ЭП. Речь идет об уникальной в мире линий ЭП с напряжением 1150 кВ длиной 1500 км из Барнаула (Сибирь) в Челябинск (Южн. Урал) через территорию Казахстана с примыканием в Экибастузе и Кокшетау. Линия ЭП полностью пересекает Павлодарскую область, идет по РК на протяжении более 1000 км. (в настоящее время эта линия ЭП в виду недогрузки переведена на напряжение 500 кВ). Если в районе восточнее Павлодара присоединить к ней такую же линию, но длиной 500 км с выходом через Восточно-Казахстанская область (ВКО) в Китай, то с помощью этой мощной ЭП окажутся связанными 3 страны РФ, РК и Китай. По ней можно будет экспортировать до 30 млрд. кВт-ч э/э. в год.

Кроме того в уникальном ветрорегионе Жетысуйские (Жунгарские) ворота в районе ж.д. ст. Достык можно построить короткие (не более 25 км каждая) две экспортные ЭП 500 кВ. Они будут пропускать до 10 млрд. кВт-ч э/э в год на Китай.

Теперь остановимся на энергоисточниках для экспорта э/э. По трассе ВЛ 1150 кВ в мощных ветрорегионах Ерейментау, Селеты (Акмола обл.), Оленты и Шидерты (Павлод обл.) можно построить комплекс ВЭС с суммарной мощностью порядка 10 000 МВт и общей выработкой более 30 млрд. кВт-ч.

В экспорте э/э по ЭП 1150 кВ могут участвовать мощные Сибирские ГЭС РФ и Восточного Казахстана (действующие и перспективные). При этом сочетание ВЭС и ГЭС очень удачное. В холодное время года возрастает ветряная активность в РК и выработка э/э на ее ВЭС, а в теплые сезоны года из-за увеличения водности рек возрастает выработка на ГЭС. Суммарная выработка э/э при этом получается ровной и экологически чистой, а энергоресурсы даровые, не подверженные удорожанию (см. рисунок 1). В Жетысуйских воротах можно построить комплекс ВЭС 2500 МВт с общей выработкой 10 млрд кВтч.

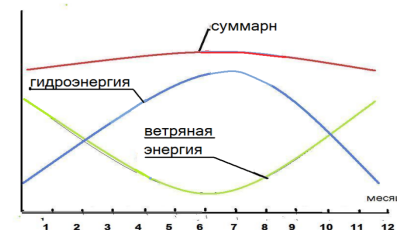


Рисунок 1 – Комбинированная выработка э/э на ВЭС и ГЭС

Оценим себестоимость вырабатываемой э/э на отечественных ВЭС. Указанные мощные ветрорегионы с сильными ветрами обеспечивают выработку э/э на ВЭС в два раза выше (Ж.в.) и в полтора раза выше (в Акмола и Павлод обл.) чем ВЭС в Европе. Поэтому себестоимость э/э на ВЭС, при прочих равных условиях, должна быть ниже в обратных соотношениях. Однако эти равные условия для Казахстана заведомо заказаны, поскольку на ВЭС применяются и планируется установка импортных ВТ западного или Китайского производства. Они очень дорогие. Доставка импортных ВТ за тысячи километров обходится также не дешево. Необходимо производить ВТ в республике, тем самым удешевлять их, а доставка будет неизмеримо ближе. Себестоимость э/э можно существенно понизить, если на ВЭС применять специально разработанные для этих ветрорегионов мощные отечественные ветряные турбины (ВТ) мегаваттного класса (тысячи кВт в единице). Они будут изготавливаться на заводах РК и стоимость их в два раза ниже импортных. Разработчик отечественной ВТ проф. ЕИТИ им. ак. К. Сатпаева Камбаров Ж. К. участвовал с отечественным проектом ВТ в Мировом (Лос Анджелес) и Азиатском (Шанхай) конкурсах инновационных бизнес-проектов, конкурсе изобретений ЭКСПО 2014 проведенном в Усть-Каменогорске, где стал победителем. Модель отечественной ВТ с успехом демонстрировалась депутатам Мажилиса Парламента РК, в СПК «Павлодар», ЖКХ Акимата Павлодарской области. Отечественная ВТ имеет

положительное заключение ряда зарубежных экспертов. Относительно производства отечественной ВТ имеется ряд обращений заводов РК.

На западе Казахстана можно построить комплексы ВЭС и ГЭС с суммарной мощностью до нескольких сот МВт на полуострове Мангышлак. Для производства э/э на ВЭС можно использовать сильные ветра Прикаспия, а ГЭС будет использовать воду Каспийского моря сбрасываемую с расходом до 10 м<sup>3</sup>/сек во впадину Кара Кия, глубиной до 180 м и площадью в сотни кв. км. Между впадиной и Каспием не более 12 км. ГЭС может быть смешанного типа с напорным трубопроводом и каскадом меньших ГЭС на сбросном открытом канале, на котором необходимо установить гидродинамические турбины.

В Южно-Казахстанской области (ЮКО) можно построить Каратау-Угамский комплекс ВЭС и горных ГЭС на р. Угам. Аналогичные комплексы можно построить в Алматинской и Жамбылской областях.

Существующая в настоящее время ситуация в электроэнергетике РК и возможности республики по экспорту э/э приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Существующая ситуация в электроэнергетике РК и использование возобновляемых энергоресурсов, возможности экспорта э/э

Существующая ситуация	Предложения	Пути решения	Основание для решения
1	2	3	4
1. Экспорта э/э нет, есть обмен мощностей э/э. мощность всех ЭС хватает только для РК Установленная мощность ЭС 20 000 МВт, в рабочем состоянии только 13 000 МВт. Остальные изношены	1. Необходимо стремиться к экспорту э/э	Использование ВЭР	1.1. Антикризисные мероприятия 1.2. Послание “Стратегия Казахстан 2050”
2. Количество производимой э/э в РК 100 млрд кВт-ч. в год	2. Увеличить до 250 млрд кВт-ч. к 2050 г., 40 млрд можно экспортировать	2. Строить ВЭС и ГЭС с суммарной мощностью 13 000 МВт	2.1. Предложение Шанхайской организации сотрудничества экспортировать 42 млрд кВтч в Китай
3. Из общего количества э/э: 3.1. 80% производится на тепловых ЭС (ТЭС) в основном на Севере РК	3. Не надо увеличивать мощн. ТЭС на Севере РК: 3.1. Лимиты на выбросы в атмосферу исчерпаны	3. Необходимо строить объекты ВЭР, у объектов: ВЭР 3.1. Нет выбросов в атмосферу	3.1. Постановл. прав. РК 2013 год план меропр. по развитию электроэнерг. РК

3.2. 20 % на ГЭС ВКО и Алм. Обл., ЭС на газе	3.2. Дорого покупное оборудование ТЭС	3.2. Оборудование для ВЭС производить в РК	3.2. Переход РК на зеленую экономику .
3.3. Выбросы в атмосферу от ТЭС составляют 70% от всех выбросов РК	3.3. В Казахстане оборудование для снижения выбросов невозможно производить	3.3.1 Топлива для ВЭР не нужно 3.3.2 Выброс от ВЭС и ГЭС нет	3.3. Перехода на земную экономику
3.4. Постоянно дорожает поставка угля, нефти, газа для ТЭС	3.4. Их будут строить зарубежные фирмы	3.4. ВЭС и ГЭС будут являться электрическими опорами энергомоств для транзита э/э	3.4. Переход на зеленую экономику
3.5. Низкое качество энергетических углей	3.5. Не будут электр. опорами энергомоств .	3.5. ВЭС нужно располагать в поясе Аягоз-Балхаш-Арал-Мангышлак где нет ЭС	
3.6. Нет ЭС по широте Аягоз, Балхаш, Арал, Мангыстау	3.6. По этой широте можно построить ВЭСы	3.6. ГЭС и ВЭС очень удачно дополняют друг друга. 3.7. ВЭС и ГЭС можно строить на границе с Китаем 3.8. Привлекать для производства ВЭС и оборудование к ним пред-я РК, 3.9. Квалифицир раб. места. 3.10 Торговля квотами на выбросы парниковых газов	
4. Нет экспортных ЛЭП 4.1. ЛЭП 1150 кВ перевод на 500 кВ, ее пропускная способность снижена в 5 раз 4.2. Нет ЛЭП 500 кВ в Китай	4. Нужно их строить 4.1. Восстановить ЛЭП 1150кв. 4.2. нужны новые экспорт ЛЭП 500 кВ для транзита э/э РК в Китай	4. Инвестиции в эти объекты	4.1. Состояние эл.энергетики РК
5. Транзит э/э через РК слабо окупаем	5. Н у ж н о производить э/э на экспорт.	5. Нужны инвестиции 55 млрд. долл Экспорт окупается за 11 лет	5.1. Расчеты окупаемости Проектов
6. Не развита электроэнергетика Южных областей	6. Надо развивать электроэнергетику Южных областей	6. См п.4 и 5.	6.1. Из южных областей легче производить и экспортировать э/э

7. Малый объем использования ВЭР < 1%. Причины 7.1. Дорогое покупное импортное оборудование для ВЭС и ГЭС 7.2. Дорогая доставка оборудования за 4-5 тыс. км. 7.3. Дорогой монтаж оборудования лабораторных конструкций импортных ВТ	7. Большой объем использования ВЭР	7. Массовое производство оборудования для ВЭР на заводах РК 7.1. Оборудование должно быть адаптировано для условий РК 7.2. Доставка на короткое расстояние (сотни км) 7.3. Монтаж своими специалистами. 7.4. Все это понизит стоимость оборудования на ВЭС и ГЭС примерно в 2 раза.	7.1. Антикризисные мероприятия 7.2. Поддержка Казахстана товаро производителя.
8. Существующая себестоимость э/э ВЭР высока 8.1. см. п 7.1 – 7.3.	8. Понижать себестоимость	8.1. См. п.7.1 – 7.4. 8.2. численность обслуж. персон в 10 раз меньше ТЭС	8.1. Постановление правит РК в 2014 году о создании РАСЧ фин. центра по поддержке ВИЭ
9. Сроки ввода ТЭС в эксплуатацию большие 9.1. Первую э/э от ТЭС можно получить через 4-5 лет с начала финансирования	9. Сроки ввода надо понижать	9. 9.1. Первую э/э от ВЭС можно получить через год с начала финансирования	9.1. ТЭО ТЭС и ВЭС
10. Экспорт от ТЭС Северного Казахстана будет осуществляться за 1500 км. (Предложение Банка Развития РК)	10. Надо изыскивать короткие пути	10. Экспорт от ВЭС. 10.1. Джунг ворот будет осуществляться за 15 км 10.2. от ГЭС В-КО за сотни км. 10.3. Повышенное произ-во э/э в восточных регионах	10.1. Удачное расположение региона для экспорта 10.2. Мощный энергопотенциал Ж.вор и рек ВКО
11. Наличие ресурсов ВИЭ 11.1. Северный Казахстан 11.2. Центр-ный Казахстан 11.3. Восточный Казахстан 11.4. Южный Казахстан	11. Наличие ВИЭ 11.1. 1 000 000 МВт ВЭ 11.2. 200 000 МВт ВЭ 11.3. 200 000 МВт ВЭ и ГЭ 11.4. 4 000 000 МВт. ВЭ, ГЭ, фото энерг, терм воды	11. Строительство объектов 11.1. Строительство ВЭС 11.2. Строительство ВЭС 11.3. Строительство ГЭС, ВЭС 11.4. Стр-во ГЭС, ВЭС, СЭС, терм. ЭС теплоснабжения	11.1. Постановление правительства РК январь 2013 О развитии ВЭР в РК 11.2. Ведущее место в мире по наличию ВЭР на душу населения.

Транзитные и ресурсные возможности страны должны содействовать опережающему развитию электроэнергетики, выполнению Программы 2050 предусматривающей выработку 50 % э/э на возобновляемых энергоресурсах. В республике должно быть осуществлено Программно-

целевое финансирование обозначенной проблемы для научно-технической выработки детализированных решений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Камбаров, М. Н., Возможности экспорта э/э в Китай. Журнал Kazenergy. – 2. 2007. – С. 68-70.

2 Камбаров, М. Н., Ахметбаев, Д. С. О возможности создания Единой энергетической системы Евразийского континента. Энергетика и топливные ресурсы Казахстана. – №12. – 2012. – С. 78-83.

3 Камбаров, М. Н. Возобновляемые энергетические ресурсы Казахстана. Монография. – Астана : ЕНУ им. Л. Гумилева, 2013. – 360 с.

Материал поступил в редакцию 10.12.15.

*М. Н. Камбаров<sup>1</sup>, Б. Ж. Унайбаев<sup>1</sup>, А. С. Кайназаров<sup>1</sup>, К. Т. Саканов<sup>2</sup>*

**Қазақстан энергоресурстарының жанартылған экспорттық потенциалы**

<sup>1</sup>Академик Қ. И. Сәтбаев атындағы

Екібастұз инженерлік-техникалық институты, Екібастұз қ.

<sup>2</sup>С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 10.12.15 баспаға түсті.

*M. N. Kambarov<sup>1</sup>, B. G. Unaibaev<sup>1</sup>, A. S. Kainazarov<sup>1</sup>, K. T. Sakanov<sup>2</sup>*

**Export potential of the renewed energy resources of Kazakhstan**

<sup>1</sup>Ekibastuz engineer technical institute a name

of the K. Satpayev, Ekibastuz.

<sup>2</sup>S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 10.12.15.

*Мақалада Қазақстан қаржы дағдарыс кезінде электр энергетикасының дамытып экспортқа шығару қажеттілігі дәлелденеді. Оны республиканың балама энергетиканы пайдаланып, сол техника жолымен арзандатып көтеру болатыны көрсетіледі. Экспортқа қандай электр желілерімен шығару шараларын пайдалануға болатын анықталады және электр энергетиканың қазіргі жағдайлары салыстырылады.*



The article shows the necessity to increase the export potential of renewable energy resources of Kazakhstan in the context of global financial instability. It defines the technical means of electricity production from low-cost renewable energy sources at industrial capacity, as well as the means of its transportation for export. Provides a comparison of the proposed resources to the existing situation in the power sector.

UDC 621.3

**A. B. Kaidar<sup>1</sup>, A. P. Kislov<sup>2</sup>, B. K. Shapkenov<sup>3</sup>,  
V. P. Markovsky<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Master of Engineering, Chief Specialist, JSC “Management Company free economic zone “HimPark Taraz”; <sup>2</sup>c.t.s., professor, Dean of the Faculty of Energy, <sup>3</sup>c.t.s., Professor, Department of Electric power industry, <sup>4</sup>c.t.s., Professor, Head of Department of Electric power industry, S. Toraihyrov. Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan

## MULTILEVEL INVERTERS USING VARIABLE SWITCHING FREQUENCY CARRIER BASED ON PWM TECHNIQUES

In this paper, various pulse width modulation techniques are proposed, which can minimize total harmonic distortion and enhance the output voltages in five-level inverters.

*Key words:* multilevel inverters, sinusoidal pulse width modulation with zero sequence signal, harmonics, variable switching frequency, total harmonic distortion.

### 1. Introduction

Recently, multilevel inverters have become more attractive to researchers and industrial companies due to fast developing of high power devices, and related control techniques. Different multilevel inverter structures are cascaded H-bridge, diode clamped and flying capacitor [1-4]. Increasing the number of levels in the inverter without requiring higher ratings on individual devices can increase the power rating [5]. The advantages of multilevel inverters are an enhanced output voltage, reduced total harmonic distortion, and reduced voltage stress on semiconductor switches and a decrease in EMI problems [6-10].

In this paper, two carrier based pulse width modulation schemes, namely phase disposition and phase opposition disposition variable switching frequency

multicarrier pulse width modulation, are presented. These techniques take advantage of special properties available in multilevel inverters to minimize total harmonic distortion and increase output voltage [11-14]. Illustrative examples are provided to demonstrate the feasibility of the proposed methods.

### 2. Three Phase Cascaded Multilevel Inverter

A three phase cascaded multilevel inverter is shown in Fig.1.

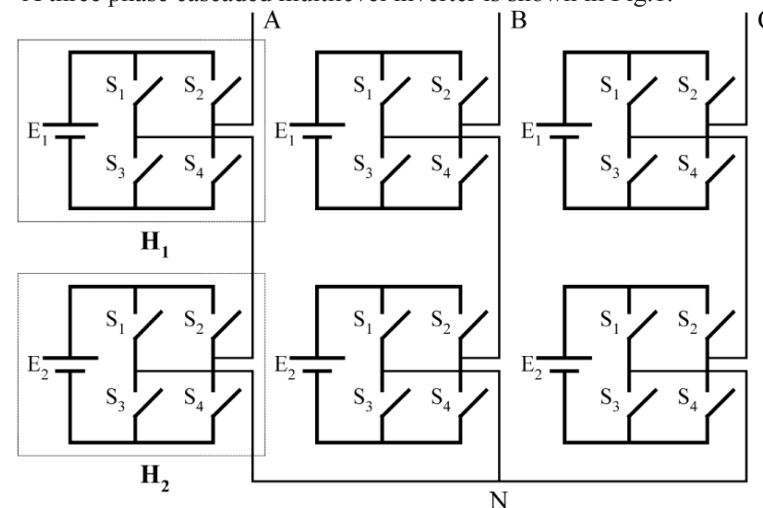


Figure 1— Three phase cascaded five level inverter

The circuit is designed for a five-level inverter consisting of 12 switches. Each DC source connected with its respective H-bridge, and generates three different output voltages, +Vdc, 0, and -Vdc, using various combinations of switching. The output of the multilevel inverter is synthesized by H-bridges connected in series. The number of output phase voltage levels in a cascaded inverter is given as  $m=2s+1$ , where  $s$  is the number of separate DC sources and  $m$  is the inverter level.

### 3. Variable Switching Frequency Multicarrier Pulse Width Modulation

In this chapter the analysis of variable switching frequency multicarrier PWM techniques are presented. Here variable frequency carrier signals are compared with reference voltage. In variable switching frequency PWM techniques PD, POD modulating techniques are proposed using sinusoidal and sinusoidal with zero sequence pulse width modulation methods.

#### 3.1. Phase disposition Pulse width modulation

##### 3.1.A. Sinusoidal Pulse Width Modulation



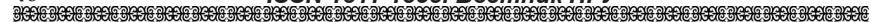


Fig. 2 shows the sinusoidal pulse width modulation of an m-level inverter, (m-1) carriers with the same frequency  $f_c$  and same amplitude  $A_c$  are positioned such that the bands they occupy are contiguous. The reference waveform has peak to peak amplitude of  $A_m$  and a frequency  $f_m$ . Its zero amplitude is centered in the middle of the carrier set. The reference is continuously compared to each of the carrier signals. If the amplitude of the reference is greater than the amplitude of the carrier signal, then the switch corresponding to that carrier is switched

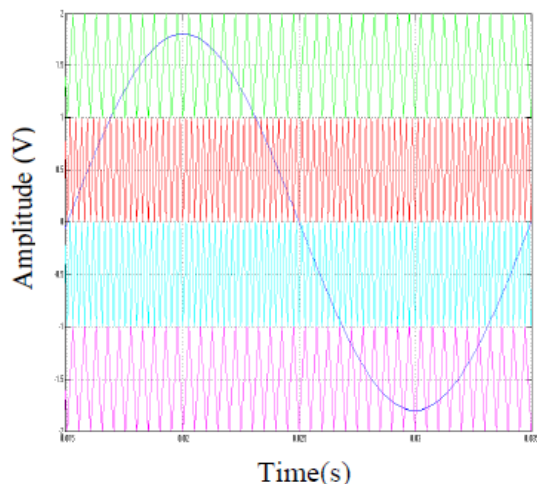


Figure 2 — Phase disposition sinusoidal pulse width modulation

In multilevel inverters, the amplitude modulation index  $M_a$  and the frequency ratio  $M_f$  are defined as:

$$M_a = \frac{A_m}{(m-1)A_c}, \quad (1)$$

$$M_f = \frac{f_c}{f_m}. \quad (2)$$

In this technique, as carriers are in phase across all the bands, significant harmonic energy is concentrated at the carrier frequency. Since, it is a co-phasal component, the line to line voltage does not appear. Here, the carrier waves having variable switching frequencies of 2000 Hz and 4000 Hz are compared with the reference wave of 50 Hz as shown Fig. 3.

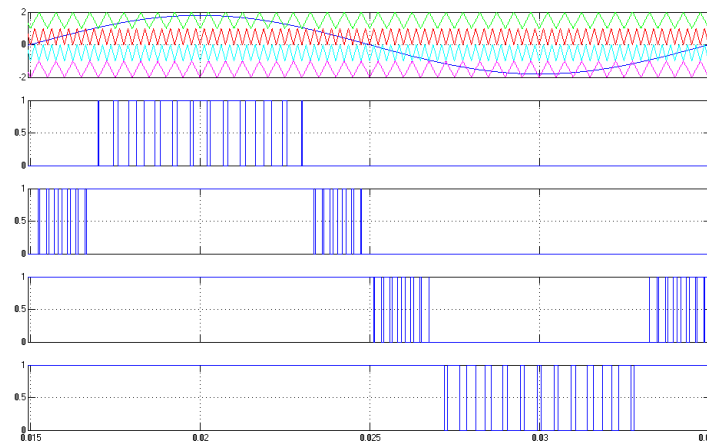
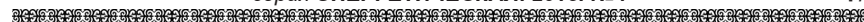


Figure 3 — Phase disposition sinusoidal pulse width modulation generation

### 3.1.B. Sinusoidal with Zero sequence Pulse Width Modulation

Fig. 4 shows the sinusoidal pulse width modulation with zero sequence in which a triplen harmonic voltage is added to each of the reference waveforms.

The method takes the instantaneous average of the maximum and minimum of the three reference voltages ( $V_a, V_b, V_c$ ) and subtracts the value from each of the individual reference voltages to obtain the modulation waveforms:

$$V_{off} = \left\{ \frac{\max(V_a, V_b, V_c) + \min(V_a, V_b, V_c)}{2} \right\} \quad (3)$$

$$V_aSZS = V_a - V_{offset}, \quad (4)$$

$$V_bSZS = V_b - V_{offset}, \quad (5)$$

$$V_cSZS = V_c - V_{offset}, \quad (6)$$

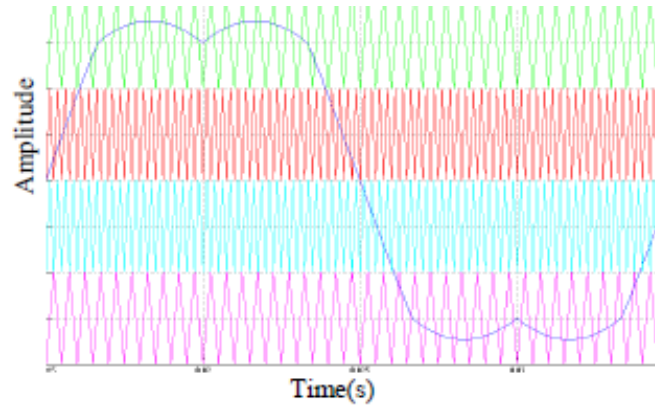


Figure 4 — Phase disposition sinusoidal with zero sequence pulse width modulation

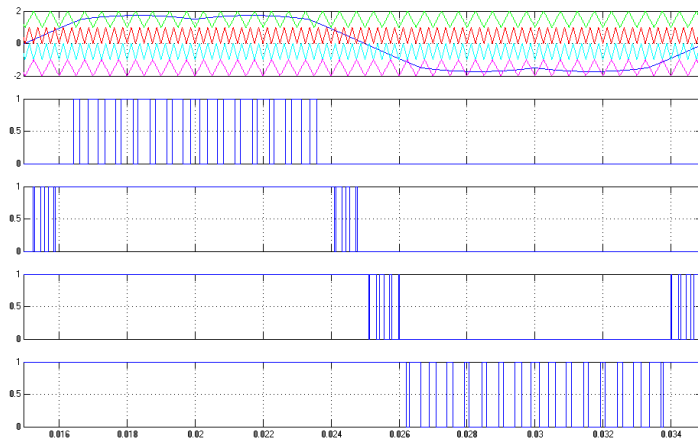


Figure 5 — Phase disposition sinusoidal with zero sequence pulse width modulation generation

Here, the reference wave is a sine wave with a zero sequence signal. The resulting flat topped waveform in this method allows overmodulation while maintaining excellent AC and DC spectra. This is an alternative method to improve the output voltage without entering the overmodulation range. So any carriers employed for this reference will enhance the output voltage by 15% without increasing the harmonics:

In this technique, carrier waves with variable switching frequencies of 2 KHz and 4 KHz are compared with the reference wave of 50 Hz as shown in Fig. 5.

### 3.2. Phase opposition disposition Pulse width modulation

#### 3.2.A. Sinusoidal Pulse Width Modulation

For phase opposition disposition (POD) modulation all carrier wave

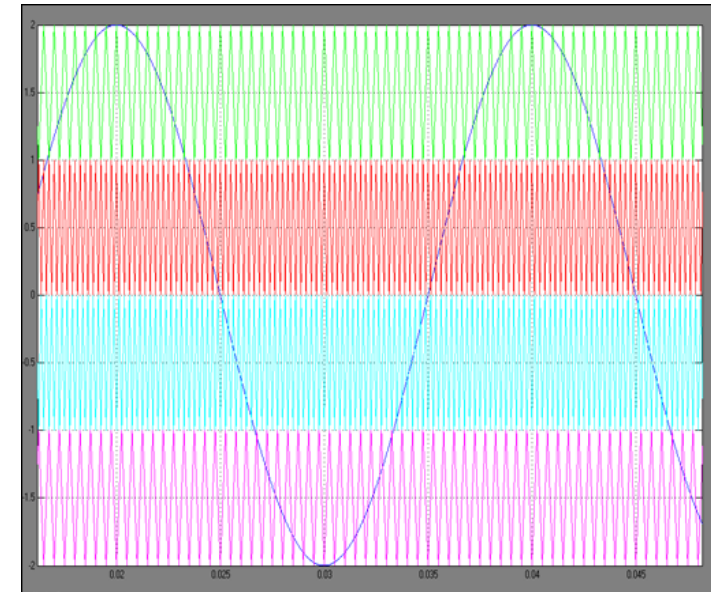


Figure 6 — Phase opposition disposition sinusoidal pulse width modulation forms above zero reference are in phase and are 180° out of phase with those below zero. Fig.6 demonstrates the sine-triangle method for a five level inverter. Therein, the phase modulation signal is compared with four (N-1 in general) triangle waveforms.

The rules for the phase opposition disposition method, when the number of level  $N = 5$  are

I. The  $N - 1 = 4$  carrier waveforms are arranged so that all carrier waveforms above zero are in phase and are 180° out of phase with those below zero.

II. The converter is switched to  $+V_{dc}/2$  when the reference is greater than both carrier waveforms.

III. The converter is switched to zero when the reference is greater than the lower carrier waveform but less than the upper carrier waveform.

IV. The converter is switched to  $-V_{dc}/2$  when the reference is less than both carrier waveforms.

In this technique, carrier waves with variable switching frequencies of 2 KHz and 4 KHz are compared with the reference wave of 50 Hz as shown in Fig. 7.

3.2.B. Sinusoidal with Zero Sequence Pulse Width Modulation

Fig. 8 shows the sinusoidal pulse width modulation with zero sequence in which a triplen harmonic voltage is added to each of the reference waveforms.

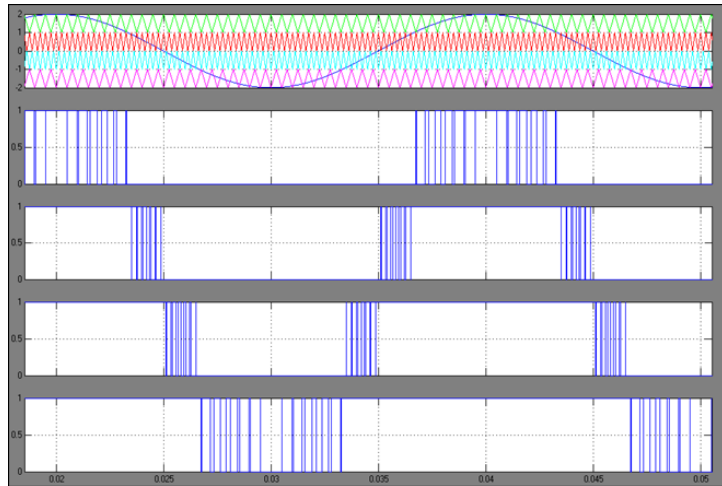


Figure 7— Phase opposition disposition sinusoidal pulse width modulation generation

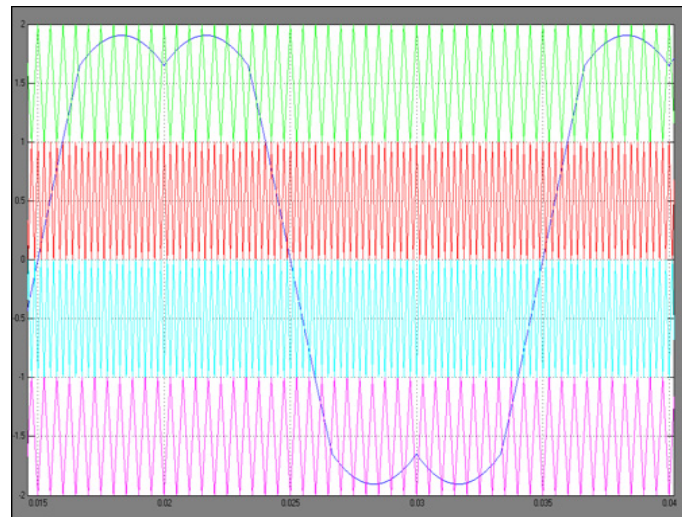


Figure 8 — Phase opposition disposition sinusoidal with zero sequence pulse width modulation

In this technique, carrier waves with variable switching frequencies of 2 KHz and 4 KHz are compared with the reference wave of 50 Hz as shown in Fig. 9.

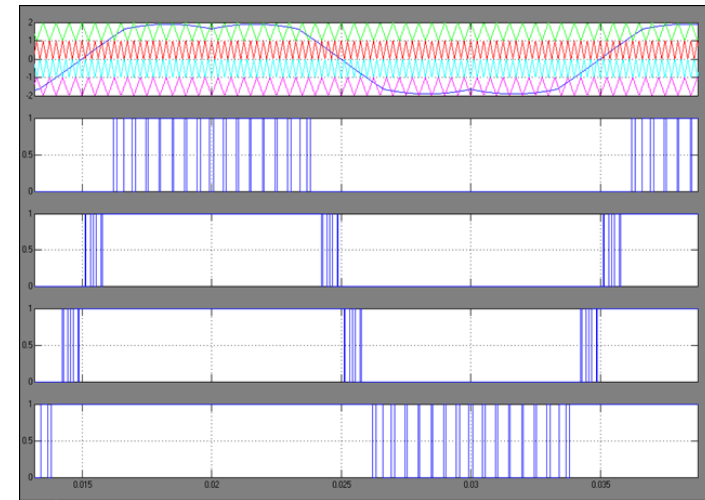


Figure 9 — Phase opposition disposition sinusoidal with zero sequence pulse width modulation generation

4. Results

THD and output voltage values for phase disposition and phase opposition disposition for variable switching frequency pulse width modulation are shown in Table 1.

The THD and output voltage values are less in the sinusoidal pulse width modulation technique, whereas the values are higher in the sinusoidal with zero sequence signal technique. It is determined that to minimize THD and to enhance the output voltage, that sinusoidal pulse width modulation is better than sinusoidal pulse width modulation with zero sequence signal.

Table 1 — THD and output voltage values for phase disposition and phase opposition disposition for variable switching frequency pulse width modulation

PWM methods	SPWM		SPWM with ZS	
	THD %	VAC	THD %	VAC
VCF-PD	10.10	180.1	22.45	200.0
VCF-POD	11.39	199.9	23.68	220.1

#### 4.A. Simulation Results

The simulation parameters for variable switching frequency pulse width modulation are as follows:

Inverter rating = 500VA.

Three-phase load  $R = 100$  Ohms &  $L = 20$ mH.

Voltage level of each source  $V_{dc} = 100$ V.

Switching frequency = 2 kHz and 4 kHz.

Figs. 10 and 11 show the simulated results of the phase disposition sinusoidal pulse width modulation of an output phase voltage and harmonic spectrum.

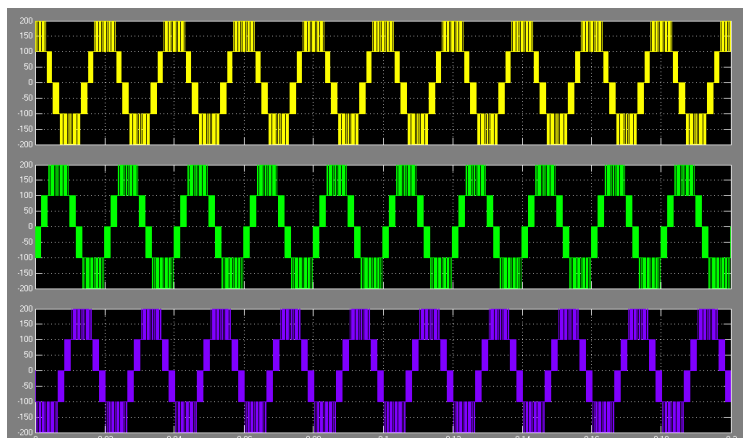


Figure 10— Simulation output voltage for PD sinusoidal pulse width modulation

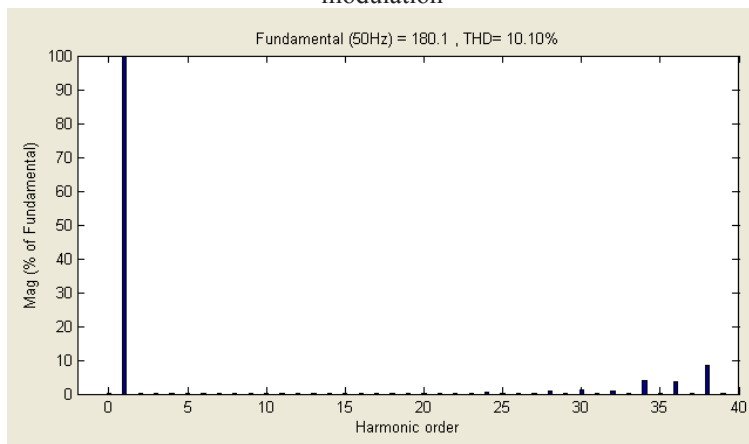


Figure 11— Harmonic spectrum for PD sinusoidal pulse width modulation

Figs. 12 and 13 show the simulated results of the phase disposition sinusoidal with zero sequence pulse width modulation of an output phase voltage and harmonic spectrum.

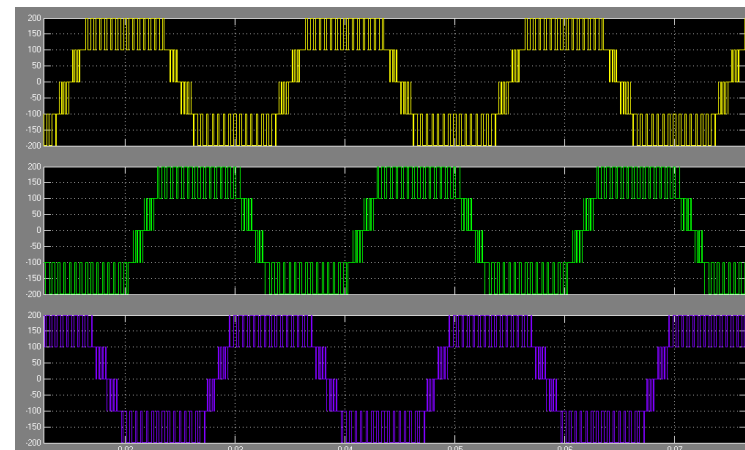


Figure 12 — Simulation output voltage for PD sinusoidal with zero sequence pulse width modulation

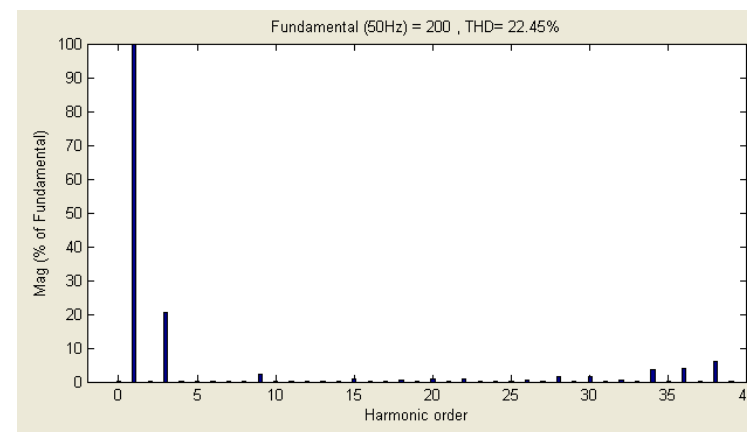


Figure 13 — Harmonic spectrum for PD sinusoidal with zero sequence pulse width modulation

Figs. 14 and 15 show the simulated results of the phase opposition disposition sinusoidal pulse width modulation of an output phase voltage and harmonic spectrum.

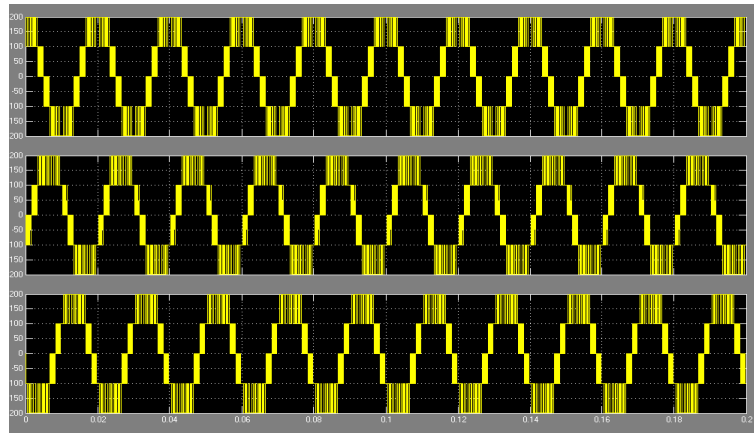


Figure 14 – Simulation output voltage for POD sinusoidal pulse width modulation

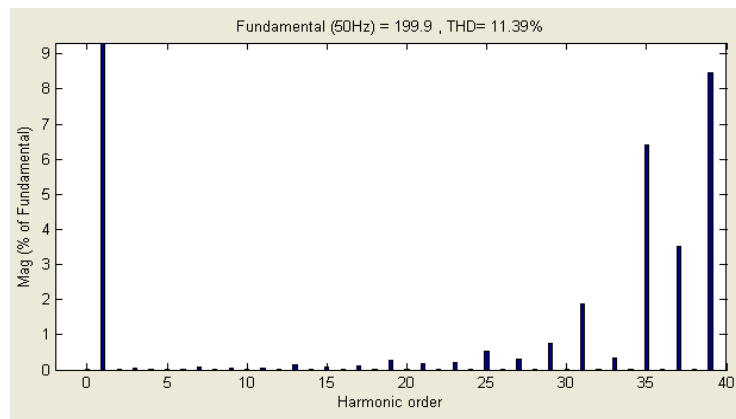


Figure 15 – Harmonic spectrum for POD sinusoidal pulse width modulation

Figs.16 and 17 show the simulated results of the phase opposition disposition sinusoidal with zero sequence pulse width modulation of an output phase voltage and harmonic spectrum.

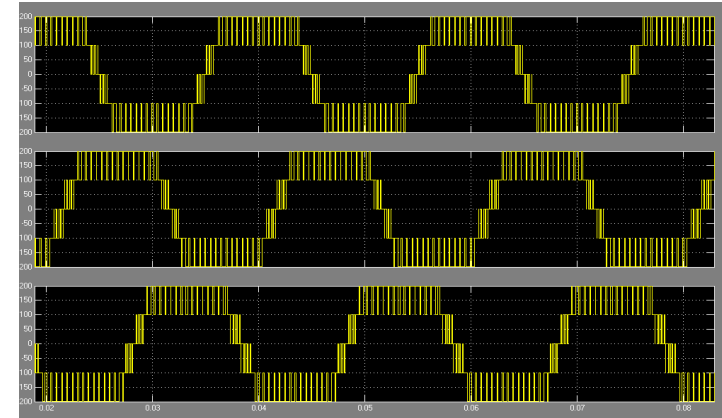


Figure 16 – Simulation output voltage for POD sinusoidal with zero sequence pulse width modulation

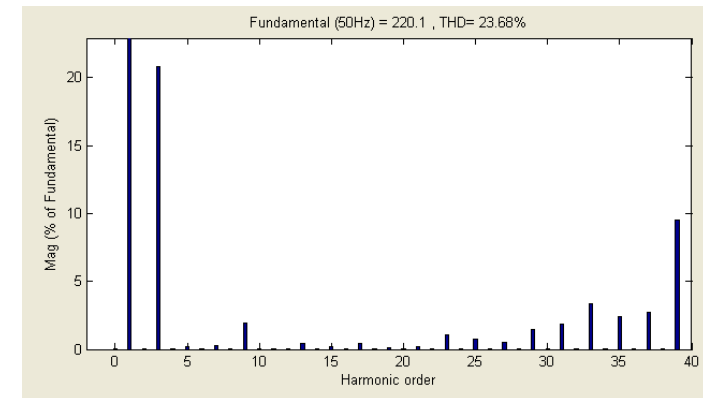


Figure17 – Harmonic spectrum for POD sinusoidal with zero sequence pulse width modulation

### 5. B. Hardware Results

A 500VA hardware setup of the three-phase five-level cascaded inverter has been built to validate the theoretical analysis. The hardware parameters for variable switching frequency pulse width modulation are as follows:

Three-phase load,  $R = 100$  Ohms,  $L = 20$ mH.

Voltage level of each source  $V_{dc} = 100$ V.

Fundamental frequency = 50Hz.

Switching frequency = 2 kHz & 4 kHz.

Xilinx Spartan – DSP controller (FPGA).



The three phase output voltage waveform for the variable switching frequency phase disposition sinusoidal pulse width modulation method is shown in Fig. 18, and the phase disposition sinusoidal pulse width modulation with zero sequence signal method is shown in Fig. 19.

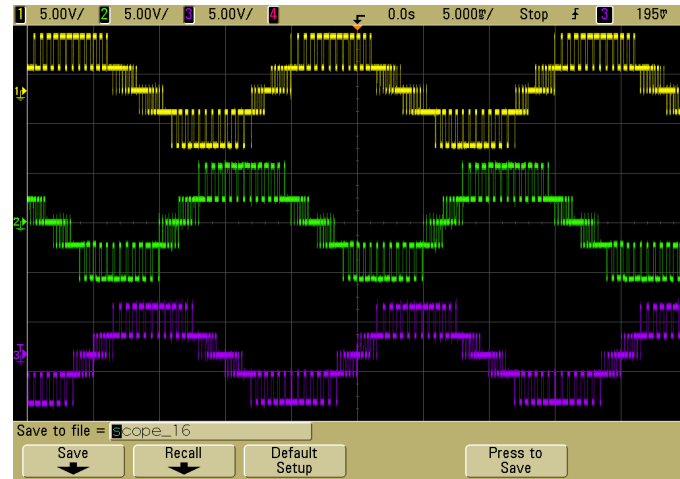


Figure 18 — Hardware output voltage for PD sinusoidal pulse width modulation

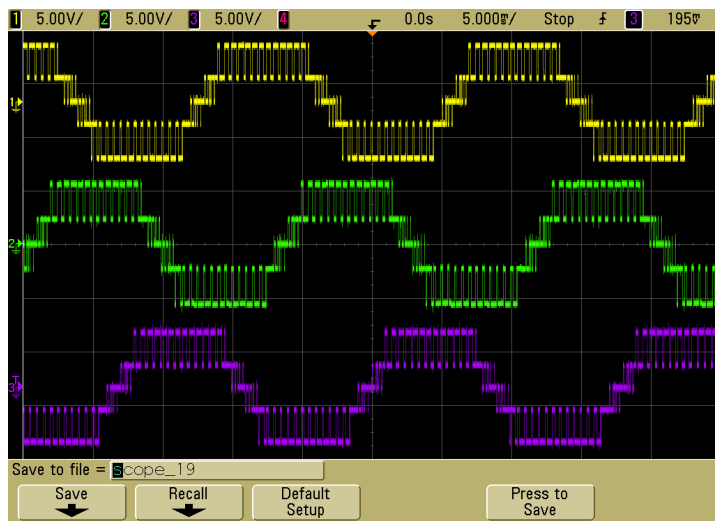


Figure 19 — Hardware output voltage for PD sinusoidal with zero sequence pulse width modulation

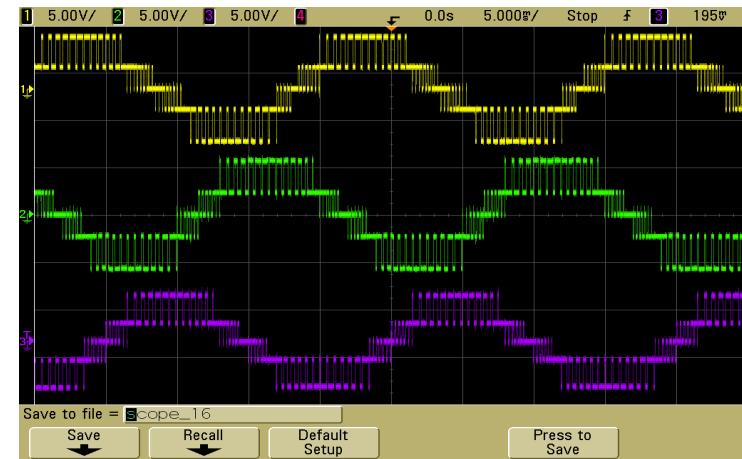


Figure 20 — Hardware output voltage for PD sinusoidal pulse width modulation

The output voltage waveform for the variable switching frequency phase opposition disposition sinusoidal pulse width modulation method is shown in Fig. 20, and the phase disposition sinusoidal pulse width modulation with zero sequence signal method is shown in Fig. 21.

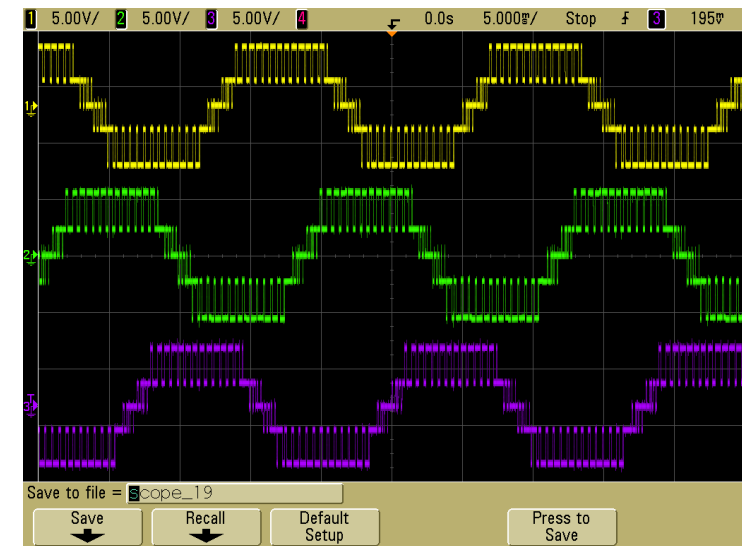


Figure 21 — Hardware output voltage for POD sinusoidal with pulse width modulation

## 6. Conclusion

In this paper, two new schemes adopting the phase disposition and phase opposition disposition variable switching frequency multicarrier pulse width modulation concepts are considered. The sinusoidal pulse width modulation and sinusoidal pulse width modulation with zero sequence signal techniques are analyzed with all three methods. It is observed that the sinusoidal pulse width modulation and sinusoidal pulse width modulation with zero sequence signal in phase shifted carrier pulse width modulation gives better results than the other two methods.

Here, the sinusoidal pulse width modulation strategy reduces the total harmonic distortion and the sinusoidal pulse width modulation with zero sequence signal strategy enhances the fundamental output voltage. The multilevel inverter improves the output voltage, and reduces total harmonic distortion and voltage stress on the semiconductors switches. The results are validated by simulation and experimental hardware setup.

## LIST OF REFERENCES

- 1 **Shapkenov, B. K., Kaliev, B. Z., Kaidar, A. B.** The Theory and Practice of energy converters. – Saarbrücken, Germany: Publishing house «LAP Lambert Academic Publishing», 2014.
- 2 **Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Markovskvi, V. P., Govorun, V. F., Shapkenov, B. K., Volgin, M. E., Padrul', N. M., Zhumadirova, A. K.** Artificial intelligent application in condition monitoring and diagnosis of MLIDs. – Bulletin of PSU. – № 4 (2014). – pp. 43-48.
- 3 **Kopyrin, V. S., Kaidar, A. B., Ivanova, E. V., Novozhilov, A. N., Kislov, A. P., VMarkovskvi, V. P., Shapkenov, B. K., Akaev, A. M.** Diagnostics of the fault types and fault locations in a cascaded MLID from its output voltage waveform. – Bulletin of PSU. – № 4 (2014). – pp. 49-58.
- 4 **Kaidar, A. B., Kopyrin, V. S., Shapkenov, B. K., Markovski, V. P.** Experimental studies inverter with pulse width modulation for power supply systems with renewable energy sources. Materials Intern native scientific and technical conference “VI readings of Sh. Shokin”, October 10. – 2014. – pp. 134-140.
- 5 **Kislov, A. P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K.** Diagnosis of inverter drives' faults. – Scopus and Web of Science «Applied Mechanics and Materials», Zürich, Schweiz. – 15-18 June 2015. – P. 258-271.
- 6 **Kislov, A. P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K.** Diagnosis of inverter drives' faults VII «Applied Mechanics and Materials», 9 – 12 июня Новосибирск, – 2015 г. – С.75-88.
- 7 **Бай, Ю. М., Расулов, Н. Н., Носов, А. Н., Кайдар, А. Б., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К., Акаев, А. М.**

Каскадные H-мостовые многоуровневые инверторные приводы. – Вестник ПГУ. – № 4. – 2014. – С. 27-33.

8 **Кайдар, А. Б., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К., Говорун, В. Ф., Шапкенов, Б. К., Волгин, М. Е., Падруль, Н. М., Жумадирова, А. К.** Применение искусственного интеллекта при контроле состояния и диагностики MLID. – Вестник ПГУ. – № 4. – 2014. – С. 43-49.

9 **Копырин, В. С., Кайдар, А. Б., Иванова, Е. В., Новожилов, А. Н., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К., Акаев, А. М.** Диагностика типов неисправностей и места повреждений в каскадном MLID по его выходному напряжению. – Вестник ПГУ. – № 4. – 2014. – С. 49-59.

10 **Markovskvi, V. P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K.** Stand-alone power systems with IGBT-inverter. – Scopus and Web of Science «Applied Mechanics and Materials». Zürich, Schweiz. – 15-18 June 2015. – P. 251-258.

11 **Kislov, A. P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K., Markovskvi, V. P.** Stand-alone power systems with IGBT-inverter. VII Международная научная конференция молодых ученых «Электротехника. Электротехнология. Энергетика», 9-12 июня. Новосибирск, – 2015 г. – С. 67-74.

12 **Kislov, A. P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K.** Diagnosis of inverter drives' faults VII «Applied Mechanics and Materials», 9-12 июня. Новосибирск. – 2015 г. – С.75-88.

Material received on 14.12.15.

*А. Б. Қайдар, А. П. Кислов, Б. К. Шапкенов, В. П. Марковский*

**Көп деңгейлі инверторлардан ендік импульсты модуляция технологиясы базасында жиілікпен жүк көтергіштен журналтарды қабылдау**

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ. Материал 14.12.15 баспаға түсті.

*А. Б. Кайдар, А. П. Кислов, Б. К. Шапкенов, В. П. Марковский*

**Многоуровневые инверторы с изменяемой несущей частотой на базе технологии ШИМ**

Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар. Материал поступил в редакцию 14.12.15.

*Бұл мақалада ендік-импульсты модуляциялар әр түрлі әдістер ұсынылады, ортақ гармониялық бұрмалаулар минимизациялау мүмкіндіктері беріледі және бес деңгейлі инверторда демалыс кернеуін жоғарылату қажеттілігі қарастырылады.*

*В этой статье предлагаются различные методы широтно-импульсной модуляции, что позволяет минимизировать общие гармонические искажения и повысить выходное напряжение в пяти уровневом инверторе.*

УДК 621.32

**А. Б. Кайдар<sup>1</sup>, Б. К. Шапкенов<sup>2</sup>, А. П. Кислов<sup>3</sup>, Ж. Жанат<sup>4</sup>,  
С. Е. Айтжанов<sup>4</sup>, Қ. Б. Жақып<sup>4</sup>, Д. Ф. Файзулла<sup>4</sup>,  
Қ. Е. Джансарин<sup>4</sup>, Ж. М. Оспанова<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>магистр, <sup>2</sup>т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, <sup>3</sup>т.ғ.к., профессор, Энергетика факультетінің деканы, <sup>4</sup>студенттер, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

## **ЖЕЛ ЭНЕРГИЯСЫН ТҮРЛЕНДІРУДІҢ ТИІМДІЛІГІН ЖОҒАРЫЛАТУ**

*Бұл мақалада Қазақстанда жел электр станцияларының нақты құрылысының басталу үрдісі белгіленген. Жел энергиясын жоғары тиімділікпен түрлендіретін жел агрегаттарының конструкциясы ұсынылады.*

*Кілтті сөздер: жел энергетикасы, дәстүрлі емес энергия көздері, жел доңғалағы, жел ағыны.*

Бүгінгі таңда Қазақстанда, әсіресе ЭКСПО–2017 шарасының қарсаңында, қалпына келетін энергия көздері жобаларына мұқият назар аударылады. Маңғыстау облысында жел электр станцияларын құрастыратын 3 компания тіркелген: EnergyWorld-wideHolding, SouthWindPower, DMKKO.

Әзірге Инвест Грин Қарақия ауданының Құрық ауылындағы қуаты 150 МВт жел электр станциясының жобасын жасауда.

Атырау облысының Қарабатан кентінде бағасы \$ 100 млн, қуаты 60 МВт 18 жел электр станцияларының инвестициялық жобасы іске асырылуда.

Электр энергиясын өндірудегі жел энергетикасының әлемдік өсу беталысындағы үлесін, техникалық және экологиялық қауіпсіздігін ескере отыра, жел қондырғылары қазір өзекті мәселе деп айтуға болады [1].

Бецтың әйгілі заңына сәйкес, көлденең және тік осьтері бойынша айналатын дәстүрлі жел қозғалтқыштарында 59,3 %-ке тең желдің энергиясын қолдану тиімділігі бойынша шегі бар [2].

Дәстүрлі технология осыған негізделген: жел қалақшаның құрылысына әсер етеді, оларды тарқатып, кинетикалық энергияның тек бөлігін ғана береді. Жел жылдамдығы дауылдық мәнге жеткен кезде, жел станциясын пайдалану қауіпсіз емес, себебі, бұл жел агрегаттарының сынуына әкеледі және маңындағы ғимараттардың қирауына, сондай-ақ адамдардың жарақаттануына әкеледі.

Жоғарыда көтерілген проблемаларды шешу үшін, жел агрегаттарында автоматты түрде өзгеретін геометриясы бар қалақшаны қолдану шешімі қабылданды [3, 4].

Ұсынылып тұрған жел агрегаты жел техникасына жатады және альтернативті энергия көзі ретінде желдің кинетикалық энергиясын қолдануымен байланысты.

Желдің энергиясын тиімді қолдану, оның төмен орта және жоғары жылдамдықтарында механикалық энергияны өндірудің мүмкіндігі және жел доңғалағының сенімді жұмысы – техникалық нәтиже болып табылады.

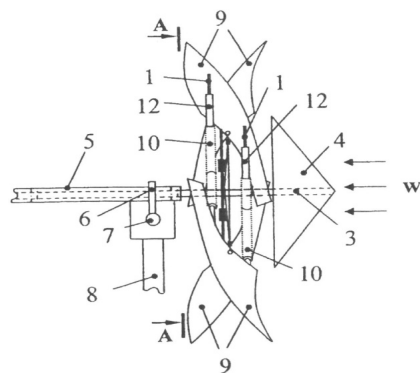
Жел доңғалағында тік бұрышта майыстырылған сегіз өзекшелі (1) қаңқа (сурет 1), осьпен (3) мығым бекітілген, қаңқадан шығып тұратын тік өзекше (2) бар. Қаңқа желдік жағынан конуспен жабылған (4), әрі оське мығым бекітілген, ал ось айналатын мүмкіндігі бар (6) бұралмалы-тіректі механизмге (7) бекітілген тұрбада орнатылған (5). Бұралмалы-тіректі механизм бағанада (8) орнатылған. Қисықсызқты қалақшалармен (9) жанасатын, майысқан өзекшелерде айналу серіппелері (10) орнатылған. Тура өзекшелерде (2) радиалды бағытта қозғалатын мүмкіндігі бар жүктер ілінген. Қисықсызқты қалақшалар (3) оське қатысты еңкейіңкі орналасқан, бағыттаушы түтіктермен мығым бекітілген, ал түтіктер майысқан өзекшелерге отырғызылған және блоктармен (13) жабдықталған. Жүктерге блоктар арқылы тростар (14) бекітілген.

Өнертабыс сызбалармен түсіндіріледі.

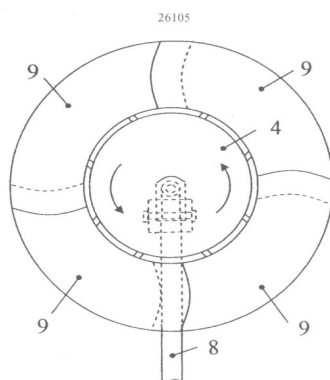
1-суретте жел доңғалағы бейнеленген, қырынан көрінісі.

2-суретте Жел доңғалағы бейнеленген, алдыңғы жағынан көрінісі.

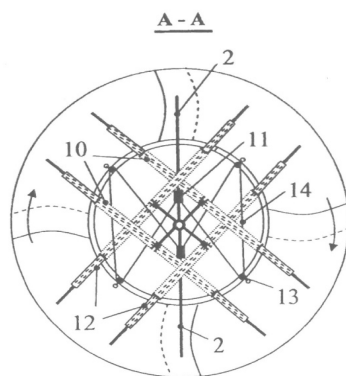
3-суретте 1-суреттегі жел доңғалағының А-А қимасы бейнеленген.



Сурет 1 – Желдоңғалағы, қырынан көрінісі



Сурет 2 – Желдоңғалағы, алдыңғы жағынан көрінісі



Сурет 3 – 1-суреттегі желдоңғалағының А-А қимасы

Желдоңғалағы келесідей жұмыс істейді. Жел ағыны қисықсыздықты қалақшаларға (9) және конусқа (4) түседі. Қисықсыздықты қалақшаларға келетін желдің ағыны конустың бетінде жылдамдығын арттырады. Негізгі жел ағынының күші және конуспен бағытталатын жел ағыны қисықсыздықты қалақшалардың бүкіл ұзындығында біркелкі таралады. Пайда болатын күштер осьті (3) айналдыра, онда айталу моментін тудырады. Центрге тартқыш күштің әсерінде болатын, жоғары жылдамдықтағы жел ағыны кезінде жүктер (11) радиалды түрде тура өзекше бойынша осьтан сыртқы аумаққа ауысады. Нәтижесінде қисықсыздықты қалақшалардың жалпы ауданы кішірейеді және желдоңғалағының айталу жылдамдығы азаяды, бұл құрылыстың жоғары жылдамдықтан сынудың алдын алуын береді.

Ұсынылған желдоңғалағы жел ағынының максимум энергиясын қолдануға мүмкіндік береді, энергияның қолдану коэффициентін жоғарылатады, ал алынатын кинетикалық энергияны әртүрлі механизмдердің немесе генераторлардың жетегі ретінде пайдалануға болады.

Өнертабысты экологиялық таза альтернативті энергия көздерінде жетек ретінде қолдануға болады.

#### Қорытынды:

Осылай, дәстүрлі жел қозғалтқыштарына қарағанда, берілген құрылғы желдің төмен, орташа және жоғары жылдамдықтарында қалақшаның геометриясын автоматты түрде өзгерте алады. Бұл жел агрегатының сенімділігін арттырады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 **Лысенко, В. С., Сулейменов, Б. Т., Рафиков, И. Х.** Кинетическая энергия природных вихрей. *Materials VIII International Practical Conference Applied Energy and Environment-2012.* – Praha. – 27.07. – 05.08.2012. – С. 61-64.

2 **Перминов, Э. М.** Состояние и перспективы развития мировой ветроэнергетики // *Энергохозяйство за рубежом.* – 2003. – Вып. 1. – С. 164-170.

3 **Инновационный патент РК № 26105 на изобретение «Ветроколесо»**, Дробинский А. В., Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б. 14.09.2012, бюл. № 9.

4 **Шапкенов, Б. К., Дробинский, А. В., Кайдар, А. Б.** «Перспективы развития микро энергетики в Казахстане». Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции им. МашхурЖусипа посвященной 20-летию Независимости Республики Казахстан. – 2011. – Павлодар, Павлодарский Государственный Университет им. С. Торайгырова. – С. 231-240. – 0,25 п.л.



Материал 14.12.15 баспаға түсті.

*А. Б. Кайдар, Б. К. Шапкенов, А. П. Кислов, Ж. Жанат, С. Е. Айтжанов,  
Қ. Б. Жақып, Д. Ф. Файзулла, Қ. Е. Джансаринов, Ж. М. Оспанова*

**Повышение эффективности преобразования энергии ветра**

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 14.12.15.

*A. B. Kaidar, B. K. Shapkenov, A. P. Kislov, Z. Zhanat, S. E. Aitghanov,  
K. B. Zhakyp, D. F. Faizulla, K. E. Dzhansarinov, Z. M. Ospanova*

**Efficiency of wind energy conversion**

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.  
Material received on 14.12.15.

*В статье отмечено, что в Казахстане намечается тенденция  
реального строительства ветроэлектростанций. Предложена  
конструкция ветроагрегата, обладающего повышенной  
эффективностью преобразования энергии ветра.*

*The article notes that there is a tendency of the real construction  
of wind power stations in Kazakhstan. A design of a wind turbine with a  
higher efficiency of wind power conversion is proposed.*

УДК 621.311

**А. Б. Кайдар<sup>1</sup>, Б. К. Шапкенов<sup>2</sup>, А. П. Кислов<sup>3</sup>, Ж. Жанат<sup>4</sup>,  
С. Е. Айтжанов<sup>4</sup>, Қ. Б. Жақып<sup>4</sup>, Д. Ф. Файзулла<sup>4</sup>,  
Қ. Е. Джансаринов<sup>4</sup>, Ж. М. Оспанова<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>магистр, <sup>2</sup>т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, <sup>3</sup>т.ғ.к., профессор, Энергетика  
факультетінің деканы, <sup>4</sup>студенттер, С. Торайгыров атындағы Павлодар  
мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

**ТҰРАҚТЫ ТОҚТЫҢ САЛҒЫЛАРЫ МЕН ЖЕЛІСІНІҢ  
ҚОЛДАНУ ПРОБЛЕМАЛАРЫ МЕН ТИІМДІ ЖАҒЫ**

*Мақала Қазақстан энергетикасына, трансшекаралық және ішкі  
байланыс жасау үшін, тұрақты тоқтың салғылары мен желісінің  
қолдану проблемасына арналған.*

*Кілтті сөздер: тұрақты ток, энергетикалық қауіпсіздік,  
Қазақстан энергетикасы, трансшекаралық және ішкі байланыс.*

Қазіргі таңда Қазақстанның электр станциялары өзіндік ұтынулардың  
толық қамтамасыздандыратын қуат потенциалына ие, бірақ торап  
сұлбаларының қалыптасуында және рыноктық конъюктурада Оңтүстік және  
Батыс аймақтары электр энергияны және қуатты импорттайды.

Бірақта, электр тұтынулар деңгейінің өсуі Қазақстан энергетикасын  
екі проблемаға қояды. Біріншіден, коммутациялық аппараттар мен электр  
беріліс желісін, электр энергиясын өндіретін өндірушілердің паркін қайта  
қайта құру керек, екіншіден, жаңадан электр станцияларын құру.

АҚ «KEGOC» қол астында орналасқан Қазақстанның ұлттық энергетика  
жүйесінде біраз жылдар бойы мемлекеттің қолдауымен Қазақстанның ұлттық  
энергетика тораптарын модернизациялау жобасы орындалды.

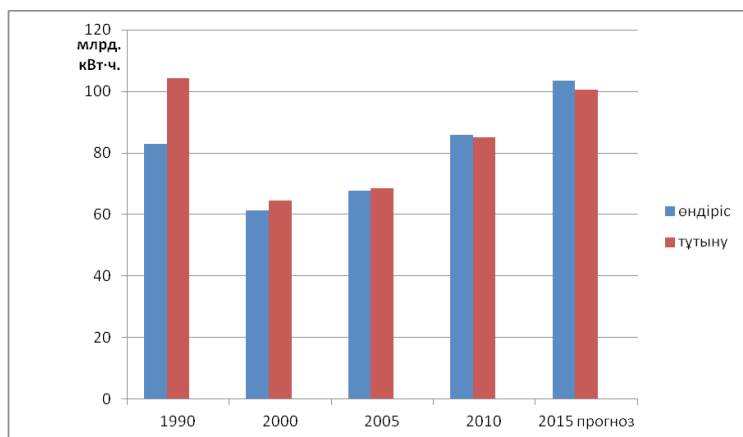
Жобаны қаржыландыру Халықаралық қайта құру және дамыту  
банкі (ХҚҚДБ), Еуропалық қайта құру және дамыту банкі (ЕҚҚДБ)  
және KEGOC-тың есебінен жүзеге асырылады. Жобаның бастапқы  
кезеңінде қосалқы станцияның жоғары вольтті қондырғыларын жаңарту  
қаралады (сөндіргіштерді, ажыратқыштар мен кернеу трансформаторы,  
ток трансформаторы, кернеу астын шектеу, тірек окшаулағыштары мен  
аккумуляторлы батареяларды ауыстыру). Соған қоса реактивті қуатты  
компенсациялау үшін шунттаушы реактор қондырғылары да қаралды.

Қазір KEGOC жобаның кезекті кезеңін жүзеге асыруда. Жүзеге асырудың  
бұл кезеңінде мемлекеттің энергия қауіпсіздігін ұлғайтады, Қазақстанның  
Ұлттық энергия жүйесінің (ҰЭЖ) жұмысының тұрақтылығының өсуіне  
қамтамасыз етеді. Сонымен қатар тұтынушылардың электр жабдықтауының  
сенімділігі мен сапасын қамтамасыз етеді.

Энергияның жетіспеушілігі өндіріс кәсіпорнының дамуына және мемлекеттік экономикалық өсуіне тежеу болады. Энергетика жағдайы Қазақстанның даму тұрақтылық жолына бөгеліс факторы болуы мүмкін, себебі электр энергетика инерциялы орта: жаңа қуаттарды енгізу қайта құру үшін уақытты қажет етеді.

Еліміздің Оңтүстік және Батыс бөлігінде электр станцияларында жаңа газтурбиналарды енгізуіне қарамастан электр энергия тапшылығы республикамыздың оңтүстігінде байқалады. «Солтүстік-Оңтүстік» екінші желісі енгізілгенге дейін қуат тапшылығы 1500 МВт-ты құрады. Көрсетілген жүйе іске қосылғаннан кейін тапшылық азайды, бірақ тапшылық мәселесі толығымен шешілген жоқ.

Қазақстанның индустриялық-инновациялық бағдарламасымен бекітілген қайта құру еліміздің электр энергиясының өсуін қамтамасыз етуін талап етеді. 2015 жылғы көрсеткіш бойынша электр энергияны тұтыну 100,5 млрд кВт\*ч көрсетіледі (сурет 1).



Сурет 1 – Қазақстан бойынша электр энергияны тұтыну және өндіріс динамикасы (млрд. кВт\*ч)

Орнатылған қуатта электр энергияны қамтамасыз ету үшін жаңа электр станциялар және ЭБЖ керек, сонымен қатар ескілерді жаңарту қажет. Елімізде бұл үрдіс соңғы 5-10 жыл жүріп жатыр. Электр желілерін жаңартуда Павлодарэнерго 1,5 млрд.тг жұмсап отыр, еліміздің батысында жаңадан газтурбиналы электр станциялары қолданысқа енгізілді.

Қазіргі кезде электр энергияның өндірілуі, оның берілуі және арақашықтығы, таратылуы мен тұтынылуы көбінесе айнымалы токта қолданылады. Бірақ, тұрақты токта тарату сирек.

Соңғы энергетиканың 10 жылдығында әр түрлі елдер қашықтықта электр энергиясын таратуда тұрақты токты қолданылады. Қазақстанда электр энергияны тұрақты токта тарату тәжірибиесі жүргізілуде.

Тұрақты ток электр беріліс желісінде (ТТЭБЖ) жіберу тогын шектейтін және айнымалы токты электр беріліс желісіне тән көптеген факторлар жоқ. Тұрақты токты ЭБЖ бойынша берілетін шекті қуат айнымалы токты ЭБЖ-сынан көп.

ТТЭБЖ қолдану және тұрақты токты ендіріме олардың спецификалық техникалық сипаттамаларымен анықталады [4, 5]:

– ТТЭБЖ көмегімен жиіліктің әрқайсысының тәуелсіз реттеу мүмкіндігін қамтамасыз ететін энергожүйелер арасындағы синхронды емес байланыс жүзеге асады. Әр түрлі жиілікте жұмыс істейтін ТТЭБЖ арқылы энергожүйелер қосылуы мүмкін;

– ТТЭБЖ түрлендіргішінің тез әрекет ететін реттеулері қуат ағының бағыты мен инерционсыз шамаларды өлшеуге ерік береді. Қажеттілік жағдайда арнайы реттеуіштер қолданылады, мысалы, жиілік ұстап тұру үшін, айнымалы токты параллельді ЖЖ бірқалыптылығын арттыру және т.б.;

– айнымалы токты энергожүйелердің қосылуы немесе ТТЭБЖ арқылы энергожүйеге қосымша токты енгізу ҚТ тогының өсуіне әкелмейді;

– айнымалы токты ЭБЖ-мен салыстырғанда тұрақты ток желілері жол желілері үшін 1,5 есе аз алыстату аймағына ие;

– жалпақ су бөгеттер арқылы суасты кабельдерімен ТТЭБЖ беру кезінде альтернативасы жоқ.

Енді кабельді желілерді қарастырамыз. Айнымалы токты кабельді желілер өте үлкен 15-20 км көп емес ұзақтыққа ие. Бұл екі себептен түсіндіріледі:

- кабель көмегімен туындайтын үлкен зарядты қуат;
- кабельдің бағасы қымбат.

Зарядты қуат кабельдің тарамы қыздыруына алып келеді, берілетін қуатты азайтады және кабель ұзындығын қысқартады. Сондықтан айнымалы токты кабельді желілер үлкен қашықтықта электр беру үшін тиімсіз болып келеді.

Тұрақты токты кабельді желілердің зарядты қуаты жоқ. Сондықтан тұрақты ток кабельді желілер ұзақ қашықтықта қолданылады.

Тұрақты токты қолданылу аймағы мүмкін жоспарында қазіргі электр энергетикада бұл:

- алыс электр беріліс желілері. Мұндағы арақашықтық көптеген жүздік және мыңдық км-мен есептеледі;
- үлкен суасты кеңістік арқылы электр энергияны беру;
- үлкен қалалардың ортасына үлкен қуатты терең енгізу;
- әртүрлі номиналды жиілікпен айнымалы токты жүйелер байланысы;

- «тұрақты ток машинасын» құру;  
– электр станциясының жүйесіне қосылу.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Шапкенов, Б. К., Калиев, Б. З., Кайдар, А. Б. Монография «Теория и практика энергетических преобразователей». – Saarbrücken, Germany : Издательство «LAP Lambert Academic Publishing», 2014. – 461 с.

2 Шапкенов, Б. К. Многоуровневая защита деятельности предприятий от аварий и негативных факторов». – Журнал «Комплексная безопасность». – № 10. – 2009. – С. 115-119.

3 Шапкенов, Б. К. Снижение рисков в системах электроснабжения и коммуникациях категоризированных предприятий. – Материалы междунауч. науч.-теоретич. конф. «III Торайгыровские чтения» 3 том. – 2009. – С. 466-475.

4 Иванова, Е. В., Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б. «Актуальность внутренних и трансграничных межсистемных связей для энергетики Казахстана». Наука и образование в XXI веке: динамика развития в евразийском пространстве. – Материалы III междунауч. научно-практич. конф. Инновационный Евразийский университет, Павлодар, 2012. – Т.2. – С. 41-45

5 Шапкенов, Б. К., Иванова, Е. В., Кайдар, А. Б. Межсистемные связи для энергетики Казахстана. Материалы XIV Международную научно-практическую конференцию аспирантов, студентов и молодых ученых «Теоретические знания – в практические дела» Филиал ФГБОУ ВПО «МГУТУ имени К. Г. Разумовского» в г. Омске 22 – 27 апреля 2013 года Программа секций – 2013. – ФГБОУ ВПО «МГУТУ имени К. Г. ... mgutu-omsk.3dn.ru/konferencia/2013/programma\_sekcij2013.pdf» 23 апр. 2013 г. – Витебск, Республика Беларусь.

Материал 14.12.15 баспаға түсті.

А. Б. Кайдар, Б. К. Шапкенов, А. П. Кислов, Ж. Жанат, С. Е. Айтжанов, Қ. Б. Жақып, Д. Ф. Файзулла, Қ. Е. Джансаринов, Ж. М. Оспанова

**Проблема и перспективы применения линий и вставок постоянного тока**

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 14.12.15.

А. В. Kaidar, В. К. Shapkenov, А. Р. Kislov, Z. Zhanat, S. E. Aitghanov, К. В. Zhakyp, D. F. Faizulla, К. Е. Dzhansarinov, Z. М. Ospanova

**Problems and prospects of using lines and HVDC**

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.  
Material received on 14.12.15.

*Статья посвящена проблеме применения линий и вставок постоянного тока для осуществления внутренних и трансграничных связей для энергетики Казахстана.*

*The article deals with the use of lines and HVDC for domestic and cross-border links to the Kazakstan energetics.*

ӘОЖ 621.32

**А. Б. Кайдар<sup>1</sup>, Б. К. Шапкенов<sup>2</sup>, А. П. Кислов<sup>3</sup>, Ж. Жанат<sup>4</sup>,  
С. Е. Айтжанов<sup>4</sup>, Қ. Б. Жақып<sup>4</sup>, Д. Ф. Файзулла<sup>4</sup>,  
Қ. Е. Джансаринов<sup>4</sup>, Ж. М. Оспанова<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>магистр, <sup>2</sup>т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, <sup>3</sup>т.ғ.к., профессор, Энергетика факультетінің деканы, <sup>4</sup>студенттер, С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

## **ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ТҮРЛЕНДІРУ ТИІМДІЛІГІ ЖОҒАРЫ АВТОНОМДЫҚ КЕРНЕУ ИНВЕРТОРЛАРЫНДАҒЫ IGBT ТРАНЗИСТОРЛАРЫНДА КҮШТІК МОДУЛЬДІ ҚОЛДАНУ**

*IGBT модульдарда атқарылған үш фазалық ендік-импульстік модуляциясымен инвертор қаралды. Фазалық кернеудің осциллограммасы және 3L керілеуінің тоғи әкелінген.*

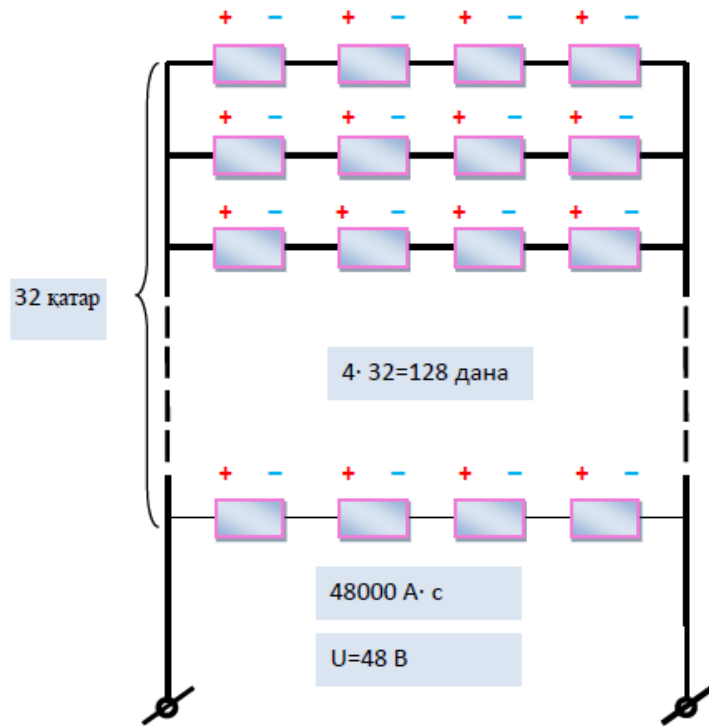
*Кілтті сөздер: үшфазалы инвертор, электрэнергияны түрлендірудің жоғары тиімділігі, 3L күштік модулі, IGBT транзисторлары*

Фотоэлектрлі күн батареялары және бір жел генераторы электрэнергияның жеткілікті мөлшерін береді. Бұл тиімсіз болады тек қана егер розетка түрінде балама болса. Егер жақын жерде электрберіліс желелері болмаса, онда гибриді жүйелерді қолдану экономикалық тиімді болады. Резерв түріндегі дизель-генератор немесе өнеркәсіптік желі бар болғанда, қалпына келетін энергия көздері негізінде жұмыс істейтін «жасыл» электр станциясының жұмыс сұлбасы құрама түрінде тиімді болады. Осылайша, «жасыл» немесе

басқаша гибриді электр станциясы шуақты немесе желді (3 м/с аса) күндері қуатты тұтынушыларға береді немесе аккумуляторлық батареяларды зарядтайды. Гибриді электр қондырғы керекті қуатты бере алмаған жағдайда, дизель-генератор қосылып жетіспейтін қуатты толықтырады.

Фототүрлендіргіштердің мен жел генераторларының энергиясын кернеуі 220/380 В және өнеркәсіптік жиілігі 50 гц болатын айнымалы токқа түрлендіруге ұйғарылған ғимараттың жүктемесіне 51 кВА сай, қуаты 64 кВА болатын инверторлар таңдалды.

Сыйымдылығы  $C_n$  1500 а·сағ 12 Вольтті FIAMM фирмасының қызмет көрсетілмейтін гелий аккумуляторлық батареялары жинауыш ретінде қолданылады (сур. 1).



Сурет 1 – Аккумуляторларды үш фазалы кернеу инверторына қосу сұлбасы

Жалпы саны АБ:

$$N = n_1 \cdot n_2,$$

$$N = 32 \times 4 = 128.$$

Суммалық сыйымдылығы АБ:

$$\sum C = C_n \cdot n_2, \text{ А} \cdot \text{ч}$$

$$\sum C = 1500 \cdot 32 = 48000 \text{ А} \cdot \text{ч}.$$

Күн панелдері ретінде номинал шығу қуаты 300 Вт және тогы 30 А, кернеуі 12 В болатын Grape Solar фирмасының GS300KIT маркалы фотоэлектрлік модульдері қолданылған. Максималды қуат нүктесіндегі фотоэлектрлік модульдің тогы (өндірушінің ерекшелігі бойынша) – 30 А.

Модульдердің жалпы саны:

$$N = \frac{C}{I} \cdot A \cdot \text{ч}$$

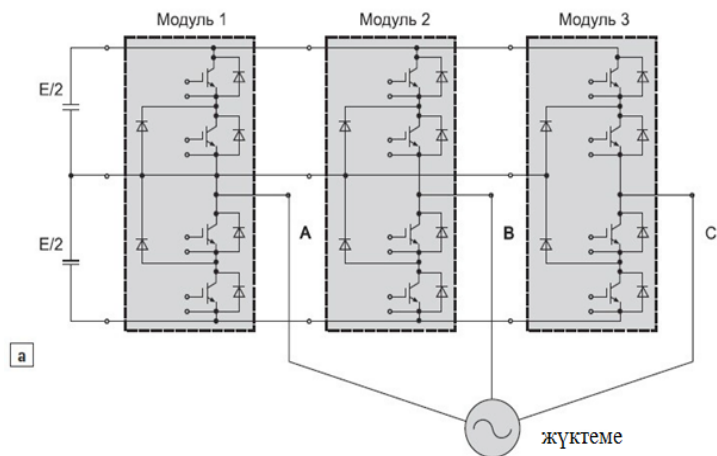
$$N = \frac{11520}{30} = 384 \text{ панель.}$$



Сурет 1 – Параметрлері 12 В, 300 Вт, 30 А, 1680x808x25 болатын Grape Solar фирмасының GS300KIT маркалы фотоэлектрлік модулі



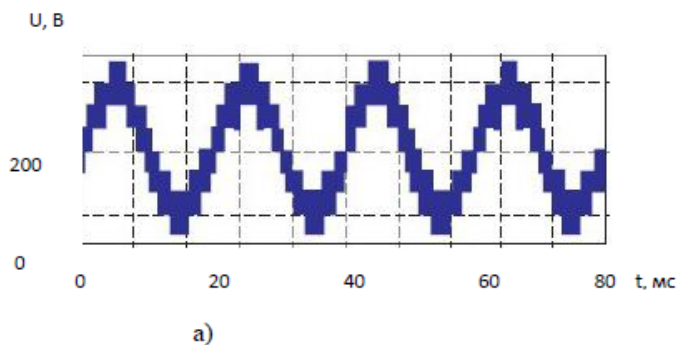
Инвертор (сур. 3) 48 В (12, 24, 36) тұрақты кернеуді кернеуі 220 В болатын айнымалы токқа түрлендіреді. Тұрақты ток көздеріне аккумуляторлық батареялар (АКБ), күн батареялары немесе жел генераторлары жатады.



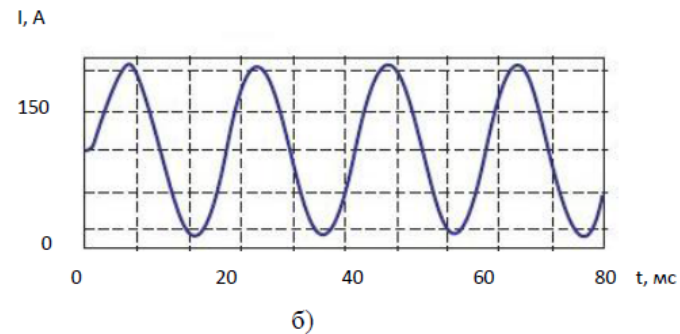
Сурет 2 – IGBT транзисторларымен 3L күштік модульдағы үш фазалық кернеу инверторы

Әрқайсысының сыйымдылығы  $C_n$  1500 А·сағ болатын, жалпы қуаты 48000 А·сағ және 128 аккумуляторлардан тұратын 12 Вольттік FIAMM фирмасының аккумуляторлық батареяларының [2] энергиясын пайдаланатын инвертор қолданылды.

Үш фазалы кернеу инверторының сұлбасы [3] үш 3L топологиялық конфигурациялық күштік модульде құрылған (сурет 21).



а)



б)

Сурет 4 – Инвертордың фазалық кернеуі (а) және фазалық тогы (б) (жиілігі 50 Гц)

Үш фазалы инвертор шығуындағы пайдалы қуат  $P_n$  формуламен анықталады:

$$P_n = \sqrt{3} I_{дф} U_{дл} \cos\varphi \quad (1)$$

Мұнда  $I_{дф}$  – ток фазасының әрекеттегі мәні;  $U_{дл}$  – инвертордың шығуындағы сызықты кернеудің әрекеттегі мәні.

Фазалық кернеу үшін модуляция тереңдігі  $m$  ескере отырып (1) формуланы, максималды ток жүктемесін  $I_{n \max}$  және корек көзінің кернеуін  $E$  [4] ескеретіндей көрсетуге болады:

$$P_n = 3/4 \cdot I_{n \max} m E \cos\varphi. \quad (2)$$

Инвертордың негізгі блогындағы шығындардың біршама мөлшері формула бойынша анықталады:

$$\delta = \frac{P_\Sigma}{P_n}, \quad (3)$$

мұнда  $P_\Sigma$  – инвертордың негізгі элементтеріндегі қуат шығындарының суммасы.

Топологиясы 2L және 3L болатын үш фазалы инверторлар үшін түрлендірудің энергетикалық тиімділікті сипаттайтын параметрлер 1 кестеде келтірілген.

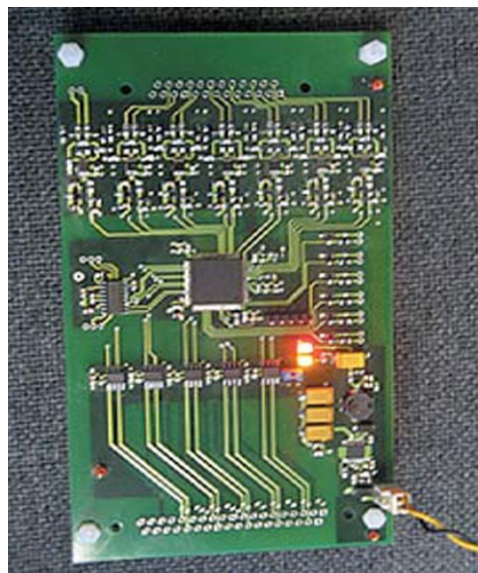
Кесте 1 – Үш фазалық кернеу инверторының параметрлерінің энергетикалық тиімділігі

АКИ сұлба түрі	$P_n$ , кВт	$P_\Sigma$ , кВт	$\delta$ , %
Екі деңгейлі АКИ	64	2,5	5,79
Үш деңгейлі АКИ	64	1,8	4,17

Жалпы қуат 3L сұлбасында 2L [5] сұлбасымен салыстырғанда қуат шығындары 700 Вт аз болып шықты. Басқаша айтқанда осы үлгідегі параметр жүктемесінде 3L-топологиялы күштік модульдерді қолдану түрлендірудің энергетикалық тиімділігін бір жарым есе арттырды.

3L күштік модульдерінің пайдалануының беріктігін, сапасын және жұмыс уақытын ұлғайту үшін қосымша түрінде шығарылды:

- Үш фазалы кернеу инвертор құрамындағы үш 3L күштік модульді берілген бағдарлама бойынша басқару үшін жиырма шығу каналы бар сандық програмаланатын контроллер;



Сурет 5 – Үш деңгейлі күштік модульдер үшін сандық контроллер



Сурет 6 – Үш деңгейлі күштік модульдің төртканалды драйвері

- Орнатылған асқын кернеу мен асқын ток жүктемесінен электронды қорғау жүйесімен жабдықталған 3L күштік модульді басқарудың драйвері. (сурет 6).

Қорғау және басқарудың ойлап табылған әдістерін қолдану арқылы 3L күштік модульдерінің үлгілерінің алдын ала жасалған сынақтары ойдағыдай өтті.

#### Қорытынды:

1) Энергияның аккумуляторлық жинағышы бар күштік IGBT модульдеріндегі инвертордың жұмысына байланысты жүргізілген тәжірибелік зерттеулер оның орнатылған сондай-ақ ауыспалы режимдегі үлкен сенімділігін көрсетті.

2) Модульдің интегралды құрылысы симметриялық емес коммутация контуры үшін паразитті монтаж индуктивтіліктің шамасын елеулі түрде түзетуді қамтамасыз етті.

3) Жиілігі 25 кГц 3L күштік модульде екі деңгейлі конфигурациялы модульмен салыстырғанда жалпы динамикалық және статикалық шығындар бір жарым есе аз болатыны бізге тәжірибелік зерттеулерден белгілі. Коммутация жиілігін 30 кГц дейін үлкейтсе, онда жалпы шығындар бойынша ұтыс екі есе өседі.

1 Кислов, А. П., Кайдар, А. Б., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К. Необходимость применения аккумуляторных накопителей в электроснабжении на основе возобновляемых источников. – Вестник ПГУ. – № 2. – 2014.

2 Кислов, А. П., Кайдар, А. Б., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К. Выбор топологии инвертора с аккумуляторными накопителями. – Вестник ПГУ. – № 2. – 2014.

3 Темирханов, Е. У., Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Кислов, А. П., Марковский, В. П. Многоуровневые инверторы для фотопреобразователей. Материалы международной научно-теоритической конференции «VI Торайгыровские чтения» посвященные 120-летию С. Торайгырова. – Т1. – 2013. – С. 392-401.

4 Шапкенов, Б. К., Калиев, Б. З., Кайдар, А. Б. Монография «Теория и практика энергетических преобразователей». – Saarbrucken, Germany : Издательство «LAP Lambert Academic Publishing», 2014. – 461 с.

5 Кислов, А. П., Темирханов, Е. У., Кайдар, А. Б., Иванова, Е. В., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П. Инверторы на 220 В на Trench IGBT-транзисторах 6 и 7 поколения для солнечных батарей. Материалы международной научно-теоритической конференции «VI Торайгыровские чтения» посвященные 120-летию С. Торайгырова. – Т1. – С. 325-332.

Материал 14.12.15 баспаға түсті.

*А. Б. Кайдар, Б. К. Шапкенов, А. П. Кислов, Ж. Жанат, С. Е. Айтжанов, Қ. Б. Жақып, Д. Ф. Файзулла, Қ. Е. Джансаринов, Ж. М. Оспанова*

**Применение силового модуля на IGBT транзисторах в автономных инверторах напряжения с повышенной эффективностью преобразования электроэнергии**

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 14.12.15.

*A. B. Kaidar, B. K. Shapkenov, A. P. Kislov, Z. Zhanat, S. E. Aitghanov, Q. B. Zhakyp, D. F. Faizulla, K. E. Dzhansarinov, Z. M. Ospanova*

**The use of IGBT power module transistors on a stand-alone voltage inverter with high efficiency of electric power conversion**

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 14.12.15.

*Рассмотрен трехфазный инвертор с широтно-импульсной модуляцией, выполненный на IGBT модулях. Приведены осциллограммы фазного напряжения и тока 3L инвертора.*

*There was considered three-phase inverter with pulse-width modulation contained on the IGBT modules. Shows the waveform of the phase voltage and current of 3L inverter.*

УДК 624.131.22:59.87

**В. А. Козионов**

к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

## **ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ДИСКРЕТНО-НЕОДНОРОДНЫХ ОСНОВАНИЙ БАШЕН СОТОВОЙ СВЯЗИ**

*Рассматриваются постановка и методика проведения математического моделирования эксперимента методом конечных элементов по определению характеристик прочности обломочно-глинистых грунтов при срезе. Приводятся результаты расчетных и экспериментальных исследований прочности грунтов природного состояния для ряда исследованных оснований башен сотовой связи.*

*Ключевые слова: композит, прочность при срезе, численное моделирование*

В связи активным развитием мобильной связи сотовыми операторами ведется работа по созданию собственных радиорелейных линий. Особенностью их функционирования является необходимость устройства высоких башен, зачастую, в сложных грунтовых условиях. Такая ситуация возникла при геотехнических изысканиях оснований для строительства шести башен сотовой связи Билайн высотой 75-85 м. на территориях Павлодарской и Акмолинской областей [1]. Осложняющим фактором здесь явилась сложность, а в ряде случаев невозможность подготовки образцов ненарушенной структуры из супесей и частично суглинков с включениями из дресвы и щебня от 20 до 70 %, что приводило к неполноте экспериментальных данных для назначения расчетных характеристик грунтов. Поэтому традиционные методы испытаний таких грунтов для ряда оснований башен оказались недостаточными. Это обусловило необходимость разработки специальной методики их исследования как композитных грунтов, формирующих дискретно-неоднородное основание башен.

В основу предлагаемой методики исследований положен расчетно-экспериментальный метод (РЭМ) определения механических характеристик грунтов [2]. Его сущность состоит в математическом моделировании физических экспериментов с помощью метода конечных элементов (МКЭ), что позволяет определять эффективные, т. е. осредненные по объему, параметры прочности грунтов по показателям свойств их компонент. К настоящему времени накоплен определенный опыт исследований грунтов данным методом в условиях компрессии, простого сдвига, двухосного сжатия, опытов в стабилометре [3]. Результаты исследований показывают, что при реализации РЭМ возникают неопределенности, связанные с идентификацией параметров прочности по результатам расчетов и экспериментов. Известные методики [4] относятся к алгоритмам идентификации для однородных грунтов и не предусматривают учета в них обломочных включений.

Для повышения точности определения прочности таких грунтов разработан специальный алгоритм их идентификации для данного типа сооружений, приведенный на рисунке 1.

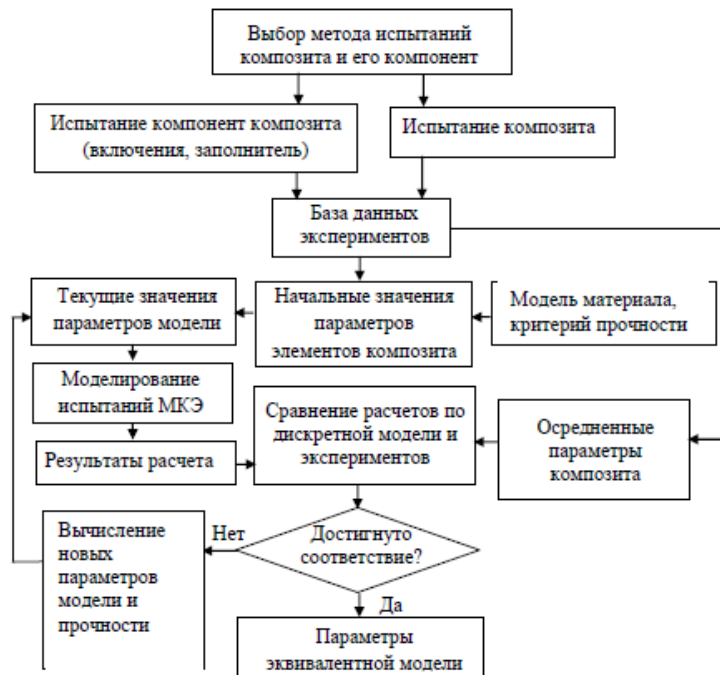


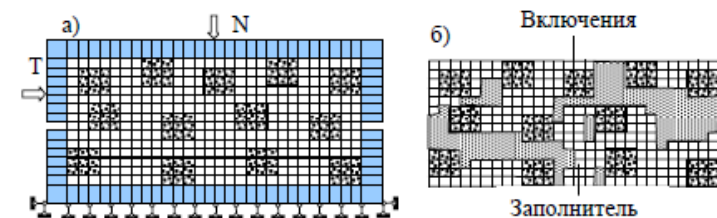
Рисунок 1 – Алгоритм идентификации параметров моделей прочности для крупнообломочных грунтов с наполнителем

Установление соответствия расчетных и экспериментальных данных осуществляется с помощью критерия Фишера [5]. После проведения процедуры идентификации выполняется определение с помощью РЭМ характеристик прочности тех разностей грунтов, которые имеют ограниченный объем экспериментальных данных. На заключительном этапе, путем статистической обработки результатов расчетных и экспериментальных исследований устанавливаются необходимые значения параметров прочности грунтов.

Экспериментальные исследования выполнялись на образцах грунтов природного и нарушенного сложения в срезных приборах. Механические характеристики включений определялись с использованием электронных приборов неразрушающего контроля «ПУЛЬСАР 1.0» и «ОНИКС 2.5». Математическое моделирование разрушения грунтов осуществлялось методом конечных элементов по программам SCAD и ГЕОМЕХАНИКА. Для описания механических свойств заполнителя и включений использована упруго-идеально-пластическая модель с критерием прочности Кулона-Мора.

Испытывались грунты естественных оснований башен Бозщеколь, Щидерты (Павлодарская область), Кенес, Рождественка, Приозерное, Максимовка (Акмолинская область) глин, суглинков и супесей, с включениями дресвы и щебня  $n$  от 20 % до 70 %. Максимальный размер обломочных включений составлял 10...15 мм.

На рисунке 2 приведена расчетная схема исследований РЭМ и механизм разрушения композитного грунта нарушенного строения при срезе. В качестве заполнителя использована глина с влажностью 27,2 % и удельным весом 18,6 кН/м<sup>3</sup>; размер включений – 4...8 мм.

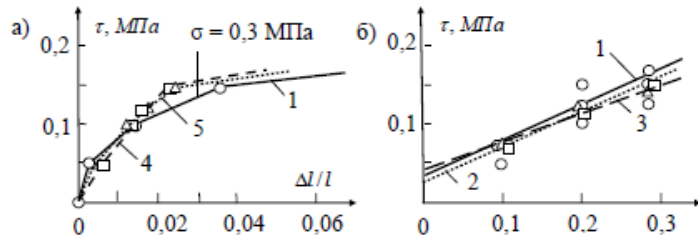


а – расчетная схема; б – разрушение с включениями при  $n = 30\%$   
Рисунок 2 – Моделирование испытаний композитных грунтов на срез

Анализ расчетов МКЭ и рисунка 2б показал, что в образце композитного грунта формируется сложное напряженное состояние с концентрацией напряжений вокруг включений. Это приводит сначала к образованию локальных зон разрушений около включений, а затем их перерастание в сплошную область разрушения. Характерные экспериментальные и



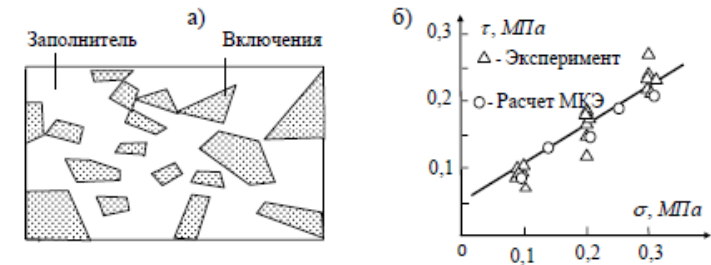
расчетные зависимости относительных горизонтальных перемещений верха срезной коробки прибора  $\Delta l/l$  от касательных напряжений  $\tau$  представлены на рисунке 3а. Кривая 4 соответствует линейным параметрам деформирования грунта в интервале  $\Delta\tau = 0,05 - 0,3$  МПа. Кривая 5 – нелинейным параметрам, зависящим от нормального давления в образце.



а –  $\Delta l = f(\tau)$ ; б –  $\tau = f(\sigma)$ ; 1 – эксперимент; 2 – дискретная модель; 3 – эквивалентная модель; 4 – линейная модель; 5 – нелинейная модель  
Рисунок 3 – Графики зависимости  $\Delta l/l = f(\tau)$ ;  $\tau = f(\sigma)$

Результаты определения сопротивления композитных грунтов срезу  $\tau = f(\sigma)$  при  $n = 50\%$  по данным экспериментов и расчетов МКЭ приведены на рисунке 3б. Анализ этих данных указывает на адекватность результатов расчетов и экспериментов. Это подтверждается соблюдением критерия Фишера  $F_c = 3,14 < F = 19,3$ . По результатам расчетно-экспериментальных исследований получены следующие параметры прочности грунтов при  $n = 50\%$ : удельное сцепление  $C = 46$  кПа; угол внутреннего трения  $\varphi = 17,20$ . Эти же показатели для заполнителя из глины составили:  $C = 25$  кПа;  $\varphi = 14^\circ$ . Данные результаты показывают, что наличие включений в глинистом грунте оказывает армирующее влияние на параметры их прочности. Наряду представленными результатами получено, что исследованные грунты обладают реологическими свойствами. Предел их длительной прочности  $\tau_\infty$  в два раза меньше условно-мгновенного значения  $\tau_0$ . При этом величина  $\tau_\infty$  зависит от содержания, крупности и прочности включений, а также влажности заполнителя.

Рассмотрим данные исследований супеси с включениями из щебня  $n = 30\%$ , как основания башни Кенес (рисунок 4а). Результаты экспериментов и расчетов в виде зависимостей сопротивления срезу  $\tau$  от нормального давления  $\sigma$ , т.е.  $\tau = f(\sigma)$  приведены на рисунке 4б. Из этого рисунка следует, что данные расчетов МКЭ находятся в поле разброса имеющихся экспериментальных данных. Это позволяет использовать для назначения расчетных параметров прочности данного грунта общую базу данных – эксперименты и расчеты МКЭ.



а – фрагмент структуры грунтов; б – зависимость  $\tau = f(\sigma)$   
Рисунок 4 – результаты исследований грунтов основания башни Кенес

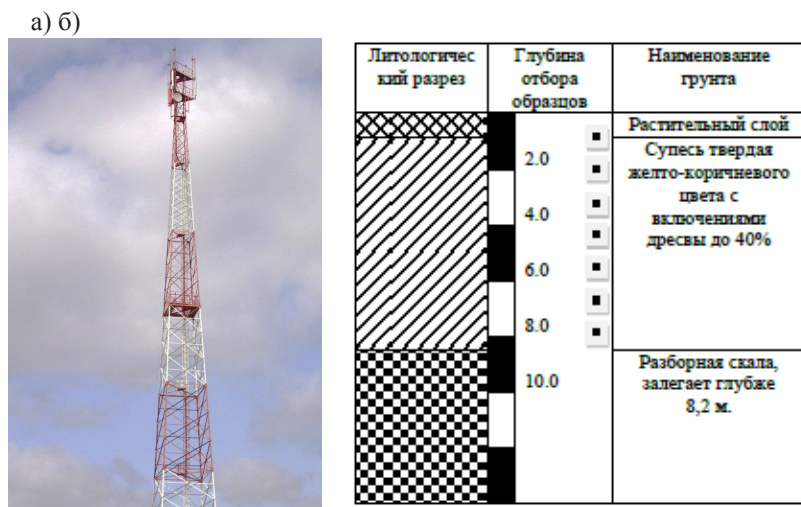
В таблице 1 приведены результаты определения параметров прочности грунтов для исследованных башен сотовой связи.

Таблица 1 – Параметры физико-механических свойств грунтов

Местоположение башен	Наименование грунта	Природная влажность	Удельный вес $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	Содержание дресвы и щебня $n$ %	Сцепление грунта $C$ , КПа	Угол внутреннего трения $\varphi$ , град
Щидерты	Суглинок твердый	0,20	20,9	До 20	57/19*	31/29*
	Глина твердая	0,17	22,3	До 20	167	21
Бозщеколь	Суглинок	0,29	18,5	До 20	50/45*	34/26*
Кенес	Супесь твердая	0,04	18,4	От 15 до 40	65/59*	35-37*
Рождественка	Супесь твердая	0,03	19,0	До 20	12,1*	28*
	Дресвяный грунт с заполнителем из суглинка до 30%.	0,10	20,6	До 70	113/25*	35-19
Приозерное	Супесь текучая	0,18	18,9	До 25	0	27*

\* – водонасыщенное состояние

На рисунке 5 приведены в качестве примера данные о построенной фирмой Мастер-Связь-Проект башне Кенес по результатам представленных исследований. Данные наблюдений за построенными башнями свидетельствуют об удовлетворительном их состоянии, что указывает на возможность использования в практике рассмотренной методики определения прочности грунтов.



а – общий вид башни; б – разрез основания башни по скважине  
Рисунок 5 – Башня Кенес

## ВЫВОДЫ

1. По результатам исследований получено, что наличие в глинистых грунтах включений оказывает армирующее влияние на параметры их прочности. Такие грунты обладают реологическими свойствами и снижают свою прочность во времени. Предел их длительной прочности зависит от содержания, крупности и прочности включений, а также от влажности заполнителя. Это обосновывает необходимость учета при геотехнических исследованиях реального строения, состава и состояния таких грунтов как композитов природного образования и реологических свойств их заполнителя.

2. Удовлетворительное соответствие выполненных физических и численных экспериментов, а также данные наблюдений за состоянием башен сотовой связи позволяют рекомендовать представленную методику в качестве дополнения к существующим способам оценки параметров прочности композитных грунтов в тех случаях, когда применение стандартных испытаний технически ограничено.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Козионов, В. А., Кудерин, М. К., Варламова, Л. А., Кульжигитов, Р. К. Оценка прочности глинистых грунтов с включениями дресвы и щебня // Наука и техника Казахстана, 2007. – № 2. – С. 18-26.

2 Механика грунтов, основания и фундаменты / С. Б. Ухов, В. В. Семенов, В. В. Знаменский и др. – М. : Высшая школа, 2010. – 566 с.

3 Тер-Мартirosян, З. Г., Мирный, А. Ю. Распределение напряжений и деформаций в неоднородном грунте с учетом формы, размеров и жесткости включений // Международный журнал «Геотехника», 2010. – № 3. – С. 21-27.

4 Болдырев, Г. Г. Методы определения механических свойств грунтов. Состояние вопроса. – Пенза : ПГУАС, 2008. – 696 с.

5 Адлер, Ю. П., Маркова, Е. В., Грановский, Ю. В. Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий. – М. : Наука, 1976. – 279 с.

Материал поступил в редакцию 30.11.15.

В. А. Козионов

Ұялы байланыс мұналарындағы дикретті-эртекті негіздің беріктігін бағалау

С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 30.11.15 баспаға түсті.

V. A. Kozionov

Discrete heterogeneous base strength assessment of the cellular communication towers

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.  
Material received on 30.11.15.

*Кесінді кезінде кесекті-балшықты топырақтардағы беріктігінің сипаттамасын анықтау бойынша негізгі элементтер әдісімен эксперименттің математикалық модельдеуді откізу әдістемесі және қойылымы қарастырылады. Ұялы байланыс мұналарының зерттелген негіздер қатарына арналған есептік және экспериментальды зерттеулердің нәтижелері келтіріледі.*

*Considered the settings and methods of mathematical modeling of the finite element method experiment to determine the detrital clay soils strength characteristics during the shearing. The results of calculation and*

experimental researches of the natural state of soil strength for the number of researched base cellular communication towers.

ӘОЖ 004.3

### Т. Мирғалиқызы

докторант, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің, Астана қ.

## БІР ТЕКТІ ЕМЕС ОРТА ҚҰРЫЛЫМДАРЫНА ЗЕРТТЕУЛЕР ЖҮРГІЗУГЕ АРНАЛҒАН БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚАМСЫЗДАНДЫРУДЫ ҚҰРАСТЫРУ

Мақалада электрлік томография әдісімен бедерлі жер беті бар бір текті емес орта құрылымын зерттеуде қолдануға болатын, электр өрісі түзілуінің негізгі заңдылықтарын ескере отырып, жуықтама кедергінің функциясын автоматты түрде тұрғызуға, шынайы жер беті бедерінің графигін құруға, жер беті бедері мен екіншілік тоқ көздерінің таралу тығыздықтарының 3D моделдерін тұрғызуға арналған бағдарламалық қамсыздандыруды құрастыру туралы баяндалады.

*Кілтті сөздер:* бағдарламалық қамсыздандыру, алгоритм, блок-сұлба, бір текті емес орта, электрлік томография.

*Кіріспе.* Есептеу техникасының қарқынды дамуы бір текті емес орта құрылымын геофизикалық әдістермен зерттеуге арналған бағдарламалы-аппараттық кешендерді түбегейлі өзгерістерге алып келді. Далалық жұмыстардың дәстүрлі әдістемесін өзгеріске ұшыратқан геофизикалық әдістерге арналған ықшам көп каналды автоматтандырылған аппараттық кешендер пайда болды [1, 2]. Геоэлектрлік қиманы зерттеудің жетекші әдістерінің бірі болып, іс жүзінде барлық елдер мен барлық құрылыстарда қолданылатын, жер бетінде бақыланатын электр өрісінің меншікті электрлік кедергісіне тәуелділігіне негізделген электрлік томография әдісі болып табылады.

Бедерлі жер беті бар бір текті емес орта үшін, авторлармен әзірленген электрлік томография есебін шешу әдісі мен алгоритмдер [3] жұмыстарында баяндалған.

*Бағдарламалық қамсыздандыруды құру алгоритмі.* Құрастырылған алгоритмдерді жүзеге асырып, ізделінді деректерді автоматты түрде есептеп, шығаратын бағдарламалық қамсыздандыруды құру жолының ұйымдастыру реті мен алгоритмі төмендегідей:

- 1 Кіріс және шығыс деректерін сипаттау;
- 2 Бағдарламаның функционалдық бөліктерін және олардың блок-сұлбасын әзірлеу;
- 3 Бағдарламаның блок-сұлбасын әзірлеу;
- 4 Бағдарламалау тілін таңдау және кодтау;
- 5 Шығыс деректерін интерактивті баптауға арналған визуалды интерфейс әзірлеу;
- 6 Нәтижелерді тестілеу;
- 7 Интерфейс және бағдарламаны сипаттау;
- 8 Зерттеу нәтижелерін талдау.

*Кіріс және шығыс деректерін сипаттау.* Жер бедеріндегі тоқ тығыздығын сипаттау үшін масштабы радиус бойынша логарифмді кеңейетін, қуаттандырғыш электродтың орнына және жер беті бедеріне бейімделген тор құрылады. Бастабында тор түйіндерінің координаттары координаттардың полярлы жүйесінде анықталады.  $(\varphi_i, r_i)$  координаттарын анықтау үшін әрбір координата үшін бастапқы мәндер мен қадамдар беріледі. Тәжірибелік өлшеулердің деректері енгізіледі: kol – қабылдайтын электродтар саны; MN ( $m$ ) — қабылдау сызығының ұзындығы Ia ( $A$ ) – қуаттандырғыш электродтан ағып келетін тоқтың мәні; go1 ( $Om.m$ ) – ортаның кедергісі; Z(1:kol) – қабылдағыш электродтардың орындарының биіктіктерінің координаттары, олардың саны kol параметріне тең. Z(1:kol) – дан басқа барлық деректер бағдарламаның терезесі арқылы енгізіледі.

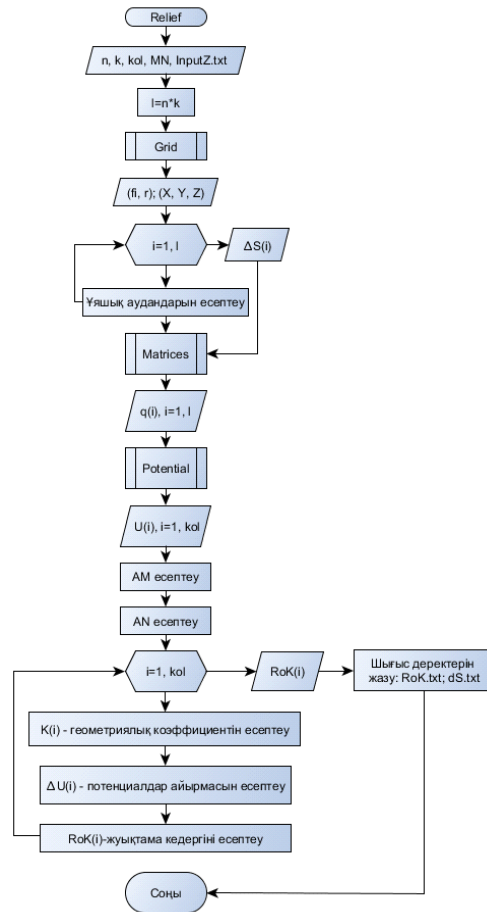
Осылайша кіріс деректері болып табылатындар: қабылдайтын электродтар саны – kol; қабылдау сызығының ұзындығы – MN ( $m$ ); есептеу торын құру үшін, радиус бойынша бөлінді саны – n; есептеу торын құру үшін, бұрыш бойынша бөлінді саны – k; қуаттандырғыш электродтан ағып келетін тоқтың мәні – Ia ( $A$ ); ортаның кедергісі – go1 ( $Om.m$ ); қабылдағыш электродтардың орындарының биіктіктерінің координаттары – Z(1:kol).

Шығыс деректері – жер бетіндегі тоқ тығыздықтары (q.txt), екіншілік тоқ көздері (qdS.txt), жуықтама кедергі (RoK.txt), потенциал (U.txt), полярлық жүйедегі екі өлшемді тор түйіндерінің координаттары (fi\_r.txt), Декарттық жүйедегі үш өлшемді тор түйіндерінің координаттары (XYZ.txt), екіншілік тоқ көздерін бейнелейтін ұяштар аудандары (dS.txt), өлшенетін нүктелердің координаттары (InputXZ\_New.txt) болып табылады.

*Бағдарламаның функционалдық бөліктерін құру және блок-сұлбасын әзірлеу.* Негізгі алгоритмді іске асыруда бағдарламаның келесі функционалдық бөліктері құрылды:

- 1 Тор құру;
- 2 Өзара әсерлесу коэффициенттері матрицасын құрастыру және итерация әдісімен сызықтық алгебралық тендеулерді шешу;
- 3 Жер бетіндегі потенциалдарды есептеу.

Бағдарламаның барлық функционалдық бөліктері [3] жұмысында баяндалған алгоритм бойынша орындалған. Алгоритмнің негізінде әзірленген бағдарламаны жүзеге асыру блок-сұлбасы 1 суретте келтірілген.



Сурет 1 – Негізгі бағдарламаның алгоритмін іске асырудың блок-сұлбасы

Бағдарламалау тілін таңдау және кодтау. Бағдарламалық қамсыздандыру екі ортада жасалған: алгоритмді іске асыру бағдарламасы

Intel® Fortran Compiler for Windows компаниясының лицензиялық компиляторы бар Microsoft Visual Studio 2010 ортасында және шығыс деректерін бейнелеп, өңдеуді ұйымдастыру үшін Matlab R2013 лицензиялық жүйесінде орындалған.

Fortran негізінен ғылыми есептеулер мен сандық талдауда ғылыми-техникалық есептерді шығару үшін және сандық мәліметтерді математикалық түрде өңдеу үшін қолданылатын бағдарламалау тілі болып табылады. Дербес ЭЕМ арналып Fortran-да жазылған бағдарлама мини-ЭЕМ-де де, макро, супер- компьютерлерде де жұмыс істей алады. Және де орындалатын кодтың жоғары нәтижелілігін де атап өткен жөн. Fortran бұл көрсеткіш бойынша басқа тілдерден басым болып келеді. Fortran компиляторларының құрастырушылары үнемі нәтижелілікке ерекше көңіл бөлген, ал тілдің құрылымы осыған мүмкіндік береді. Fortran тілінде алуан түрлі көптеген кітапханалар құрылған. Олар сандық әдістер мен алгоритмдерді шешуде, сонымен бірге жаңа есептерді шығаруда тамаша құрал ретінде қызмет етеді.

MatLab бағдарламалау тілі – техникалық есептеулер үшін жоғары нәтижелі тіл болып табылады. Бұл – матрицалардың және ағындар, функциялар, мәліметтер құрылымын басқаратын, жоғары деңгейдегі массивтердің тілі, және объектілі-бағытталған бағдарламалау ерекшеліктері бар тіл. Сонымен қатар, MatLab екі- және үш өлшемді мәліметтерді визуалдау, суреттерді өңдеу, анимациялау және безендірілген график жасау үшін жоғары деңгейдегі командалардан тұратын графикалық жүйе.

Бағдарламалардың осы сипатталған мүмкіндіктері мен артықшылықтарын ескере отырып, қойылған есепті шешу алгоритмін жүзеге асыру үшін Fortran және MatLab бағдарламалау тілдері таңдалып алынды.

Берілген есеп шешімінің алгоритмі Fortran ортасындағы консольды қосымша түрінде жүзеге асырылды, ол жүктелетін «Relief.exe» бағдарламасын құрайды. Мұнда кіріс мәліметтерін оқу арқылы барлық ізделінді мәліметтер есептеліп шығарылады. Алынған нәтижелерді визуалдау және жер беті бедеріндегі жуықтама кедергінің функциясын автоматты түрде құрастыру, шынайы жер беті бедерінің графигін құру, жер беті бедері моделіндегі екіншілік тоқтардың таралу тығыздығын анықтау интерактивті графикалық MatLab жүйесінде оындалды.

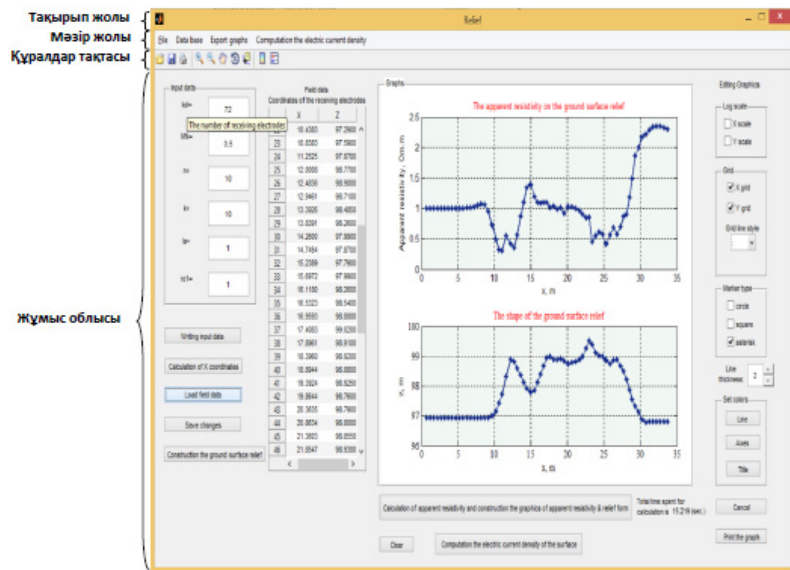
Бағдарламалық қамсыздандырудың интерфейсі. Бағдарламалық қамсыздандыру бірнеше қосымшалардан тұрады: барлық негізгі ізделінді деректерді есептеу үшін «Relief.exe» қосымшасынан және есептеулерді визуалдау және шығыс деректерін тұрғызуға арналған «EITGSR.exe» қосымшасынан тұрады.

Бағдарлама ортасы Windows жүйесінің бағдарламалар терезесінің негізгі қасиеттеріне сәйкес келеді. Бағдарлама тақырып жолынан және терезені басқаруға арналған стандартты батырмалардан (солдан оңға



карай); мәзір қатарынан; бағдарламаның ашық деректерімен жұмыс істеуге арналған басқару батырмалары бар құрал-саймандар тақтасынан; деректерді енгізуге, есептеулерді жүргізуге және алынған нәтижелерді баптауға арналған терезенің жұмыс облысынан тұрады (сурет 2). Жұмыс облысы бөлігі арқылы барлық кіріс деректер енгізіліп, сәйкес бұйрық батырмаларын басу арқылы есептеулер орындалады және ізделінді шығыс деректер табылады. Анықталған деректердің негізінде жер беті бедеріндегі жуықтама кедергінің функциясын автоматты түрде тұрғызуға, шынайы жер беті бедерінің графигін құруға, жер беті бедері мен екіншілік тоқ көздерінің таралу тығыздықтарының 3D моделдерін тұрғызуға болады.

*Қорытынды.* Бағдарламалық қамсыздандыруды құрастырудың қадам бойынша жүзеге асырылатын алгоритмі жасалды. Бұл алгоритмді құрастыру барысында бағдарламаның кіріс және шығыс деректері сипатталды, бағдарламаны жүзеге асырудың функционалдық бөліктері құрастырылып, бағдарламалық қамсыздандыруды жүзеге асыратын блок-сұлба тұрғызылып, оның негізінде кодтау жүргізілді. Нәтижесінде [3] жұмысында баяндалған алгоритмді жүзеге асыратын бір текті емес орта құрылымдарына зерттеулер жүргізу кезіндегі электрлік барлау мәліметтерін интерпретациялаудың анықталған кемшіліктерін жоюдың неғұрлым нәтижелі болуына мүмкіндік беретін бағдарламалық қамсыздандыруды құрастырылды.



Сурет 2 – Бағдарламалық жасақтаманың негізгі терезесі

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 **Бобровников, Л. З., Кадыров, И. Н., Попов, В. А.** Электроразведочная аппаратура и оборудование. – М. : Недра, 1985. – 336 с.

2 **Gunther, T., Rucker, C.** Boundless Electrical Resistivity Tomography // BERT 2 - The user tutorial. – 2013. – Ver. 2.0.

3 **Mirgalikzy, T., Mukanova, B., Modin, I.** Method of Integral Equations for the Problem of Electrical Tomography in a Medium with Ground Surface Relief. – Journal of Applied Mathematics. – vol. 2015. – Article ID 207021. doi:10.1155/2015/207021. ISSN (1110-757X) (Print). ISSN (1687-0042) (Online).

Материал 27.10.15 баспаға түсті.

*T. Mirgalikzy*

**Разработка программного обеспечения для проведения исследований структур неоднородных сред**

Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана.

Материал поступил в редакцию 27.10.15.

*T. Mirgalikzy*

**Development of software to study the structures of inhomogeneous media**

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana.

Material received on 27.10.15.

*В данной статье рассматривается разработка программного обеспечения, которое позволяет рассчитывать поле точечного источника на поверхности неоднородной среды, имеющей рельефную поверхность, построить функцию кажущегося сопротивления, с учетом основных закономерностей формирования электрического поля, также, интерактивно строить и редактировать функцию кажущегося сопротивления на рельефной дневной поверхности и форму рельефа поверхности и трехмерные модели распределения токов вторичных источников на поверхности и рельефа дневной поверхности земли.*

*This article discusses the development of software that allows to calculate the field of the point source on the ground surface in inhomogeneous medium, allows to construct a function of apparent resistivity, taking into account the basic laws of formation of the electric field, allows to interactively build and edit a function of apparent resistivity*

*at the ground surface relief and shape of the terrain surface and three-dimensional models of the current distribution of secondary sources on the surface and the ground surface topography of the earth.*

ӨОЖ 004.42

**Б. Г. Муқанова<sup>1</sup>, К. Т. Искаков<sup>2</sup>, Т. Мирғалиқызы<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ф.-м.ғ.д., профессор м.а., <sup>2</sup>ф.-м.ғ.д., профессор, <sup>3</sup>докторант, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.

### **ЭЛЕКТРЛІК ТОМОГРАФИЯ ӘДІСІНДЕ БІР ТЕКТІ ЕМЕС ОРТА ҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУГЕ АРНАЛҒАН БАҒДАРЛАМАЛЫ-АППАРАТТЫҚ КЕШЕНДІ ҚОЛДАНУ**

*Мақалада бір текті емес орта құрылымын бұзбай зерттеудің электрлік томография әдісіне арналған «Омега-48» бағдарламалы-аппараттық кешенінің көмегімен жасанды нысанда жүргізілген зерттеулер нәтижесі келтірілген.*

*Кілтті сөздер: бір текті емес орта, электрлік томография әдісі, бағдарламалы-аппараттық кешен, бедерлі жер беті.*

*Кіріспе.* Есептеу техникасы облысындағы прогресс бір текті емес орта құрылымын геофизикалық әдістермен зерттеуге арналған бағдарламалы-аппаратты кешендерді түбегейлі өзгерістерге алып келді. Далалық жұмыстардың дәстүрлі әдістемесін өзгеріске ұшыратқан геофизикалық әдістерге арналған ықшам көп арналы автоматтандырылған аппараттық кешендер пайда болды [1].

Геоэлектрлік киманы зерттеудің жетекші әдістерінің бірі, іс жүзінде барлық елдер мен барлық құрлықтарда қолданылатын, жер бетінде бақыланатын электр өрісінің меншікті электрлік кедергісіне тәуелділігіне негізделген бүгінгі күні электрлік томография әдісіне түрлендірілген тік электрлік зондтау (ТЭЗ) әдісі болып табылады. Электрлік томография әдіс ретінде шамамен 20 жыл бұрын пайда болып, үш жағдайдың әсерінен өндірістік технологияға айналды: біріншіден, тұрақты тоқ әдісінің қарқынды дамуы, екіншіден, мәліметтерді жинау үдерісін автоматтандыруды ұлғайту мақсатында әдістемелік және технологиялық зерттеулер жүргізу, үшіншіден, қазіргі заман деңгейінде осыдан 25-30 жыл бұрын шешу мүмкін болмаған есептерді өте жылдам және жоғары дәлдікпен шешуге мүмкіндік беретін компьютерлік техниканың дамуы. Электрлік томография әдісінің

қалыптасуына ықпалын тигізген келесі ғалымдардың жұмысын жатқызуға болады: Edwards L. S. 1977; Barker R. D. 1981, 1992; Griffiths D. H. and Turnbull J. 1985; Zohdy A. A. R. 1989; Dahlin T. 1993, 1996; Loke M. H. and Barker R. D. 1996; Бобачев А. А., Модин И. Н. и др. 1995, 1996, 2006, 2008 [2] жұмыста әдістің қысқаша даму тарихы келтірілген.

*Бір текті емес орта құрылымын бұзбай зерттеуге арналған электрлік томография әдісі.* Электрлік томография әдісінің идеясы жер бетіне (сурет 1), бақыланатын профиль бойына, өзара бірдей қашықтықта орналастырылған белгілі бір сандағы металл (әдетте, тот баспайтын болаттан жасалады) электродтар қондырылады. Қандай да бір уақыт мезетінде, осы жүйеге кіретін белгілі бір екі электродқа, электрлік кернеу жіберіледі. Бұл екі электрод қуаттандырғыш, ал, барлық қалған электродтар қабылдағыш электродтар болып саналады. Электродтар жұбының ауысып қосылуы алдын-ала құрастырылған хаттамаға сәйкес анықталған кезек бойынша орындалады. Қуаттандырғыш электродтардағы кернеу біртектісіз өткізгіш ортада электрлік ток қоздырады, тоқ ортада электр өрісін тудырады. Өз кезегінде, қабылдағыш электродтармен электр өрісінің кернеулігі өлшенеді.

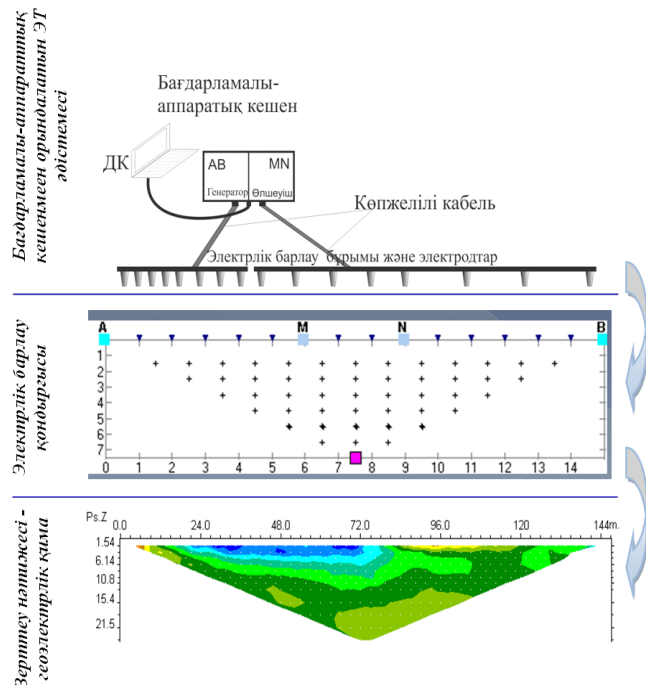
Осы ерекшеліктердің іс жүзіне асуы мәліметтерді өңдеу және инверсия жасау үшін мамандандырылған аппараттық жүйелер мен дамыған бағдарламалық құралдар жасап шығарудың қажеттілігіне алып келді. Осылайша, қазіргі уақытта электрлік томография біріне бірі жалғасқан үш бөліктен тұратын біртұтас кешенге айналды (сурет 2):

1 бақылау әдістемесі мен мәліметтерді жинау жүйесі;

2 бағдарламалы-аппараттық кешен;

3 мәліметтерді өңдеу мен интерпретациялау бағдарламалары.

Көпэлектродты аппаратурада бақылау әдістемесі – бұл электродтарды қабылдағыш және қуаттандырғыш электродтар ретінде қосудың ретін анықтау болып табылады. Бұндай анықтау хаттамада толтырылып, сипатталады. Әдетте, электрлік томографияға арналған аппараттарда алдын-ала құрастырылған хаттамалар жиынтығы бар болады. Бұл жағдай бізге өзіміздің хаттаманы құрастырып, пайдалануға шектеу қоймайды.



Сурет 1 – Электрлік томография әдісінің идеясы



Сурет 2 – Электрлік томографияның құрылымды бөліктері

Электрлік томографиялық зерттеулер нәтижесінде далалық мәндер алынып, олар келесі формула бойынша жуықтама меншікті электрлік кедергіге ( $\rho_k$ ) түрлендіріледі:

$$\rho_k = K \frac{\Delta U_{MN}}{I_{AB}}$$

мұнда,  $\Delta U_{MN}$  – M және N қабылдағыш электродтар арасында өлшенген потенциалдар айырымы,  $I_{AB}$  – қуаттандыру сызығындағы ток, а K – қондырғының геометриялық коэффициенті.

Жуықтама кедергінің мәні, электродтардың арақашықтығы мен қуаттандырушы ток күшінің берілген мәндерінде, шынайы бір тексіз ортада қандай потенциалдар айырмашылығы пайда болса, дәл сондай ортаның шынайы меншікті электрлік кедергісіне тең болады.

Жуықтама кедергінің  $\rho_k$  мәндері бойынша қондырғының таратылуына байланысты ТЭЗ қисықтары тұрғызылады. Алынған қисықтардан алғашқы геологиялық модель құрастырылып, ары қарай интерпретация орындалады.

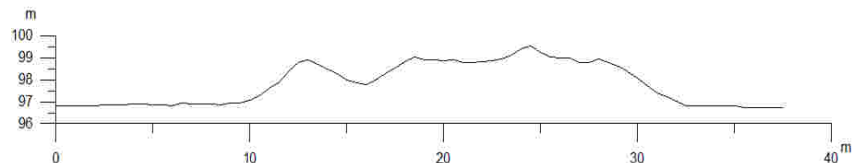
Бедерлі жер бетіндегі жасанды нысанда зерттеулер жүргізу. Шынайы жер беті бедерінде тәжірибелік мәліметтер алу және электротомографиялық зерттеулерді инверсиялау нәтижелеріне жер беті бедерінің әсерін нақты анықтау мақсатында жер беті бедері тегіс емес ойлы-қырлы болып келген жасанды нысанда далалық жағдайда тәжірибелер жүргізілді.



Сурет 3 – «Омега-48» электротомографиялық құралы

Жасанды нысан ретінде құм үйіндісі алынды. Құм сазтопырақты, беті тегіс (жер беті бедерінің тегістігінің ауытқуы бірінші сантиметрлер ғана) болып келген негізде (дала) орналасқан. Құм үйіндісі ауданы шамамен 400 квадрат метр болатын жерді алып жатыр, биіктігі 4 метрден аспайды. ЭТ профилі сызығының бойымен геодезиялық нивелирдің көмегімен жер беті бедерлерінің биіктіктері өлшенген (сурет 4). ЭТ жұмыстардың профилі 37.5 метр, ал электродтардың арасындағы қадам 0.5 метр болды. Нәтижелер өңделіп, жуықтама кедергілердің қималары алынды және инверсиялар құрылды (5, 6 – суреттер).





Сурет 4 – Зерттеу нысанының профиліндегі жер беті бедері

Электрлік томографиялық зерттеу жұмыстары «Омега-48» бағдарламалық-аппараттық кешенінің көмегімен орындалды (3 сурет). Жұмыстар стандартты электротомографиялық әдіс бойынша атқарылды.

Генерацияланатын сигнал ретінде үзілісті меандр орнатылды. Тоқ өткізу уақыты 100 мс-қа тең болды (толық период – 400 мс). Үш әр түрлі қондырғы қолданылды: 4-электродты симметриялы Шлюмберже, дипольді-осьті (dipole – dipole) және үш электродты Шлюмберже қондырғысы (Amn+mnB) (Pole-dipole). Генератордың шығу кернеуі 200 В – тан 400 В аралығында өзгерді, бұл 1 мВ-тан аз емес сигналдарды қабылдауды қамтамасыз етті. Жұмыс бастардың алдында бұрымдағы электродтардың өтпелі кедергілері өлшенді. Электродтардың өтпелі кедергілерінің шекті мәндері 10 кОм – нан асқан жоқ, бұл тоқ өткізгенде және сигналдарды өлшегенде гальваникалық түйісу үшін қанағаттанарлық шарттар туғызды. Шексіздік профильдің бағытына перпендикуляр, кем дегенде 50 метр қашықтыққа орналастырылды.

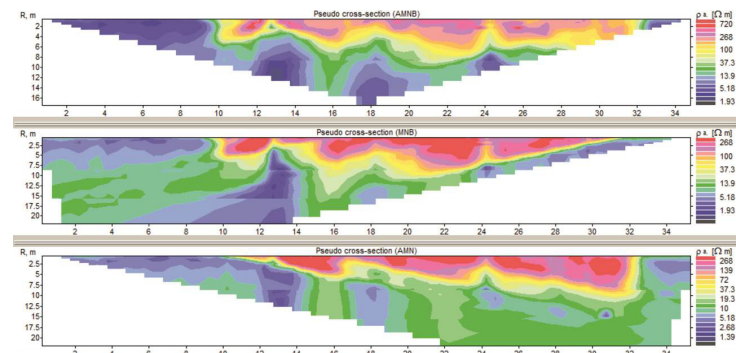
Мәліметтерді жинау үшін мамандандырылған бағдарламалық қамсыздандыру – «Omega Commander» («Логикалық жүйелер» ЖШС) қолданылды. Бұл бағдарламалық қамсыздандыру станцияның жұмысын басқаруды, мәліметтерді жинаудың параметрлерін енгізуді, сапаны алғашқы тексеруді және материалдарды компьютердің қатқыл дискіне жазуды қамтамасыз етеді. Мәліметтерді алдын ала өңдеу үшін «TomoFusion» дестесі («Геоскан» ҒӨО ЖШС) және x2ірі бағдарламасы (Бобачев А. А. ММУ) қолданылды.

*Деректерді өңдеу.* Далалық мәліметтерді өңдеу бірнеше кезеңнен тұрды. Бірінші кезеңге жуықтама кедергінің кимасын құру жатады (X2ІРІ бағдарламасында, Бобачев А.А. ММУ). Бағдарлама әр физикалық өлшеу үшін  $\rho_k$  есептейді. Нәтижесінде, X2ІРІ бағдарламасында жуықтама кедергілердің кималары алынды (1.19 сурет).

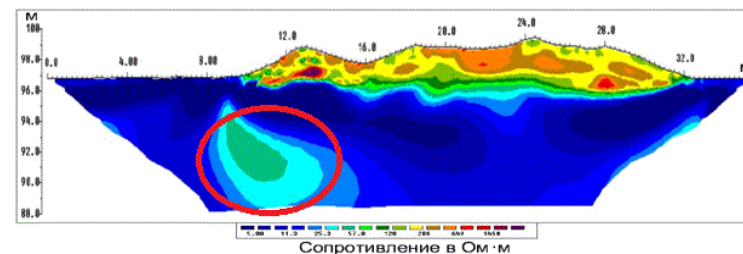
Әрі қарай қималарды өңдеу жүргізіледі:

- қателік кеткен нүктелерді жою (олар қиманың жоғарғы бөлігінің біркелкі еместігінен және аппаратура жұмысындағы күтпеген ақаулар болуынан);
- жер беті бедерін енгізу;
- бірнеше орналастыруды бір профильге біріктіру;
- Res2Dinv бағдарламасында қолданылатын форматында сақтау.

Екінші кезеңге Res2Dinv («Geotomo Software» Малайзия) бағдарламасында екі өлшемді инверсия жүргізу – жуықтама кедергінің бақылған өрісін екі өлшемді геоэлектрлік кимаға автоматты түрде есептеп ауыстыру жатады.



Сурет 5 – Зерттелген нысан профилінің жуықтама кедергісінің кималары



Сурет 6 – Зерттелген нысан профилінің инверсиялаудың нәтижесі

*Қорытынды.* Геоэлектрлік киманың алынған суретінен (сурет 6.) бір текті ортаның жер беті бедерінің күрт қисаю бұрышының астында анық байқалатын ауытқушылық көрінеді (қызыл шеңбермен ерекшеленген), ал шындығында, жасанды нысанның параметрлері бойынша, ол ауытқушылық жоқ. Бүгінгі күнде құрастырылған инверсия бағдарламалары (мысалы, Res2Dinv, M.H.Loke, 2000 және ZondRes2D, А. Е. Каминский, соңғы жаңару 26.06.10), адамның шынайы қатысуынсыз, және әсерінсіз электр өрісінің 2D-инверсиясы аясында кері есепті автоматты түрде шешуге бағытталған. Бұл жағдай, өз кезегінде қосымша белгісіз ақпарат әкеледі. Осыған байланысты, жер беті бедерінің әсерін ескеру мәселесі туындайды және бүгінгі күні қолданыстағы әдістерді зерттеу, талдау және шолу қажеттілігі пайда болады [3]. Жұмысында жер беті бедерін ескеруге арналған әдістерге



шолу жасалып, олардың ішінде ең тиімдісін таңдау арқылы жер беті бедерінің әсерін толықтай ескеруге мүмкіндік беретін әдіс ұсынылған.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 **Бобачев, А. А., Модин, И. Н., Перваго, Е. В., Шевнин, В. А.** Многоэлектродные электрические зондирования в условиях горизонтально-неоднородных сред. Разведочная геофизика. Обзор. АОЗТ «Геоинформмарк». – Вып. 2. – М., 1996. – 50 с.

2 Электроразведка. Пособие по электроразведочной практике для студентов геофизических специальностей. Том II. Малоглубинная электроразведка. Под редакцией проф. В. А. Шевнина, доц. А. А. Бобачева. Авторы: А. А. Бобачев, Д. К. Большаков, И. Н. Модин и В. А. Шевнин. – М.: МГУ, 2013. – 124 с.

3 **Mirgalikyzy, T., Mukanova, B., Modin, I.** Method of Integral Equations for the Problem of Electrical Tomography in a Medium with Ground Surface Relief. – Journal of Applied Mathematics. – vol. 2015. – Article ID 207021. doi:10.1155/2015/207021. ISSN (1110-757X) (Print). ISSN (1687-0042) (Online).

Материал 27.10.15 баспаға түсті.

*Б. Г. Муканова, К. Т. Искаков, Т. Миргаликызы*

**Применение программно-аппаратного комплекса для исследования структур неоднородных сред в методе электрической томографии**

Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана.

Материал поступил в редакцию 27.10.15.

*B. G. Mukanova, K. T. Iskakov, T. Mirgalikyzy*

**The use of hardware and software to study the structures of inhomogeneous media in the method of electrical tomography**

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana.

Material received on 27.10.15.

*В данной статье рассматривается применение программно-аппаратного комплекса для электрических томографий. Приведены результаты выполненных натурных экспериментов на искусственном объекте с рельефом дневной поверхности. Из полученной картины геоэлектрического разреза видна явно выраженная аномалия в однородной среде под крутым углом рельефа дневной поверхности, которая, в действительности, по параметрам искусственного*

*объекта, не существует. Из этого следует вывод, что в выполненной программе инверсии, не полностью учитывается влияние рельефа дневной поверхности.*

*This paper discusses the use of hardware and software for electrical tomography. The results of field experiments carried out on an artificial object with a ground surface relief are shown. From the resulting picture of geoelectric section is visible pronounced anomaly in a homogeneous medium at a steep angle of the Earth's surface topography, which, in fact does not exist. Conclusion from this is in implementing the software of inversion does not fully take into account the effect of the ground surface relief.*

УДК 621.372.8

**И. Т. Утепбергенов<sup>1</sup>, А. К. Оразымбетова<sup>2</sup>, Н. К. Смайлов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>д.т.н., профессор, <sup>2</sup>докторант, Казахской академии транспорта и коммуникации имени М. Тынышпаева, г. Алматы; <sup>3</sup>докторант Казахский Национальный исследовательский университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы

## **ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ИМПУЛЬСА, ВВОДИМОГО ПОД УГЛОМ К ОСИ, ОТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МОВ**

*В данной статье авторами выполнен эксперимент по исследованию зависимости длительности импульса излучения, вводимого под углом к оси, от температурного воздействия на МОВ.*

*Ключевые слова: оптическое волокно, дисперсия, уширение импульса.*

В оптических волокнах, при передаче импульсных сигналов, после прохождения некоторого расстояния импульсы расширяются и начинают перекрывать друг друга, это явление носит название дисперсии, которое является одной из важнейших характеристик, т.к. расширение во времени импульса ограничивает предельные скорости передачи информации по ОВ. Дисперсионные свойства ОВ приводят к искажению передаваемого сигнала, что, в свою очередь, ограничивает объем пропускаемой информации. В настоящее время уделяется большое внимание анализу механизмов этого явления с целью создания ОВ, имеющих малую величину временного уширения импульса [1, 2].

В одномодовом световоде дисперсия мод не проявляется. Однако из-за спектральной зависимости групповой скорости основной моды ширина полосы пропускания оказывается связанной с шириной спектра излучения источника. Это сужает полосу пропускания. Спектральная зависимость групповой скорости низшей моды определяется дисперсией материала и дисперсией конструкции. Причиной дисперсии материала является спектральная зависимость показателя преломления. Соотношение длины волны используемого излучения и диаметра сердцевины ОВ, при условии, что основная мода не выходит за пределы сердцевины, определяет дисперсию конструкции. В итоге коэффициенты распространения излучений с различными длинами волн в одном ОВ оказываются различными [3, 4].

Многомодовым ОВ присущи те же виды дисперсии. Причем значения дисперсии уменьшаются в ряду: дисперсия мод, дисперсия материала, дисперсия конструкции. В многомодовых световодах ширина полосы пропускания ограничивается дисперсией мод, а в одномодовом – дисперсией материала.

Были проведены исследования зависимости изменения длительности импульса  $\tau$  (нс), вводимого под углом  $\theta$  к оси ОВ, от температурного воздействия  $T$  (°C) на МОВ. Оптическое волокно находилось при разных температурах, а угол ввода оптического луча изменялся. При этом бухта с МОВ длиной 1500 м находилась в термостате. При измерениях выбиралась температура, задавался угол ввода излучения в МОВ, измерялась длительность импульса на полувысоте. Суммарное время измерения при каждой температуре не превышало 10 мин. Расплывание определялось по изменению длительности импульса на полувысоте относительно импульса, прошедшего МОВ без нагрузки при вводе излучения по оси световода (рисунок 1).

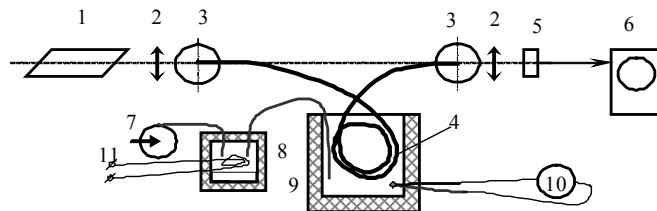


Рисунок 1 – Испытательный стенд для измерения длительности импульса излучения в ОВ при различной температуре: 1 – неодиимовый лазер (1,06 мкм) с пассивной модуляцией добротности, 2 – линза, 3 – поворотный столик с электронной системой контроля угла, 4 – бухта с МОВ, 5 – ФЭК, 6 – электронный осциллограф LeCroy, 7 – воздушный компрессор, 8 – термос с жидким азотом, 9 – термостат, 10 – термопара, 11 – нагреватель.

Полученные значения внесены в таблицу 1 и построен график (рисунок 2).

Таблица 1 – Зависимость изменения длительности ( $\Delta t$ , пс/км) импульса (1,06 мкм, 15 нс), вводимого под углом, от температурного воздействия на МОВ

T, °K	-50	-30	-10	0	10	20	30	40	50	60
«0°» (0)	2,9	2,1	1,3	0,9	0,5	--	0,1	0,1	0,2	0,2
«1,15°» (3)	3,0	2,2	1,4	1,0	0,5	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
«2,14°» (6)	3,1	2,3	1,5	1,1	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6
«3,12°» (9)	3,2	2,5	1,7	1,3	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7
«4,11°» (12)	3,4	2,7	1,7	1,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9

Температурные значения незначительно изменяются от предыдущего эксперимента при угле ввода 0 °C. С увеличением угла ввода источника излучения длительность импульсов возрастает.

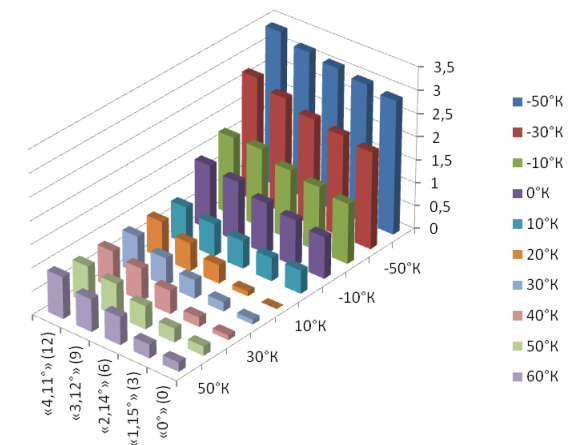


Рисунок 2 – Зависимость изменения длительности импульса, вводимого под углом, от температурного воздействия на МОВ

Результаты экспериментального исследования, были обработаны в программе MatLab. После чего, была получена математическая модель, зависимости изменения длительности импульса, вводимого под углом, от температурного воздействия на МОВ, учитывающая все результаты данного экспериментального исследования:

$$\Delta t(\phi, T) = 0.6 + 0.27 * \phi - 1.01 * T + 0.02 * \phi^2 + 0.11 * \phi * T + 0.85 * T^2 - 0.04 * \phi^3 + 0 * \phi^2 * T + 0.04 * \phi * T^2 + 0.35 * T^3 - 0.02 * \phi^3 * T + 0 * \phi^2 * T^2 - 0.03 * \phi * T^3 - 0.19 * T^4 + 0.01 * \phi^3 * T^2 + 0 * \phi^2 * T^3 - 0.02 * \phi * T^4 - 0.1 * T^5$$

По данной математической модели, был составлен обобщенный график зависимости изменения длительности импульса, вводимого под углом, от температурного воздействия на МОВ, рисунок 3.

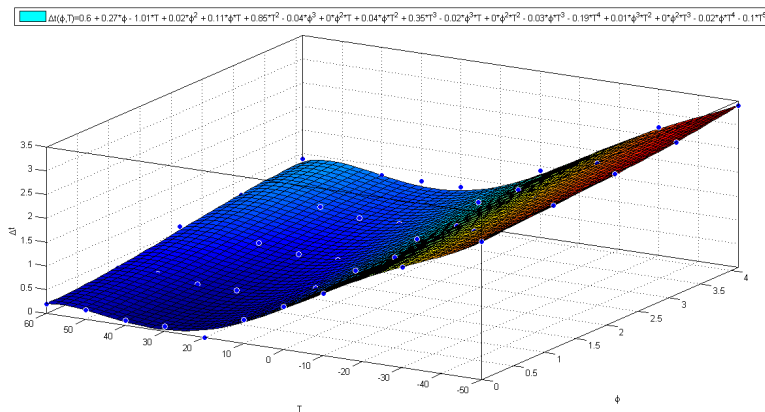


Рисунок 3 – Обобщенный график зависимости изменения длительности импульса, вводимого под углом, от температурного воздействия на МОВ

При воздействии на многомодовое оптическое волокно низких температур происходит заметное расплывание импульса и чем ниже температура, тем больше увеличивается длительность импульса, ввиду появления механических напряжений в волокне.

Длительное воздействие повышенных температур приводит к необратимым изменениям параметров материалов защитных покрытий и оболочек ОВ, что вызвано деструкцией и кристаллизацией полимеров. В результате деструкции происходит разрыв межмолекулярных связей, уменьшение молекулярной массы, изменение строения полимера, что вызывает уменьшение его прочности, плотности и эластичности. Вследствии этого создающиеся внутренние напряжения приводят к пластическим деформациям (усадке), то есть необратимому уменьшению линейных размеров и удельного объема полимеров. Такие изменения создают устойчивые локальные механические напряжения в ОВ, приводящие к их

микроизгибам, а следовательно увеличению коэффициента затухания. Как показывают результаты исследований в процессе длительной эксплуатации ОК величина дополнительных потерь за счет микроизгибов ОВ в зависимости от их типов и конструкций составляет порядка 0,2...1,0 дБ/км на  $\lambda = 1,3$  мкм.

**Выводы:** Установлено, что при воздействии на многомодовое оптическое волокно низких температур происходит заметное расплывание импульса и чем ниже температура, тем больше увеличивается длительность импульса, ввиду появления механических напряжений в волокне, а угол ввода луча к оси оптического волокна имеет несущественное влияние на длительность импульса, однако с увеличением температуры это влияние возрастает.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Буреєв, С. В., Дукельский, К. В., Ероньян, М. А., Левит, Л. Г., Тыщенко, Д. А., Кулеш, А. Ю., Кораблева, Н. Ю. Влияние физико-химических процессов в поверхностном слое кварцевых волокон на их прочность. – IX Международная конференция «Прикладная оптика-2010» 18-22 октября 2010 г. Санкт-Петербург.

2 Janet L. Armstrong, and M. John Matthewson. Humidity Dependence of the Fatigue of High-Strength Fused Silica Optical Fibers. Journal of the American Ceramic Society – Armstrong et al. December 2000. – Vol. 83. – No. 12

3 J. E. Ritter Jr. Probability of fatigue failure in glass fibers. Fiber and Integrated Optics Volume 1. – Issue 4. – 1978. – p. 387-399.

4 Дяченко, А. А., Шушпанов, О. Е., Прокофьева, Л. П., Щербаков, В. В. Влияние релаксационных свойств материалов первичных покрытий на прочность и долговечность световодов. Журнал «Радиоэлектроники». – № 4. – 2004. – С. 68-72.

Материал поступил в редакцию 14.12.15.

*И. Т. Утепбергенов<sup>1</sup>, А. К. Оразымбетова<sup>1</sup>, Н. К. Смайлов<sup>2</sup>*

**Көпмодалы оптикалық талшыққа температура әсерінен оське қатысты бұрыштан берілген импульстің ұзақтығы (КОТ)**

<sup>1</sup> М. Тынышбаев атындағы

Қазақ көлік және коммуникация академиясы, Алматы қ.;

<sup>2</sup> К. И. Сәтбаев атындағы

қазақ ұлттық зерттеу университеті, Алматы қ.

Материал 14.12.15 баспаға түсті.

*I. T. Utepbergenov<sup>1</sup>, A. K. Orazymbetova<sup>1</sup>, N. K. Smailov<sup>2</sup>*

**Pulse duration, injected at an angle to the axis, temperature effect on multimode optical fiber (MOF)**

<sup>1</sup>Kazakh Academy of Otransport and Communications  
named after M. Tynyshpayev;

<sup>2</sup>Kazakh National Research Technical University  
named after K. I. Satpaev, Almaty.

Material received on 14.12.15.

*Бұл мақалада авторлар КМОТ –ға температура әсерінен оське қатысты бұрыштан берілген импульстің ұзақтығына тәуелділігін зерттеу тәжірибиесін жүргізген.*

*In this article, the authors performed an experiment to study the dependence of the pulse duration of the radiation input at an angle to the axis, temperature effect on Multimode optical fiber.*

УДК 621.372.8

**И. Т. Утепбергенов<sup>1</sup>, Н. А. Оспанова<sup>2</sup>, Н. К. Смайлов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>д.т.н., профессор, <sup>2</sup>докторант, Казахской академии транспорта и коммуникации имени М. Тынышпаева, г. Алматы; <sup>3</sup>докторант Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы

## **АЛГОРИТМ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ НА ВОСП**

*В данной статье авторами предложен график осуществления мероприятий при контроле работоспособности и устранения повреждений ВОЛС.*

*Ключевые слова: волоконно-оптический кабель, повреждение, аварийно-восстановительные работы.*

В процессе строительства и эксплуатации ВОЛС подвержены повреждениям [1].

Аварийно-восстановительные работы (АВР) являются составной частью технического обслуживания ВОЛС. АВР – это один из главных видов ремонтных работ на ВОЛС, основным требованием которой является оперативная организация работ, в объемах, обеспечивающих быстрое установление постоянной или временной работоспособности ВОЛС даже при воздействии неблагоприятных внешних условий.

Восстановление ВОЛС при возникновении аварии обеспечивается:

– организацией работоспособности ВОЛС по временной схеме с последующим комплексом работ обеспечивающих работу по постоянной схеме;

– организацией комплекса восстановительных работ обеспечивающих работу ВОЛС по постоянной схеме.

Организация работоспособности ВОЛС по временной схеме организуется во всех случаях, когда ожидаемое время комплекса восстановительных работ обеспечивающих работу ВОЛС по постоянной схеме превышает установленный норматив.

Методы быстрого восстановления ОК и его капитального ремонта зависят от характера повреждения (например, от характера распределения обрывов ОВ вдоль ВОК). Характер распределения обрывов зависит от величины натяжения ОК. При пожарах, ударах молнии повреждения наступают при малом натяжении, а повреждения волокон имеют место на небольшом участке. Следовательно, ремонт ОК на месте повреждения приведет к полному восстановлению связи. Если повреждение возникло в результате большого натяжения (при землеройных работах, падении столбов, деревьев), то необходимо более тщательно изучить место повреждения. В этом случае предпочтительным методом быстрого восстановления является замена кабеля между двумя муфтами резервным кабелем, находящимся в резервном канале кабельной канализации или на поверхности земли.

Этот метод в большинстве случаев является предпочтительным благодаря его скорости и надежности. При наличии обрывов нескольких волокон или структурных повреждениях поврежденный кабель выгоднее заменить новым постоянным кабелем. При точном определении места повреждения волокна ОК можно восстанавливать и снова вводить в эксплуатацию.

Комплекс восстановительных работ обеспечивающих работу ВОЛС по постоянной схеме организуется:

– после обеспечения работоспособности ВОЛС по временной схеме;

– в случаях видимого, локального, одиночного повреждения ВОК, когда норматив времени восстановления ВОЛС может быть обеспечен без предварительной организации временной схемы восстановления.

Общими требованиями по организации АВР на линиях передачи, являются:

– максимально возможное использование средств механизации и совмещение во времени комплекс разнородных работ и операций;

– возможность обеспечения одновременной доставки ремонтных бригад и средств механизации к месту АВР;

– возможность максимальной концентрации технических средств и персонала в местах проведения АВР ВОЛС.



Аварии на ВОЛС устраняются специально обученными бригадами. При устранении аварий используются специальные мобильные лаборатории, укомплектованные всем необходимым инструментальным набором средств, оптическими кабельными вставками (ОКВ) и измерительными приборами.

Указанные способы восстановления применяются для ВОЛС, построенных с использованием различных способов прокладки ОК.

Алгоритм, последовательность и расчетные сроки различных операций и этапов АБР регламентируются технологическими картами, которые разрабатываются в соответствии с учетом типа кабеля, трассы ВОЛС, времени года, и утверждаются руководством эксплуатационного предприятия.

Время восстановления ВОЛС должно быть минимальным и не превышать сроков, определенных в ведомственных инструкциях.

В процессе строительства и эксплуатации ВОЛС могут повреждаться.

Основные причины повреждений для кабельных линий связи всех типов общие:

- механические, при выполнении земляных работ;
- дефекты производства, строительства и эксплуатации; грызуны; атмосферное электричество;
- перемещение грунта (обвалы, пучения, вибрации и т.п.);
- стихийные бедствия (наводнения и др.);
- коррозия;
- вандализм, умышленные повреждения и т.д.

Алгоритм выполнения мероприятий при осуществлении контроля работоспособности и устранения повреждений в волоконно-оптической системе передачи представлен на рисунке 2.3.

Рассмотрим систему непрерывного контроля, которая включает панель с каналами аварийной сигнализации, панели с окончаниями каналов аварийной сигнализации, чувствительные элементы сростков и лента, для обнаружения наличия влаги. Панель с каналами аварийной сигнализации является основным блоком управления в системе контроля. Обеспечивает питание системы и опрос ее элементов. Имеет три аварийных режима работы, которые включаются при конкретном типе повреждения.

При тестировании активных ОВ (передаются данные) в линию вводится оптическое излучение с длиной волны, не совпадающей с длиной волны излучения, переносящего рабочую нагрузку. В каждом ОК могут тестироваться, как по одному, так все ОВ. В зависимости от длины волны излучения, передающего рабочую нагрузку, используются излучения с длиной волны 1,31 мкм, 1,55 мкм, 1,625 мкм. Для ввода излучения рефлектометра в активное ОВ и вывода излучения, передающего трафик, используются спектральные мультиплексоры. По сравнению с методом контроля по

пассивным волокнам, метод контроля по активным ОВ обеспечивает 100% вероятность обнаружения неисправности. Так как использование метода сопряжено с увеличением стоимости системы тестирования, то его использование целесообразно для контроля ответственных участков ВОЛС.

Аварийный сигнал «линия» подается при пробое металлической оболочки или обрыва ОК. Авария обычно сопровождается повреждением волокна. Аварийный сигнал «кабель» подается при снижении качества внешнего покрытия кабеля. Между металлическим экраном ОК и внешним полиэтиленовым покрытием возникает малое сопротивление по отношению к земле.

Повреждение целостности полиэтиленового покрытия может образовать канал, по которому вода может просочиться внутрь ОК и попасть к ОВ (например, при ударе молнии или механическом повреждении оболочки). Аварийный сигнал «сросток» выдается в случае попадания воды в места соединения ОК.

Окончание каналов аварийной сигнализации прерывает постоянное напряжение на конце линии обнаружения, что позволяет номинальному напряжению попадать на экран ОК. Ведется непрерывное отслеживание факта появления тока в экране кабеля панелью с каналами аварийной сигнализации.

Таким образом, быстрота и эффективность обслуживания сетей обеспечивается, если контрольное оборудование отличается простотой в эксплуатации, надежностью и точностью. При этом, выбор оборудования зависит от требующихся диагностических процедур:

- определение целостности волокна. Если световой сигнал источника достигает приемника, то это означает, что волокно цело на всем своем протяжении;
- локализация обрыва в волокне. Поскольку кабель, как правило, недоступен для прямого осмотра, обрыв определяют при помощи диагностического оборудования;
- определение общих оптических потерь в волокне (затухание «из конца в конец»). Работоспособность волоконной линии связи определяется, прежде всего, чувствительностью приемника – потери в линии не должны ослабить сигнал до такой степени, что он уже не будет восприниматься приемным устройством;
- идентификация волокна. Выделение нужного волокна из множества волокон, проходящих внутри кабеля (обычно при сварке волокон);
- определение оптических потерь на сварном соединении. Качество сварного шва определяется величиной оптических потерь на шве и измеряется в децибелах. Оптические потери на шве должны быть минимальны, чтобы сигнал смог достичь приемника;

– определение коэффициентов отражения сварного шва и соединительного разъема. Коэффициент отражения характеризует ту часть светового сигнала, который отразился от сварного шва или соединительного разъема. Этот параметр особенно важен для систем скоростной передачи информации (SDH) и аналоговых видеосистем;

– общие потери на отражение (ОПО). Общие потери на отражение определяются как доля светового сигнала, вернувшаяся на вход волокна в результате отражения. Слишком мощный обратный сигнал может вызвать проблемы в аналоговых и цифровых системах;

– определения уровня битовых ошибок (УБО). Цифровые системы, особенно те, что работают с компьютерными данными, требуют контроля УБО. УБО определяется, как отношение неправильно принятых бит по отношению к количеству правильно принятых бит;

– определение качества волокна. Критерием качества волокна служит удельное затухание в волокне, которое измеряют в дБ/км. Обычно удельное поглощение определяют при изготовлении и приводят в технических характеристиках волокна;

– определение поляризационной дисперсии (ПМД);

– определение хроматической дисперсии волокна (ХД). ПМД и ХД являются важными характеристиками волокна при передаче сигналов со скоростями 625 Мбит/с и выше;

– определение и локализация замокания волокна. Проникновение воды в кабель приводит к деградации волокна и ухудшению его передающих свойств;

– документирование полученных результатов (распечатка или сохранение на диске, топографическая привязка);

– автоматический дистанционный контроль. Система управления работой волоконно-оптических кабелей позволяет контролировать всю сеть с поста, расположенного на центральной станции.

Чувствительные элементы сростков и лента, представляют собой пассивные электронные блоки, размещаемые в каждом сростке оптической линии. Каждый чувствительный элемент имеет свой адрес. Чувствительный элемент соединяется с лентой из полиэтилена, содержащей медную пару и волокна.



Рисунок 1 – Алгоритм поиска неисправностей на ВОСП

Влагочувствительной лентой обматываются съёмные панели со сростками ОВ. При попадании воды в ОК чувствительные элементы сростков выдают аварийный сигнал на панель с каналами аварийной сигнализации.

Многолетняя практика работы показала, что общие принципы организации мероприятий при осуществлении контроля работоспособности и устранения повреждений в волоконно-оптической системе в Республике Казахстан, по общей структуре, имеют отличительные особенности не только от принятых в России, и связано это в первую очередь с природно-климатическими факторами, но и должны постоянно совершенствоваться и корректироваться.

На рисунке 1 (выделено) приведен предложенный нами график осуществления мероприятий при контроле работоспособности и устранения повреждений ВОЛС.

*Выводы:* Анализ результатов хронометража, практическая апробация и расчеты показывают, что за счет выполнения контрольного тестирования увеличивается надежность работ по устранению повреждений в среднем на 5-8 %, при этом экономия финансовых затрат, с учетом эксплуатационных расходов, составляет не менее 1,5 % .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Никитин, Б., Стогов, Е.** Некоторые аспекты эксплуатации и надежности ВОЛС. Первая мила. – 2008. – № 2-3. – С. 54-59.

2 **Ларин, Ю. Т.** Сравнительный анализ двух подходов к оценке надежности оптических кабелей. – Наука и техника. – 2009. – №2 (315). – С. 3-7.

Материал поступил в редакцию 14.12.15.

*И. Т. Утепбергенов<sup>1</sup>, Н. А. Оспанова<sup>1</sup>, Н. Қ. Смайлов<sup>2</sup>*

**Оптикалық талшықты берілу жүйелеріндегі ақауларды іздеу алгоритімі (ОТБЖ)**

<sup>1</sup> М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникация академиясы, Алматы қ.;

<sup>2</sup> К. И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық зерттеу университеті, Алматы қ.  
Материал 14.12.15 баспаға түсті.

*I. Utepbergenov<sup>1</sup>, N. Ospanova<sup>1</sup>, N. Smailov<sup>2</sup>*

**The search algorithm of malfunctions in fiber-optic transmission systems (FOTS)**

<sup>1</sup> Kazakh Academy of Otransport and Communications named after M. Tynyshpayev;

<sup>2</sup> Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpaev, Almaty.  
Material received on 14.12.15.

*Берілген мақалада авторлар ОТСБ-ның ақауларын жөндеу және жұмыс істеуін бақылау кезіндегі шараларды іске асыру графигін ұсынады.*

*In this article, the authors propose a timetable for implementation of activities under the control of operability and repair of fiber optic damage.*

ӘОЖ 621.391.825

**А. К. Шайхин<sup>1</sup>, А. Е. Анарбаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>т.ғ.к., профессор, <sup>2</sup>докторант PhD, Қ. И. Сәтпаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ.

## ӘР ТҮРЛІ СТАНДАРТТЫ ETHERNET ЖЕЛІЛЕРІ ҮШІН КАДРЛАРДЫҢ ЖОҒАЛТУ ҰҚТИМАЛДЫҒЫНЫҢ МОДЕЛЬДЕРІН ӘЗІРЛЕУ

*Мақалада әр түрлі стандартты Ethernet желілері үшін кадрлардың жоғалту ықтималдығының модельдерін әзірлеу нәтижелері көрсетілген.*

*Кілтті сөздер: Ethernet технологиясы, аса қысқа импульс, электромагниттік сәулелену, жергілікті есептегіш желі.*

«Дербес компьютер – Дербес компьютер», «Дербес компьютер – коммутатор» және «коммутатор – маршрутизатор» бөлімшелердегі кіру желілерде АҚИ (аса қысқа импульс) ЭМС (электромагниттік сәулелену) әсері қауіпті болады.

Әсердің өкілді объектісі ретінде Ethernet желінің фрагментін қарастырып, ол екі дербес компьютер және байланыс желісінен тұратын – 5е санатты бұрамалар (1 сурет). Төмендегі жиынтықталған есептеу құралының өңделген басқа жоғарыда айтылған бөлімшелеріне торлық интерфейстерінің нақты өндірушінің бірдейлігіне нәсерлері әжептәуір анық.

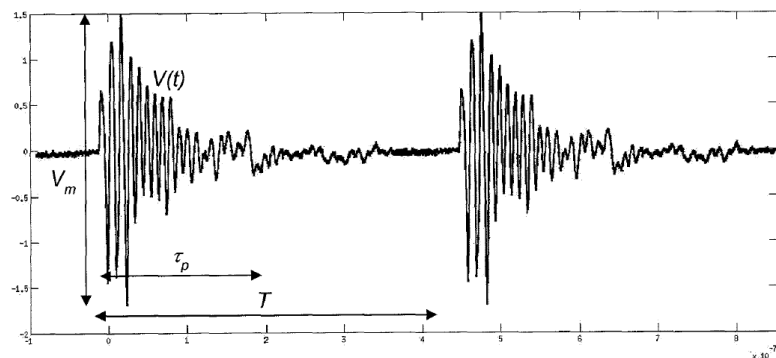


Сурет 1 – АҚИ ЭМС-тың Ethernet желідегі әсерінің фрагменті

Осы қараластырылған фрагментте АҚИ ЭМС генераторымен өндіретін экрандалмаған бұралмалы жұпқа сыйымдылықтық байланыстың көмегімен арнайы электромагнитке әсері жүзеге асады. Осы әсер нәтижесінде деректерді жіберуде қателіктер пайда болады, жоғалтулар саны өседі сондықтан желі өнімділіктігі төмендейді.

2 суретте,  $f$  жүру жиілігімен және  $\tau$  ұзақтықпен байланысты осы желідегі периодты қайталатын түзу бойымен сызық импульсты кедергіні  $V(t)$  таныстырылатын осциллограмма көрсетілген.

Осы қарастырылған спецификациялы Ethernet үшін [1, 2] математикалық модельді қарастырып, ол периодты қайталатын түзу бойымен сызық импульсты кедергіні параметрлерімен  $P_{\text{loss}}$  кадрдың жоғалту ықтималдығымен байланысты.



Сурет 2 – байланыс желісіндегі периодты импульсты кедергілердің осциллограммасы

$P_e$  кабельдегі дара жаңылу ықтималдығы периодты қайталатын импульсты кедергінің параметрлерімен байланыстыру үшін  $V(t)$  кернеуін баламалы  $V_{\text{ng}}$  [3] гаусс шуы кернеуіне түрлендіру мүмкін. Осы сұрақтар Шеннонның  $V_{\text{ng}}$  [4] ақпараттық теориялық тұжырымдамасына негізделген,  $V_{\text{ng}}$  мәнін ақпараттық энтропияның мағынасына негізінделген жалпы теориялық тәсілмен табуы қарастылды.  $V(t)$  анықталған периодты қайталатын импульсты кедергіні гаусс шуымен ауыстыруы, кедергілердің қуаттарының теңдік шарты орындалуы керек. Декортталған сұлбасына сәйкес торлық интерфейсте жүзеге асырылған микросхема – детектордағы ақпараттық тізбекті электрлік белгіге салыстыру туралы шешім қабылдау үшін әр нышандық аралықта орташа квадраттық кернеуді есептейді. Қорыта келгенде, маңызды шама амплитуда емес энергия болады.

Периодты қайталатын импульсты кедергінің оған эквиваленты гаусс шуымен толық емес, тек қана импульс ұзақтығына тең бөлімшесінде ауыстырылатынын атау керек.

$V_{\text{ng}}$  мәнін бағалауын (1) формуланың орташа шамалауынан бастаймыз

$$V_{\text{ng}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) dt} = V_m \sqrt{f \cdot K} \quad (1)$$

онда  $V_{\text{ng}}$  – гаусс шуының амплитудасының квадраттық орташа мәні;  
 $V_m$  – импульстік амплитуда кедергісі;  
 $f$  – кедергінің импульстік жүру жиілігі;

$$K = \int_0^{\tau_p} g^2(t) dt$$

$K$  – импульс энергиясы;  
 $\tau_p$  – кедергі импульстер ұзақтығы;

$$g(t) = \frac{V(t)}{V_m}$$

$g(t)$  – кедергі импульстің пішіні;  
 $V(t)$  –  $t$  кездегі кедергі импульстік амплитудасы;

$$V_{\text{ng}} = V_m \sqrt{f \tau_\delta}$$

Жеке элементтің бұрмалауының ықтималдығы BER (bit error ratio) орнықты параметрмен – символдың қателік коэффициентімен салыстырмалы ол плезиохрондық (PDH) және синхрондық (SDH) цифрлық ағымдар сипаттамау үшін пайдаланады.

SDH және PDH желілерінің Ethernet желілерінен негізгі айырмашылығы асинхронды пакетты деректер жіберу тәртібі болады. Бұрын айтқандай, көбіне каналдық деңгейдегі құрылғылар кадрлары FCS аймағына қабылданатын деректері бақылауда есептелген кадрлармен сәйкес келмеуінде немесе бұрмаланғанда, оларды шығарып тастайды. Бұл бірғана бит кадрінде қателік кетсе, барлық кадрдың лақтырып тасталуына алып келеді. Осы себептен негізгі сапа критеріі SONET/SDH — BER Ethernet үшін жарамсыз [5], өйткені сұлбада артық кодтау және скремблирдеу пайдаланады, сондықтан әрі қарай берілген Ploss кадрлардың бұрыс жіберулерінің ықтималдығын бағалаймыз.

Скремблердің бар болу жорамалдығы бастапқы тізбек (кодталмаған) бит жалған кездейсоқ нөлмен немесе  $\frac{1}{2}$  бірліктің пайда болу ықтималдығы ескеріледі.



Жіберілетін кадрлар  $N$  биттерден тұрады, нақтылы деректер тарату жылдамдығы  $R$  болсын.

$m$  – ұзындығы  $N$  пакеттегі әсерге ұшыраған символдар санын белгілейміз

[1].  $\frac{\tau}{1/R}$  – бір импульс кедергі ұзақтық шегіндегі бұрмаланған кадрлардағы символдар саны. Анық:

$$m = f \frac{N}{R} \cdot \frac{r}{1/R} = f \tau N = DN = \frac{N}{S} \quad (2)$$

мұнда,  $D$  – импульстың толтыру коэффициенті,  $S$  – ұңғымалық

(2) өрнекке қарағанда, символдар саны әсерге тап болған жағдайда,  $R$  символды жылдамдыққа тәуелді емес.

[6] сәйкес, ақпараттың биті әсерге тап болғанда, оның дұрыс қабылдану ықтималдығы  $Q = 1 - P_e$  тең, ал дара ағаттық нәтижесінде деректер кадрдың бұрыс жіберу ықтималдығы:

$$P_{loss} = 1 - (1 - P_e(V_{ng}))^m \quad (3)$$

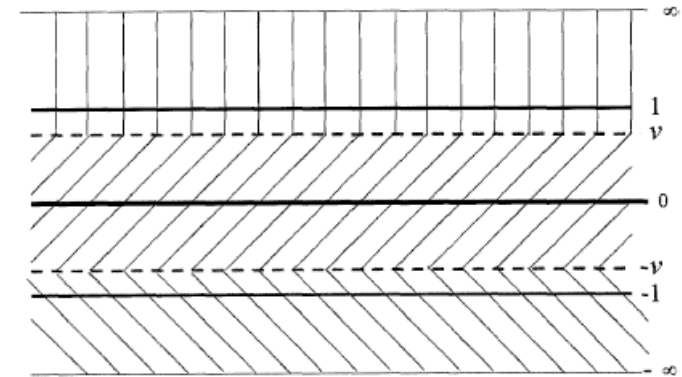
мұнда,  $P_e$  – дара ағаттық ықтималдығы;  $m$  – кедергіге тап болған әсерге кадрдағы символдар саны.

(3) өрнекке қарағанда, деректер кадрдың бұрыс жіберу ықтималдығы артады, егер дара ағаттық ықтималдығы көбейгенде, ол өз кезегінде «сигнал-шу» қатынас азайғанда, яғни  $V_{ng}$  көбейгенде, өседі. Импульстік кедергі қайталану жиілігі көбейгенде ықтималдық артады.

[1, 2] жұмыстарда ұсынылған әдіс, кодтаудың екілік тәсілдемесінде қолданған (мысалы манчестерлік), және де сәйкес бағалаудың ықтималдығы үшін формулалар алынған. Осы жұмыста заманауи Ethernet жоғары жылдамды желілерінде қолданылатын, кодтау әдістемесінің одан да күрделі жағдайда есептік аппаратты жалпылау ұсынылған.

Дара элементтерінің бұрмалану болатын жағдайларды суретпен сипаттау үшін MLT-3 кодтау моделі қарастырайық (3 сурет):

Символдардың тізбегі берілген, оның әрбір элементі – үш символдардың біреуі: «-1», «0», «1», 1 В, 0 В, +1 В кернеу деңгейіне сәйкес болады. Кернеудің деңгей шегіне сәйкес  $-v$  және  $v$  деңгейлер берілген, олар байланыс желіде шу болғанда сәйкесінше әрбір символдың анықталу үшін қолданылады.



Сурет 3 – MLT-3 кодтау моделі

Желілік интерфейс Ethernet контроллерінде кернеудің қабылданған деңгейді декодтау келесі алгоритммен жүзеге асады:

«-1»: егер  $U(B)$  кернеуі  $-v > U > -\infty$  интервалында жатса;

«0»: егер  $U(B)$  кернеуі  $v > U > -v$  интервалында жатса;

«1»: егер  $U(B)$  кернеуі  $v > U > \infty$  интервалында жатса.

Байланыс желілер бойымен АҚИ ЭМС әсер еткенде бастапқы сигнал орталықтандырылған гаус шу  $z$  түрінде аддитивті кедергінің бұрмалайтын әсерге тап болады, соның салдарынан MLT-3 кодтау моделге (2 сурет) қарағанда бастапқы символ тізбегінің бұрмалану комбинациясы болуы мүмкін;

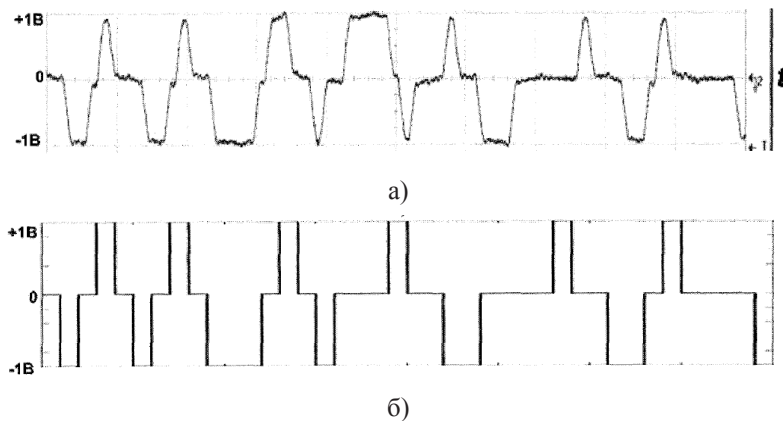
$$\begin{aligned} \text{"1" мднді қабылдау мүмкін} & \begin{cases} 1 \rightarrow -1: -v < z < 1+v \\ 1 \rightarrow 0: z < -1-v \end{cases} \\ \text{"0" мднді қабылдау мүмкін} & \begin{cases} 0 \rightarrow -1: z < -v \\ 0 \rightarrow 1: z > v \end{cases} \\ \text{"-1" мднді қабылдау мүмкін} & \begin{cases} -1 \rightarrow 1: 1+v > z > 1-v \\ -1 \rightarrow 0: z > 1+v \end{cases} \end{aligned}$$

Кез-келген таңдалған  $P_e(z)$  символдың бұрмалану ықтималдығын есептеу үшін толық ықтималдық формуласын қолданамыз.  $\mu \{a < z < b\}$  –  $z$  кедергі лезде мәні берілген ( $a, b$ ) интервал аралықта жату ықтималдығы.

Қойылған міндетті шешу үшін «-1», «0», «1» символдардың пайда болу ықтималдығын жасау керек. Оларды  $p(-1)$ ,  $p(0)$ ,  $p(1)$  сәйкесінше белгілейміз. Олардың пайда болу ықтималдығы [7] эксперименталдық әдістердің

көмегімен анықталған. Эксперимент жүргізілген, соның нәтижесінде әр түрлі трафик жіберу кезінде байланыс желілерінде цифрлік осциллографта сигналдардың бейнелері жазылған. Алынған осциллограммалар «-1», «0», «1» сигнал деңгейлердің идентификациялау ыңғайлы болуына және әрбір символдың пайда болу жиілігін есептеу үшін MATLAB 2011b пакет көмегімен өңделген.

Пайда болу жиілік символдардың алынған мәндерін  $p(-1) = 0,2355 \approx 0,24$ ;  $p(0) = 0,4947 \approx 0,49$ ;  $p(1) = 0,2698 \approx 0,27$  ықтималдық арқылы білдіру. Берілген деректер университет Беркли зерттеу тобының алынған мәндеріне ұқсас болады [8].



Сурет 4 – 100Base-TX сипаттама құжат үшін Matlab пакетте осциллограмма үзіндісін өңдеу нәтижесі; байланыс желіде осциллограмма сигналы (а); Matlab пакетте сигналдың өңдеуден кейін ұсынуы (б)

«-1», «0», «1» үйлеспейтін оқиғаның толық тобын, олардың пайда болу ықтималдығы  $p_{(-1)}$ ,  $p_{(0)}$ ,  $p_{(1)}$  қарастырайық. Z оқиғасы тек қана кайсыбір «-1», «0», «1» символдардың пайда болуымен ғана мүмкін болады, оларды гипотеза деп атайсыз. Онда толық ықтималдық формула бойынша дара символдың бұрмалану ықтималдығы:

$$P_e(z) = p_{(-1)}\mu\{z > 1+v\} + p_{(-1)}\mu\{1+v > z > 1-v\} + p_{(0)}\mu\{z < -v\} + p_{(0)}\mu\{z < v\} + p_{(1)}\mu\{z > -1-v\} + p_{(1)}\mu\{1+v > z > 1-v\}$$

$$P_e(z) = p_{(-1)}\mu\{z > 1-v\} + 2p_{(0)}\mu\{z > v\} + p_{(1)}\mu\{z > 1-v\}$$

$$P_e(z) = p_{(1)} + p_{(-1)} + 2p_{(0)} - (p_{(1)} + p_{(-1)})\mu\{z < 1-v\} - (p_{(1)} + p_{(-1)} + 2p_{(0)})\mu\{z > 1+v\}$$

$P_{(-1)}$ ,  $P_{(0)}$ ,  $P_{(1)}$  мәндерді қойғанда және ықшамдағанда:

$$P_e(z) = 1,5 - 0,5\mu\{z > 1+v\} - 1,5\mu\{z < 1-v\}$$

Эквивалентті гаусс шуыл түрдегі қайталанатын импульсті кедергі көрсеткенге сүйенгенде, гаусс шуыл z лездік амплитудасы осы формулаға қатысты кішірек V мәнді қабылдайды [1]

$$\mu\{z \leq V\} = \frac{1}{2} \left( 1 + \operatorname{erf} \left( \frac{V}{\sqrt{2}V_g} \right) \right), \quad (4)$$

мұнда,  $\operatorname{erf}(x)$  – катенің функциясы

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$$

Онда дара символдың бұрмалау ықтималдығы:

$$P_e(V_{ng}) = 0,5 + 0,25\operatorname{erf} \left( \frac{1+v}{\sqrt{2}V_{ng}} \right) - 0,75\operatorname{erf} \left( \frac{1-v}{\sqrt{2}V_{ng}} \right)$$

Мұнда  $V_{ng}$  – эквивалентті гаусс шуылдың орташа квадраттық кернеу.

[9] сәйкес,  $v = 0,7$  V мәнді алмастыруынан кейін, дара символдың бұрмалану ықтималдығын біржола аламыз:

$$P_e(V_{ng}) = 0,5 + 0,25\operatorname{erf} \left( \frac{1,202}{V_{ng}} \right) - 0,75\operatorname{erf} \left( \frac{0,2121}{V_{ng}} \right) \quad (5)$$

(2.5) колдағанда, қабылданатын кадр жоғалатын, ықтималдық формуласының ақырғысын аламыз:

$$P_{loss} = 1 - \left( 0,5 - 0,25\operatorname{erf} \left( \frac{1,202}{V_m \sqrt{f\tau_p}} \right) + 0,75\operatorname{erf} \left( \frac{0,2121}{V_m \sqrt{f\tau_p}} \right) \right)^m \quad (6)$$

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Здухов, Л. Н., Парфенов, Ю. В., Титов, Б. А. Вероятностный анализ устойчивости канала передачи данных к действию периодически

повторяющейся импульсной помехи / Л. Н. Здухов и др. // Технологии ЭМС. – Издательский дом «Технологии». – 2009. – № 1 (28). – С. 48-53.

2 **Kohlberg, L, Carter, R.** Some Theoretical Considerations Regarding the Susceptibility of Information Systems to Unwanted Electromagnetic Signals / I. Kohlberg // Proceedings of the 14\* International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility, Zurich, Switzerland. – 2001. – P. 41-46.

3 **Kohlberg, I.** Some Mathematical Considerations Regarding the Calculation of Permanent Damage of Devices Due to EMP Pulses. 1976. – Technical rept. – P. 37.

4 **Shannon, C. E.** Communication in the Presence of Noise / C. E. Shannon. – Proc. IRE. – V. 37. – 1949. – P. 10-21.

5 **Кузовлев, А. В., Сторожук, Н. Л.** Измерение количественных и качественных параметров в Ethernet-сетях / Техника связи. – 2010. – № 2. – С. 20- 24.

6 **Биккенин, Р. Р., Чесноков, М. Н.** Теория электрической связи Р. Р. Биккенин, М. Н. Чесноков. – М. : Академия, 2010. – 329 с.

7 **Киричек, Р. В.** Вероятностные характеристики сигналов Ethernet / Л. А. Баталов, Р. В. Киричек, Б. Н. Лазарев // Межвузовская научно-практическая конференция с международным участием «Актуальные проблемы организации и технологии защиты информации»: сборник трудов. – СПб. : СПбГУИТМО. – 2011. – С. 135-139.

8 Yanpei Chen, Tracy Xiaoxiao Wang, Randy H. Katz : Energy efficient Ethernet encodings. – LCN. – 2008. – P. 122-129.

9 Intel 82541ER Gigabit Ethernet Controller: Datasheet. Networking Silicon. Intel Corporation, 2008.

Материал 11.12.15 баспаға түсті.

*А. К. Шайхин, А. Е. Анарбаев*

### **Разработка вероятностных моделей потерь кадров для сетей Ethernet различных стандартов**

Казахский национальный исследовательский технический университет, г. Алматы.

Материал поступил в редакцию 11.12.15.

*A. K. Shaikhin, A. E. Anarbayev*

### **The development of the Ethernet frames probabilistic models for different standards**

Kazakh National Research Technical University  
after K. I. Satpayev, Almaty.

Material received on 11.12.15.

*В статье приведены результаты методические подходы к анализу воздействия сверхкоротких электромагнитных импульсов в сетях передачи информации.*

*The results of methodological approaches to the analysis of the impact of the ultrashort electromagnetic pulses in the information transmission networks are presented in the research.*

УДК 629.33.03: 621.43

### **С. В. Шапко<sup>1</sup>, Е. К. Ордабаев<sup>2</sup>, Е. Ж. Сарбалаев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>к.т.н., доцент, Кременчугский национальный университет имени М. Остроградского, г. Кременчуг, Полтавская обл., Украина; <sup>2</sup>к.т.н., профессор, <sup>3</sup>магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Павлодар, Казахстан

## **СТАБИЛЬНОСТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЫСТРОХОДНЫХ ДВС С КАТАЛИТИЧЕСКИМ НЕЙТРАЛИЗАТОРОМ В ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*Разработан метод расчета экологических показателей автомобиля, который учитывает необходимые очистные свойства каталитического нейтрализатора при необходимости его установки с учетом требований стандартов, на выполнение которых ориентирован автомобиль. Предложен перечень показателей, по которым оцениваются изменения очистных свойств нейтрализатора в условиях эксплуатации автомобиля. Проведенные экспериментальные исследования подтверждают предложенные и запатентованные конструкционные решения по обеспечению стабильности экологических характеристик автомобиля с каталитическим нейтрализатором.*

*Ключевые слова: автомобиль, каталитический нейтрализатор, отработавшие газы, стабильность экологических характеристик.*

Общепризнано, что, автомобильный транспорт является одним из существенных факторов техногенного воздействия на окружающую среду [1, 2]. Отрицательное влияние автомобилизации современного общества на биосферу многоаспектно. Это вещественное загрязнение воздуха, водоемов и почвы, шумовое воздействие, вибрации, скопление отработанных эксплуатационных материалов и т.п. [3, 4].

Однако, наиболее острой проблемой является загрязнение воздушного бассейна городов выбросами автомобильных двигателей. В отличие от крупных стационарных источников загрязнения автотранспорт представляет собой совокупность большого количества рассредоточенных на значительной территории автономных объектов. Проблема обусловлена, главным образом, количественным фактором – к началу нового тысячелетия численность мирового автомобильного парка превысила 700 млн. единиц техники, а уровень автомобилизации в ряде стран достиг 800 автомобилей на 1000 человек [5, 6].

Перспективы решения данной проблемы связаны с такими направлениями как совершенствование конструкции и рабочего процесса двигателя, оснащение его антитоксичными устройствами и системами, перевод на нетрадиционные виды топлива, менее вредные с точки зрения эмиссии вредных веществ и др. [7, 8, 9]. Заслуживают внимания и новые схемы организации рабочего процесса в поршневых двигателях [10, 11].

Одним из наиболее эффективных средств уменьшения вредных выбросов является нейтрализация ОГ с применением окислительного и восстановительного катализатора. В процессе эксплуатации на автомобилях, оборудованных каталитическим нейтрализатором (КН), неизбежно ухудшение экологических показателей, главным образом, из-за отрицательного воздействия на катализатор соединений свинца, серы и твердых частиц (сажи). Очевидно необходимо обеспечить стабильность экологических характеристик в течение всего жизненного цикла автомобиля [12].

Считая основным показателем очистных свойств КН коэффициент очистки  $K_p$ , показывающий кратность уменьшения концентраций  $i$ -го компонента при прохождении ОГ через нейтрализатор (отношение концентраций на входе выходе) можно предложить метод расчета экологических показателей автомобиля, оборудованного КН. Метод позволит выбрать необходимые параметры нейтрализатора для обеспечения требований стандартов, на выполнение которых ориентирован автомобиль на определенный период его эксплуатации.

При этом важно учитывать:

- требования нормативно-технической документации (НТД); международных и национальных стандартов;
- характеристики автомобильного двигателя по вредным выбросам на режимах, обусловленных соответствующими стандартами;
- принятую периодичность технического обслуживания (ТО) автомобиля и перечень необходимых профилактико-восстановительных операций по КН.

Выбросы вредных веществ автомобилем следует оценивать по методикам, предусмотренным соответствующими стандартами, на выполнение требований которых ориентирован автомобиль.

В частности, если автомобиль ориентирован на выполнение требований Правил ЕЭК ООН №49 [13], содержание вредных веществ по каждому  $i$ -му вредному компоненту, который оценивается их удельными выбросами  $g_{iоб}$  в  $\frac{г}{км \cdot час}$ , определяются по результатам испытаний двигателя на моторном стенде на режимах 13-ступенчатого ездового цикла и вычисляются по формуле

$$g_{iоб} = \frac{\sum_{i=1}^{13} G_i K_{ie}}{\sum_{i=1}^{13} N_e K_{ie}}, \quad (2)$$

где  $G_i$  – массовый выброс  $i$ -го компонента на режиме испытаний;

$K_{ie}$  – весовой коэффициент режима;

$N_e$  – эффективная мощность на режиме испытаний;

$i$  – компоненты вредных веществ ( $CO$ ,  $C_xH_y$ ,  $NO_x$  и др.) в ОГ.

Аналогично определяются выбросы вредных веществ из системы выпуска ОГ с установленным КН.

При установлении нейтрализатора удельные выбросы  $i$ -го компонента определяют на каждом режиме испытаний по методике, предусмотренной стандартом, с учетом очистных характеристик нейтрализатора на тех же самых режимах

$$g_{in} = g_{iоб} \cdot k_i, \quad (3)$$

где  $g_{iоб}$  – удельный выброс  $i$ -го компонента на режиме испытаний двигателя;

$k_i$  – коэффициент очистки нейтрализатора на режиме испытаний. Он является обратной величиной коэффициента  $K_p$ .

Установкой в систему выпуска ОГ каталитического нейтрализатора возможно значительно улучшить экологические характеристики автомобиля. Образцы КН, которые исследовались, имели сначала коэффициент очистки по СО около 10 (по степени очистки почти 90%). Однако, через 10...12 тыс. км пробега автомобиля очистные свойства КН ухудшились почти в 2 раза (рис.1).



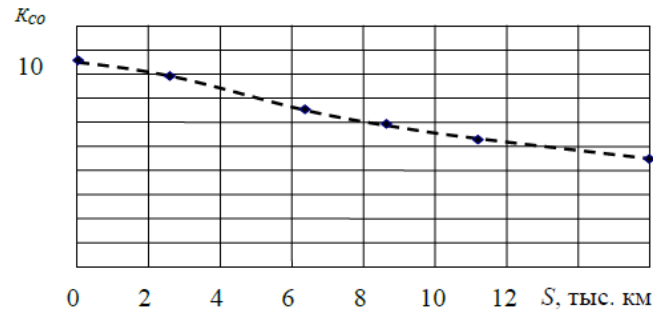


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента очистки КСО КН от пробега автомобиля S

Автомобиль с новым КН имеет начальные удельные выбросы вредных веществ по  $i$ -му компоненту  $g_{iнов}$  меньшие, чем исходные выбросы двигателя без КН  $g_{iоб}$  в определенное количество раз, которые оценивается коэффициентом очистки КН

$$K_i = \frac{g_{iоб}}{g_{iнов}} \quad (4)$$

В том случае, если установка КН обусловлена выполнением требований НТД по выбросам  $i$ -го компонента  $g_i$ , необходимый коэффициент очистки КН определяется выражением:

$$K_i = \frac{g_{iоб}}{g_{iНТД}} \quad (5)$$

Если соблюдается соотношение  $g_{iоб} < g_{iНТД}$  по всем нормированным компонентам ОГ, и в процессе эксплуатации автомобиля между его техническими обслуживаниями это условие не нарушается, то необходимости установки нейтрализатора нет. В зависимости от того, по каким компонентам не выполняются требования стандартов, выбирается тип катализатора: окислительный или восстановительный.

В процессе эксплуатации автомобиля происходит ухудшение очистных свойств КН, которые частично восстанавливаются при ТО проведением регенерации каталитического блока. Уровень уменьшения очистных свойств КН между последовательными регенерациями возможно учесть коэффициентом  $K_{is}$ :

$$K_{is} = \frac{K_{iн}}{K_{iк}}, \quad (6)$$

где  $K_{iн}$  – коэффициент очистки нейтрализатора в начале межрегенерационного периода  $\Delta SP$ ;

$K_{iк}$  – коэффициент очистки нейтрализатора в конце межрегенерационного периода  $\Delta SP$ .

Уровень уменьшения очистных свойств КН возможно определить через параметр стабильности  $\lambda_{cm}$  [12] и пробег автомобиля до ТО  $\Delta S_{ТО}$

$$K_{is} = 1 + \frac{\lambda_{cm} \cdot \Delta S_{ТО}}{g_{iн}}. \quad (7)$$

Стабильность экологических показателей автомобиля в эксплуатации по  $i$ -му компоненту можно оценить по величине увеличения удельных выбросов на единицу пробега:

$$\lambda_{cm} = \frac{\Delta g_i}{\Delta S} \quad (8)$$

где  $\Delta g_i$  – изменение удельных выбросов  $i$ -го компонента ОГ за пробег  $\Delta S$ .

Показатель  $\lambda_{cm}$  предложено назвать параметром стабильности экологических характеристик автомобиля [12].

Регенерация катализатора при проведении ТО не обеспечивает восстановления начальных очистных свойств катализатора. Поэтому значение коэффициента очистки катализатора после первой регенерации оказывается меньшим, чем у нового КН, а после каждой последующей регенерации – меньшим, чем после предыдущей.

В расчетах можно предположить, что коэффициент очистки  $K_{inj}$  КН после  $j$ -й регенерации в сравнении с коэффициентом очистки  $K_{inj-1}$  после предыдущей ( $j-1$ ) регенерации уменьшается в одно и тоже количество раз, которое учитывается коэффициентом  $K_{ip}$  (рис. 2), т.е.

$$K_{ip} = \frac{K_{inj-1}}{K_{inj}} = Const \quad (9)$$

Количество регенераций определяется допустимой границей уменьшения коэффициента очистки, когда эксплуатация КН становится недопустимой в результате возможного разрушения каталитического блока, или экономически и технически нецелесообразной, поскольку увеличение числа регенераций неизбежно приведет к увеличению необходимого

коэффициента очистки, т.е. увеличению габаритов, массы и стоимости нового КН.

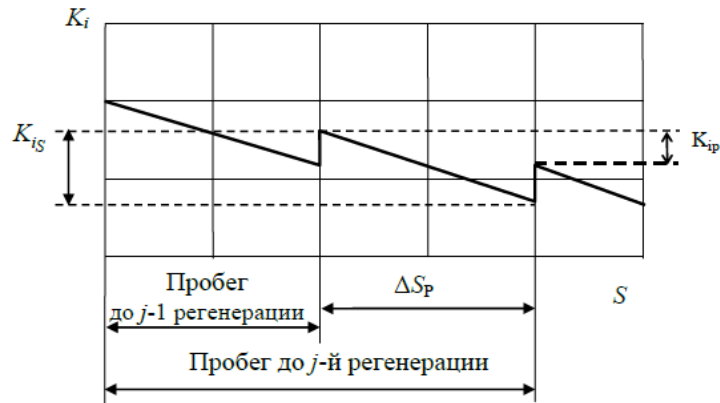


Рисунок 2 – Изменение коэффициента очистки КН при эксплуатации

Таким образом, требуемый коэффициент очистки  $K_{iТРЕБ}$  должен учитывать допустимые стандартом нормы выбросов по  $i$ -му компоненту  $g_{iНГД}$  ухудшение экологических показателей за период эксплуатации автомобиля между ТО коэффициентом  $K_{iЗМ}$ , а также ухудшение очистных свойств КН после каждого следующего его ТО (регенерации) в сравнении с предыдущим коэффициентом  $K_{ip}$ . Эта зависимость рассчитывается за формулой

$$K_{iТРЕБ} = \frac{g_{i\Delta s}}{g_{iНГД}} \cdot \left( 1 + \frac{\lambda_{ст} \cdot \Delta S_{ТО}}{g_{i\pi}} \right) \cdot K_{ip}^m \quad (10)$$

где  $m$  – допустимое число регенераций.

Таким образом, используя данный метод расчета, можно подобрать конструкцию нейтрализатора с минимальным, но достаточным объемом катализатора для очистки ОГ до уровня действующих требований НГД. Это позволит уменьшить затраты на оборудование таким КН автомобиля.

Возможно решение и другой задачи. При оборудовании автомобиля КН определяется запас по экологическим показателям ОГ на допустимость их ухудшения в эксплуатации. Значение этого запаса сравнивается с параметром стабильности  $\lambda_{ст}$  и, зная зависимость изменения экологических показателей, определяется допустимый пробег автомобиля. Исходя из полученных данных, определяется периодичность ТО (регенерации КН), которую

необходимо согласовать с действующей периодичностью проведения ТО автомобиля.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Каніло, П. М.** Канцерогенність відпрацьованих газів автомобілів [Текст] / П. М. Каніло, К. В. Костенко, Н. В. Внукова, С. О. Коверсун // Автомобільний транспорт : сб. науч. тр. / М-во образования и науки Украины, ХНАДУ ; [редкол.: Туренко А. Н. (гл. ред.) и др.] – Харьков, 2013. – Вып. 29. – С. 160-167.
- 2 **Лежнева, О. І.** Результати дослідження забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом на вулицях м. Харкова [Текст] / О. І. Лежнева // Автомобільний транспорт : сб. науч. тр. / М-во образования и науки Украины, ХНАДУ ; [редкол.: Туренко А. Н. (гл. ред.) и др.] – Харьков, 2013. – Вып. 33. – С. 110-114.
- 3 **Матейчик, В. П.** Моделювання екологічних показників транспортних засобів в інформаційно-аналітичній системі моніторингу транспортних потоків [Текст] / В. П. Матейчик, К. Лейда, С. Ю. Гутаревич, М. П. Цюман // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ. – 2014. – Вып. 30. – С. 246-254.
- 4 **Гришук, О. К.** Оцінка екологічного навантаження в процесі експлуатації ділянки автомобільної дороги [Текст] / О. К. Гришук, О. П. Кобзиста, І. С. Федій // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ. – 2014. – Вып. 30. – С. 69-77.
- 5 **Гутаревич, Ю. Ф.** Екологія та автомобільний транспорт [Текст]: навч. посібник / Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов, А.Г. Говорун. – К.: Арістей, 2006. – 292 с.
6. Экологическая безопасность автомобилей: монография / Е. К. Ордабаев. – Павлодар : Кереку, 2014. – 122 с.
- 7 **Левтеров, А. М.** Вивчення впливу моторних властивостей біопалива на енергоекологічні характеристики дизельного двигуна [Текст] / А. М. Левтеров, В. П. Мараховський, В. Д. Савицький // Автомобільний транспорт : сб. науч. тр. / М-во образования и науки Украины, ХНАДУ ; [редкол.: Туренко А. Н. (гл. ред.) и др.] – Харьков, 2012. – Вып. 31. – С. 57-61.
- 8 **Шапко, В. Ф.** Підвищення екологічних показників дизельного автомобіля під час використання біодизельного палива [Текст] / А. І. Атамась, С. В. Шапко // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук : КрНУ ім. М. Остроградського, 2012. – Вып. 3/2012(74). – С. 128-132.
- 9 **Шапко, В. Ф.** Экологические показатели дизельных двигателей с разными условиями смесеобразования при работе на биодизельном топливе

[Текст] / В. Ф. Шапко, С. М. Черненко, А. И. Атамась, А. Ю. Горпинченко // Сборник трудов по итогам международной научно-практической конференции «Новые материалы и технологии в машиностроении». Вып. № 13. – Брянск : БГИТА, 2011. – С. 72-77.

10 **Ордабаев, Е. К.** К проблемам принудительного холостого хода карбюраторного двигателя // Автомобильная промышленность. – 1986. – № 1. – С. 8.

11 Система рециркуляции отработавших газов карбюраторного ДВС. Авторское свидетельство СССР № 1502872. Бюлл. изобр. № 31 от 23.08.1989 г.

12 **Шапко, С. В.** Показники оцінки стабільності екологічних характеристик автомобіля з каталітичним нейтралізатором відпрацьованих газів [Текст] / С. В. Шапко, В. Ф. Шапко // Науковий журнал «Екологічна безпека». Наукові праці КНУ ім. М. Остроградського. – Кременчук : КНУ ім. М. Остроградського, 2011. – Вип. 1/2011(11). – С. 78–80.

13 Правила № 49 ЕЭК ООН. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения двигателей с воспламенением от сжатия и транспортных средств, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия, в отношении выделяемых ими загрязняющих веществ. [Текст] – Заключено в Женеве 20.03.58. – 62 с.

Материал поступил в редакцию 21.12.15.

*С. В. Шапко<sup>1</sup>, Е. К. Ордабаев<sup>2</sup>, Е. Ж. Сарбалаев<sup>2</sup>*

**Каталіздік нейтралізатормен жабдықталған автомобильдің экологиялық сипаттамасының тұрақтылығын қамтамасыз ету**

<sup>1</sup>Кременчуг университеті, Кременчуг, Полтава облысы, Украина;

<sup>2</sup>С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан.

Материал 21.12.15 баспаға түсті.

*S. V. Shapko<sup>1</sup>, E. K. Ordabaev<sup>2</sup>, Y. Z. Sarbalayev<sup>2</sup>*

**The stability of the ecological characteristics of a vehicle equipped with a catalytic converter in operation**

<sup>1</sup>Kremenchug National University  
after Michael Ostrogradskiy, Ukraine;

<sup>2</sup>S. Toraiyrov Pavlodar state University, Pavlodar, Kazakhstan.

Material received on 21.12.15.

*Стандарт талаптарына сай автомобильдің экологиялық көрсеткіштерін каталіздік нейтралізатормен жабдықталған автомобильдің экологиялық сипаттамасының тұрақтылығын қамтамасыз ету мақсатында патенттелген құрылымдық шешімдер мен ұсыныстардың тиімділігін растады.*

*қолдану жағдайында нейтралізатормен жабдықталған автомобильдің экологиялық сипаттамасының тұрақтылығын қамтамасыз ету мақсатында патенттелген құрылымдық шешімдер мен ұсыныстардың тиімділігін растады.*

*The method of calculation of a vehicle environmental performance with a catalytic converter; the algorithms which take into account the requirements of national and international standards, planned frequency of maintenance of the vehicle, minimizing equipment costs of vehicle neutralizer and its service. The proposed list of indicators used to assess changes in treatment properties of the converter during operation of the vehicle. Experimental studies confirm the proposed and patented designs for stability of the ecological characteristics of a car with a catalytic converter.*

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА  
 («ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»,  
 «КРАЕВЕДЕНИЕ»)

1. В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям в 1 экземпляре, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с межстрочным интервалом 1,5, с полями 30 мм со всех сторон листа, электронный носитель со всеми материалами в текстовом редакторе «Microsoft Office Word (97, 2000, 2007, 2010) для WINDOWS».

2. Общий объем статьи, включая аннотацию, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы не должен превышать **8-10 страниц**.

3. Статья должна сопровождаться рецензией доктора или кандидата наук для авторов, не имеющих ученой степени. Для статей, публикуемых в журнале «Вестник ПГУ» химико-биологической серии, требуется экспертное заключение.

4. Периодичность издания журналов – 4 раза в год (ежеквартально)

**Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:**

1. УДК по таблицам универсальной десятичной классификации;
2. Инициалы и фамилия (-и) автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках, абзац по левому краю;
3. Название статьи – на казахском, русском и английском языках, заглавными буквами жирным шрифтом, абзац по левому краю;
4. Резюме на казахском, русском и английском языках: кегль – 10 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 3 см, интервал 1,0 (см. образец);
5. Текст статьи: кегль – 14 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка).
6. Межстрочный интервал 1,5 (полуторный);
7. Список использованной литературы (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Статья и список литературы должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.5-98; ГОСТ 7.1-2003 (см. образец).

**На отдельной странице**

**В бумажном и электронном вариантах приводятся:**

– **название статьи, сведения об авторе: Ф.И.О. полностью, ученая степень, ученое звание и место работы на казахском, русском и английском языках (для публикации в разделе «Наши авторы» и «Содержание»);**

– **полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);**

1. Иллюстрации, перечень рисунков и подрисовочные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

2. Математические формулы должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

3. Автор просматривает и визирует грани статьи и несет ответственность за содержание статьи.

4. Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи. Рукописи не возвращаются. Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

5. Оплата за публикацию в научном журнале составляет **5000 (Пять тысяч) тенге**.

6. Статью (бумажная, электронная версии, оригинал квитанции об оплате) следует направлять по адресу:

**140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Издательство «Кереку», каб. 137.**

Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147), факс: 8 (7182) 67-37-05.

E-mail: [kereky@mail.ru](mailto:kereky@mail.ru)

**Наши реквизиты:**

РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654	РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654
АО «Цеснабанк» ИИК KZ57998FTB00 00003310 БИК TSESKZK A Кбе 16 Код 16 КНП 861	АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBKZZKX Кбе 16 Код 16 КНП 861



## ОБРАЗЕЦ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

УДК 316:314.3

А. Б. Есимова

## СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ КАК СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОГО МАТЕРИАЛА

*В настоящей статье автор дает анализ отличительных особенностей репродуктивного поведения женщины сквозь призму семейно-родственных связей.*

На современном этапе есть тенденции к стабильному увеличению студентов с нарушениями в состоянии здоровья. В связи с этим появляется необходимость корректировки содержания учебно-тренировочных занятий по физической культуре со студентами, посещающими специальные медицинские группы в.....

*Продолжение текста публикуемого материала.*

*Пример оформления таблиц, рисунков, схем:*

Таблица 1 – Суммарный коэффициент рождаемости отдельных национальностей

	СКР, 1999 г.	СКР, 1999 г.
Всего	1,80	2,22

Диаграмма 1 – Показатели репродуктивного поведения

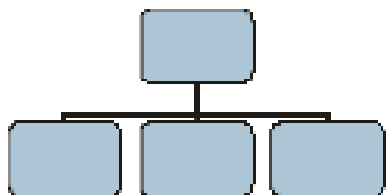
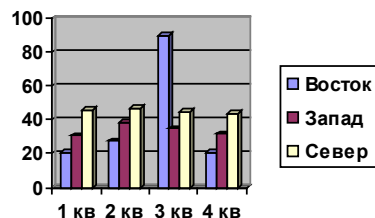


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Эльконин, Д. Б. Психология игры [Текст] : научное издание / Д. Б. Эльконин. – 2-е изд. – М. : Владос, 1999. – 360 с. – Библиогр. : С. 345–354. – Имен. указ. : С. 355–357. – ISBN 5-691-00256-2 (в пер.).

2 Фришман, И. Детский оздоровительный лагерь как воспитательная система [Текст] / И. Фришман // Народное образование. – 2006. – № 3. – С. 77–81.

3 Антология педагогической мысли Казахстана [Текст] : научное издание / сост. К. Б. Жарикбаев, сост. С. К. Калиев. – Алматы : Рауан, 1995. – 512 с. : ил. – ISBN 5625027587.

*Место работы автора (-ов):*

Международный Казахско-Турецкий университет имени  
Х. А. Яссави, г. Туркестан.  
Материал поступил в редакцию 22.04.15.

*А. Б. Есимова*

**Отбасылық-туысты қатынастар репродуктивті мінез-құлықты жүзеге асырудағы әлеуметтік капитал ретінде**

Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық  
казак-түрік университеті, Түркістан қ.  
Материал 22.04.14 редакцияға түсті.

*A. B. Yessimova*

**The family-related networks as social capital for realization of reproductive behaviors**

K. A. Yesevi International Kazakh-Turkish University, Turkestan.  
Material received on 22.04.15.

*Бұл мақалада автор Қазақстандағы әйелдердің отбасылық-туыстық қатынасы арқылы репродуктивті мінез-құлықты айырмашылықтарын талдайды.*

*In the given article the author analyzes distinctions of reproductive behavior of married women of Kazakhstan through the prism of the kinship networks.*

Теруге 18.12.2015 ж. жіберілді. Басуға 24.12.2015 ж. қол қойылды.  
Форматы 70x100 1/16. Кітап-журнал қағазы.  
Көлемі шартты 7,4 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.  
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы  
Корректорлар: А. Р. Омарова, З. С. Исакова  
Тапсырыс № 2680

Сдано в набор 18.12.2015 г. Подписано в печать 24.12.2015 г.  
Формат 70x100 1/16. Бумага книжно-журнальная.  
Объем 7,4 ч.-изд. л. Тираж 300 экз. Цена договорная.  
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы  
Корректоры: А. Р. Омарова, З. С. Исакова  
Заказ № 2680

«КЕРЕКУ» баспасынан басылып шығарылған  
С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«КЕРЕКУ» баспасы  
С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.  
67-36-69  
E-mail: kereky@mail.ru