

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

---

# ШМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



# ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

№ 3 (2016)

---

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*  
 Клещель 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*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

**Анарбаев А. Е., Касимов А. О.**Электронды жүйелер мен кешендерге электромагниттік әсер етудің  
тәжірибелік зерттеу .....9**Аринов Е., Испулов Н. А.**Цилиндр пішінді вертикаль қуыс тау-кен жынысын қосымша күшсіз  
байыту кернеуі .....17**Бороденко В. А., Барукин А. С., Калтаев А. Г.**

Катушкасы бар геркондағы ауыспалы тоқтың өтуін зерттеу .....23

**Жумабеков А. Н., Жапаргазинова К. Х.**«Компания Нефтехим LTD» ЖШС-нда пропиленді полимеризациялау  
реакторларының өнімділігін арттыру .....29**Жұмажанов С. Қ., Оразова Г. Ә., Уразалимова Д. С.**Қазіргі уақытта энергетикалық секторда жұмыс жасайтын  
кәсіпорындарда ұйымдастыру қызметінің проблемалары .....38**Қадыров А. С., Балабекова К. Г.**Мобильді көпір өтпесінің жетілген модулінің сәйкестірілген элементтерін  
есептеу және конструкторлық шешу .....41**Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К.**Көлік операцияларға басқаруларға микропроцессорлық жүйелерде  
инфрақызыл датчиктермен объектілердің теңестіруі .....52**Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К.,****Марковский В. П., Кислов А. П.**Қорытынды кернеу вектор кеңістіктің жағдайын басқару үшін  
инвертордың кілттердің коммутациялау әдісі .....62**Канаяев А. Т., Богомолов А. В., Какимова Ж. Ж.**Арматуралық термиялық жолмен беріктендірілген болаттың  
коррозияның тұрақтылығының анализі .....70**Кислов А. П., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Антонцев А. В.,****Кайдар А. Б., Кайдар М. Б.**Программаланатын логикалық контроллермен қазіргі өндірістердің  
бақылау, қорғау және басқаруды қамтамасыз етуі .....78**Кузнецова Н., Мустафина Р., Сарсикеев Е.**Бапталған орталардағы электр жарылыстың физика-математикалық  
моделін санды іске асырылуы .....87**Машрапов Б. Е., Талипов О. М., Бергузинов А. Н.**

Токөткізгіштің ішіндегі магнит өрісінің шамасын анықтау .....98

**Новожилов А. Н., Волгина Е. М., Новожилов Т. А.**Магниттік ток трансформаторларын қорғау жөніндегі  
пилоттық зерттеу үшін орнату .....105

<b>Сарсикеев Е., Мустафина Р., Сембиев А.</b> Күн батареялары бағытындағы азимуталды жүйесінде басқарудың электронды торабында өзірлеу .....	111
<b>Станевич В. Т., Жақанов Ә. Н., Кудрышова Б. Ч., Жуманова К.</b> Павлодар Алюминий зауытының боксит шламын құрылыс индустриясында ықтимал бағытта пайдалану .....	121
<b>Таңжарықов П. Ә., Амангельдиева Г. Б., Боранбаев Т.</b> Мұнай газ саласының техникалық жүйелерінің сенімділігінің сипаттамаларын басқару және бақылау әдістері .....	130
<b>Темирханов Е. У., Эрнazarov Т. Я., Сартова Р. Б., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К.</b> Энергетикалық нарықтың және энергия тәуелсіздіктер стратегиясы маңызды аспектілерін талдау .....	137
<b>Темирханов Е. У., Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Марковский В. П.</b> «KSP Steel» және ТОО «Кастинг» жылдам микропроцессорлық БМРЗ-100 жүйелермен болат балқыту пештердің тәртіптеріне мониторинг және қорғау .....	147
<b>Төлегенов Д. Т., Жапаргазина К. Х.</b> Суда ерігіш беттік – активті заттардың қатысуымен мырыш жабындылардың алу тәсілі .....	155
<b>Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Марковский В. П.</b> Көлік-логистикалық түйіндердің басқарулар микропроцессорлық жүйелердің өбден жетілдіру .....	163
<b>Шапкенов Б. К., Акаев А. М., Кайдар А. Б., Динмуханбетова А. Ж., Кайдар М. Б.</b> Тура сандық басқарумен инверторлар .....	172
<b>Юсупов К. Д., Туркбенова Д. С., Дюсекенова У. С., Сулейменов М. А.</b> Мотор жанармайының компонентті құрамын үйлесімділеу .....	180
<b>Юсупов К. Д., Туркбенова Д. С., Дюсекенова У. С., Сулейменов М. А.</b> Мұнай өндеуінде цеолитті катализаторларды қолдану .....	187
Авторларға арналған ережелер .....	195

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Анарбаев А. Е., Касимов А. О.</b> Экспериментальные исследования электромагнитного воздействия на электронные системы и комплексы .....	9
<b>Аринов Е., Испулов Н. А.</b> Концентрация напряжений в окрестности вертикальной цилиндрической горной выработки без подкрепления .....	17
<b>Бороденко В. А., Барукин А. С., Калтаев А. Г.</b> Исследование датчика переменного тока на герконе с катушкой .....	23
<b>Жумабеков А. Н., Жапаргазина К. Х.</b> Увеличение производительности реакторов полимеризации пропилена на ТОО «Компания нефтехим LTD» .....	29
<b>Жумажанов С. К., Оразова Г. У., Уразалимова Д. С.</b> Проблемы организации работы предприятий энергетического сектора на текущий момент .....	38
<b>Кадыров А. С., Балабекова К. Г.</b> Конструктивное решение и расчёт элементов унифицированного модуля мобильного мостового переезда .....	41
<b>Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К.</b> Идентификация объектов инфракрасными датчиками в микропроцессорных системах управления транспортными операциями .....	52
<b>Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кислов А. П.</b> Способ коммутации ключей инвертора для управления пространственным положением вектора результатирующего напряжения .....	62
<b>Канаев А. Т., Богомоллов А. В., Какимова Ж. Ж.</b> Анализ коррозионной стойкости термоупрочненной арматурной стали .....	70
<b>Кислов А. П., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Антонцев А. В., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б.</b> Обеспечение контроля, защиты и управления современных производств программируемыми логическими контроллерами .....	78
<b>Кузнецова Н. С., Мустафина Р. М., Сарсикеев Е. Ж.</b> Численная реализация физико-математической модели электровзрыва в конденсированных средах .....	87
<b>Машрапов Б. Е., Талипов О. М., Бергузинов А. Н.</b> Определение величины магнитного поля внутри токопровода .....	98
<b>Новожилов А. Н., Волгина Е. М., Новожилов Т. А.</b> Установка для экспериментального исследования защит на магнитных трансформаторах тока .....	105

**Сарсикеев Е. Ж., Мустафина Р. М., Сембиев А. Ж.**  
Разработка электронного узла управления для азимутальной системы ориентации солнечных батарей ..... 111

**Станевич В. Т., Жаканов А. Н., Кудрышова Б. Ч., Жуманова К.**  
Возможные направления использования бокситовых шламов Павлодарского алюминиевого завода в стройиндустрии ..... 121

**Танжарииков П. А., Амангельдиева Г. Б., Боранбаев Т.**  
Характеристики нефтяной и газовой промышленности и технической надежности систем управления и методов контроля ..... 130

**Темирханов Е. У., Эрназаров Т. Я., Сартова Р. Б., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К.**  
Анализ ключевых аспектов энергетического рынка и стратегия энергонезависимости ..... 137

**Темирханов Е. У., Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Марковский В. П.**  
Защита и мониторинг режимов сталеплавильных печей на «KSP Steel» и ТОО «Кастинг» быстродействующими микропроцессорными системами БМРЗ-100 ..... 147

**Толегенов Д. Т., Жапаргазинова К. Х.**  
Способ получения цинковых покрытий в присутствии водорастворимых поверхностно-активных веществ ..... 155

**Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Марковский В. П.**  
Совершенствование микропроцессорных систем управления транспортно-логистических узлов ..... 163

**Шапкенов Б. К., Акаев А. М., Кайдар А. Б., Динмуханбетова А. Ж., Кайдар М. Б.**  
Инверторы с прямым цифровым управлением ..... 172

**Юсупов К. Д., Туркбенова Д. С., Дюсекенова У. С., Сулейменов М. А.**  
Оптимизация компонентного состава моторных топлив ..... 180

**Юсупов К. Д., Туркбенова Д. С., Дюсекенова У. С., Сулейменов М. А.**  
Применение цеолитных катализаторов в нефтепереработке ..... 187

Правила для авторов ..... 195

**CONTENT**

**Anarbayev A. E., Kasimov A. O.**  
Experimental research of electromagnetic impact on electronic systems and complexes ..... 9

**Arinov E., Ispulov N. A.**  
Stress concentration around vertical cylinder mining pit without support ..... 17

**Borodenko V., Barukin A., Kaltayev A.**  
Study of AC sensor on the reed switch with a coil ..... 23

**Zhumabekov A. N., Zhapargazinova K. H.**  
Increase of propylene polymerization reactors performance at «Company Neftekhim LTD» LLP ..... 29

**Zhumazhanov S. K., Orazova G. O., Urazalimova D. S.**  
Problems of energy companies work organisation at the moment ..... 38

**Kadyrov A. S., Balabekova K. G.**  
Design solution and calculation of an unified module for a mobile bridge crossing ..... 41

**Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K.**  
Identification of objects by infrared sensors in the transport operations of microprocessor control systems ..... 52

**Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovskiy V. P., Kislov A. P.**  
Method for switching keys inverter for managing spatial position of the resultant voltage vector ..... 62

**Kanayev A. T., Bogomolov A. V., Kakimova Zh. Zh.**  
Analysis of corrosion resistance of heat-strengthened reinforced steel ..... 70

**Kislov A. P., Shapkenov B. K., Markovskiy V. P., Antontsev A. V., Kaidar A. B., Kaidar M. B.**  
Ensuring control, protection and administration of modern production by programmable logic controllers ..... 78

**Kuznetsova N., Mustafina R., Sarsikeyev Ye.**  
Numerical implementation of mathematical electrical blasting model in condensed environments ..... 87

**Mashrapov B. E., Talipov O. M., Berguzinov A. N.**  
Determination of the magnetic field inside an electrical pathway ..... 98

**Novozhilov A. N., Volgina E. M., Novozhilov T. A.**  
Installation for pilot studies on the protection of the magnetic current transformers ..... 105

**Sarsikeyev E., Mustafina R., Sembiev A.**  
Development of the electronic control device for azimuth orientation system of solar panels ..... 111

<b>Stanevich V. T., Zhakanov A. N., Kudrishova B. Ch., Zhumanova K.</b> Possible areas of use of the bauxite slurries from Pavlodar aluminium plant in the construction industry .....	121
<b>Tanzharikov P. A., Amangeldieva G. B., Boranbaev T.</b> The characteristics of the oil and gas industry and the technical reliability of control systems and methods .....	130
<b>Temirhanov E. W., Ernazarov T. Y., Sartova R. B., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K.</b> Analysis of the key aspects of the energy market and the strategy of energy independence .....	137
<b>Temirhanov E. U., Shapkenov B. K., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Kislov A. P., Markovskiy V. P.</b> Protection and monitoring of furnaces modes on «KSP Steel» and LLP «Casting» BMRZ-100 high-speed microprocessor-based systems .....	147
<b>Tolegenov D. T., Zhapargazinova K. H.</b> Methods of producing zinc coatings in water-soluble surface-active agents presence .....	155
<b>Shapkenov B. K., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Kislov A. P., Markovskiy V. P.</b> Improvement of microprocessor control systems of transport and logistics junctions .....	163
<b>Shapkenov B. K., Akaev A. M., Kaidar A. B., Dinmukhanbetova A. Zh., Kaidar M. B.</b> Inverters with direct digital control .....	172
<b>Yusupov K. D., Turkbenova D. S., Dyussekenova U. S., Suleymenov M. A.</b> Optimization of the component composition of motor fuels .....	180
<b>Yusupov K. D., Turkbenova D. S., Dyussekenova U. S., Suleymenov M. A.</b> The use of zeolite catalysts in oil refining .....	187
Rules for authors .....	195

УДК 621.391.825

**А. Е. Анарбаев<sup>1</sup>, А. О. Касимов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>докторант PhD, кафедра «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»,  
Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К. И. Сатпаева; <sup>2</sup>к.т.н., Алматинский университет энергетики и связи,  
г. Алматы  
e-mail: 'alibek\_anarbaev@mail.ru

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ**

*В статье приведены экспериментальные исследования  
электромагнитного воздействия на электронные системы и  
комплексы.*

*Ключевые слова: сверхкороткие электромагнитные импульсы,  
локальная сеть, генератор импульсных напряжений, осциллограф,  
коммутатор.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Современная сетевая инфраструктура зданий включает в себя компьютеры, которые оперируют логическими уровнями на малых напряжениях. Таким образом, намеренное электромагнитное воздействие может повлиять на низковольтные электрические схемы, вызвав ошибку в логике работы устройства. Разумеется, форма импульса также является важным параметром, но сам по себе импульс напряжения приводит к повышению гармоник нулевого порядка. Если амплитуда импульса принимает значение порядка нескольких десятков вольт, то можно ожидать полного выхода из строя отдельных элементов схемы, что в свою очередь может привести к тому, что блок питания произведет гораздо больше энергии, чем было необходимо изначально. Задача исследования заключается в изучении уровня облучения системы импульсами определенной формы, которые приводят к критическим и безвозвратным повреждениям электронной части устройств.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Внешние электромагнитные поля, генерируемые сторонними источниками, обычно характеризуются направлением распространения,

поляризацией, амплитудой (В/м) и формой импульса (время фронта и ширина импульса). Что касается формы сигналов, то существует большое количество возможностей и готовых устройств (генераторов и антенно-фидерных трактов) для их генерации. Важно отметить, что импульс намеренного воздействия, достигающий критических участков схемы, в общем и целом отличается от случайных электромагнитных импульсов. Можно провести аналогию с передаточной функцией устройства, зависящей от частоты, по воздействию из внешней среды на внутреннюю схему, вызванному инъекцией или, например, резонансом. Используя понятие нормы во временной области, можно максимизировать отношение напряжения импульсов схемы к напряжению импульсов окружающей среды, что было сделано для пространств с бесконечной нормой (амплитуда напряжения по отношению к амплитуде поля) и с 2-нормой (пропорционально квадратному корню из отношения возведенных в квадрат подынтегральных выражений) [1, 2].

Этот подход показывает преимущество узкополосных сигналов, настроенных на резонанс в соответствии с передаточной функцией. В то время, как широкополосные сигналы покрывают широкий спектр частот, энергия отдельных гармоник, соответствующая резонансу передаточной функции, очень мала. Неправильно подобранная форма узкополосных сигналов также приводит к неверному распределению энергии и воздействию, соизмеримому с воздействием случайных или широкополосных сигналов. Ширина импульса генерируемого узкополосного сигнала должна быть несколько большей, чем время затухания резонансного сигнала передаточной функции, так, чтобы соответствовать ближайшему максимальному значению. Обычно около 100 циклов повторения импульсов достаточно для инъекции импульсов в рассматриваемую электронную систему. Имеется ряд работ, дающих экспериментальное подтверждение описанным выше эффектам [3]. Важно отметить, что резонансные частоты зачастую найти не так просто, поэтому целесообразным в том числе может стать использование широкополосных импульсов для коммерческого оборудования, которое не имеет средств самовосстановления после электромагнитного вмешательства (без дополнительного участия человека).

Излучающие антенные системы также имеют некоторые коэффициент усиления, который увеличивается с частотой. Практически размеры антенн ограничивают усиление, особенно на низких частотах. Однако, на практике обычно используются генераторы высокой мощности, обеспечивающие сосредоточение большей энергии на нижних частотах, реализуя компромиссное решение.

За последние 10 лет были проведены значимые эксперименты, в рамках которых была исследована восприимчивость и устойчивость коммерческого оборудования по отношению к узко- и широкополосным помехам и ожиданиям от воздействия ЭМИ. В общем, испытания, проведенные учеными мира, охватывали оборудование персональных компьютеров, включая сетевые кабели, т.к. они являются широко используемым типом вычислительного оборудования во многих производствах. Вдобавок недавние испытания включали оборудование промышленного управления, источники питания, Ethernet компоненты, сети Wi-Fi, автомобили, средства GPS, мобильные телефоны, КПК и прочие типы устройств. В данном разделе работы рассматривается лишь малая часть научных работ, в которых рассматриваются испытания оборудования на устойчивость и восприимчивость к СК ЭМИ.

Современные компьютеры и другие типы оборудования с использованием микропроцессоров обычно уязвимы по отношению к узкополосным наводкам свыше 30 В/м [4], хотя новейшие высокоскоростные ПК имеют более высокий уровень восприимчивости (порядка 300 В/м). Было выявлено большое число различных ответных реакций оборудования (откликов) в зависимости от особенностей экспериментальных установок и качества используемого оборудования. К тому же испытания, проводимые в диапазоне от 1 до 10 ГГц, показали, что ошибки функционирования оборудования обычно проявляются при низком уровне облучения и низких частотах [5].

До недавнего времени было опубликовано не так много результатов, рассматривающих рабочий диапазон частот до 1 ГГц, так что было неясно, насколько электромагнитные средства генерации СК ЭМИ могут в будущем уйти в диапазон низких частот. Рисунок 1 отображает недавние данные испытаний для персональных компьютеров в реверберационной камере. Новейшие ПК получают повреждения ниже 300 В/м на 400 МГц, хотя форма кривой частот постепенно выравнивается. Уровни ЭМ-излучения до 1 ГГц все ещё могут представлять угрозу на низких частотах для ПК.

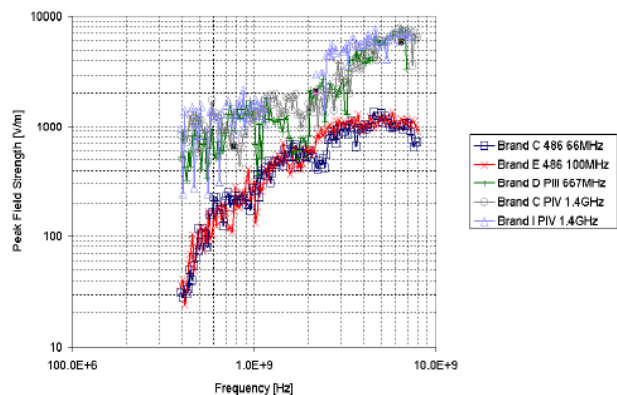


Рисунок 1 – Кривые восприимчивости ПК для оценки влияния узкополосных сигналов по Хоуду

В общей сложности, испытаний с широкополосными излученными сигналами было проведено гораздо меньше. Однако, некоторые недавние данные были собраны в России и Германии (табл. 1 и рис. 3). Следует заметить, что уровни уязвимости для автономных банковских терминалов до 2 кВ/м проявлялся для импульсов с длительностью порядка 200 пс (СШП-сигнал).

Таблица 1 – Результаты экспериментов Ю. Парфенова, опубликованные в EUROEM 2004. Уровни возникновения нарушений и повреждений для СШП-сигналов с длительностью импульса до 200 пс

Уровни возникновения нарушений в работе оборудования						
Тип генератора ЕСМ	Samsung ER-4615RF		Samsung ER-250RF			
Критический уровень СШП-поля, кВ/м	2.3-2.5		2.2-2.4			
Уровень повреждения						
Уровень СШП-поля, кВ/м	2.5	3.1	3.9	4.4	4.8	5.1
Результат	Наруш.	Наруш.	Наруш.	Наруш.	Наруш.	Повреж.

На рисунке 3 показаны результаты Нитча, где он и его коллеги использовали пять различных форм импульсов для облучения материнской платы компьютера с четкой зависимостью, проявляющейся при меньших амплитудах колебаний сигнала для более быстрых импульсов (более высокочастотный спектральный состав). Данные также показывают в основном низкую корреляцию со скоростью повторения, доказывая

тем самым, что замеченные эффекты не требуют многократного числа повторений при том же уровне эффективности.

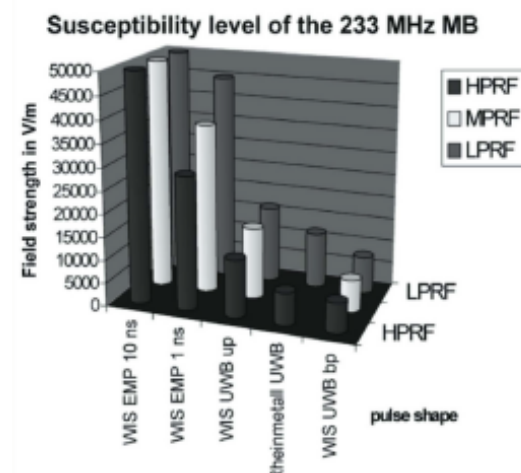


Рисунок 2 – Уровни восприимчивости различных типов СК ЭМИ для материнской платы персонального компьютера

Параметры импульсов указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры сигналов, генерируемых источниками СК ЭМИ в эксперименте Нитча

Тип сигнала	Время нарастания / Ширина импульса
WIS EMP10	10/200 нс
WIS EMP1	1/80 нс
WIS UWB up	90/2500 пс
Rheinmetall UWB	200/500 пс
WIS UWB bp	100/350 пс

Следует, однако, заметить, что все указанные эксперименты проводились обычно при прямом облучении исследуемого оборудования в зоне прямой видимости излучающей антенны. Конечно, если оборудование находится внутри здания или в комнате без окон, то будет наблюдаться некоторое уменьшение облучающего поля при переходе снаружи внутрь. Также многие эксперименты не предусматривали тщательного учета поляризации волны и угла облучения по отношению к оборудованию (с учетом времени и дополнительных затрат), поэтому большинство из наблюдаемых эффектов

будут проявляться при низкой амплитуде излучаемого сигнала только в случае оптимального геометрического расположения излучателя и облучаемого объекта. Хорошо известно, что при частотах выше 1 ГГц ориентация излучающей антенны в пространстве является очень важным параметром при постановке эксперимента.

Для угроз СК ЭМИ, использующих проводящую среду, ясно, что в случае незащищенности внешней линии питания или связи, вредоносные помехи очень легко могут попасть в рассматриваемую электронную систему внутри здания. Эксперименты показали, что узкополосные сигналы напряжения, инжектируемые в систему заземления здания, могут повлечь серьезные нарушения в работе оборудования. Частоты до 100 Гц и уровни напряжения до 100 В могут повлечь всевозможные нарушения [6]. Для медленно пульсирующих сигналов было выявлено, что ширина импульсов порядка 100 мкс может нанести ущерб электронным компонентам источника питания или цепям интерфейсных плат (рис. 3) при уровнях напряжения до 500 В, но наиболее стандартными значениями в пределах от 2 до 4 кВ [7].

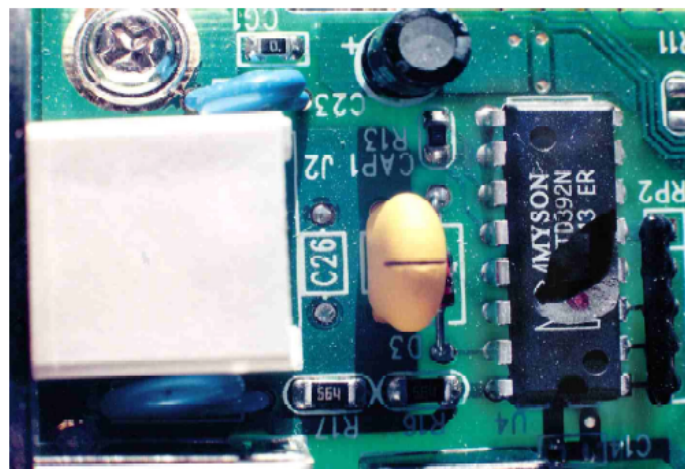


Рисунок 3 – Повреждение на интерфейсной плате Ethernet 10 Base2, вызванное инжекцией СК ЭМИ в кабеле 500-вольтовой намеренной помехой, определенной в МЭК 61000-4-5

Пока эти уровни напряжения, вызывающие повреждения, кажутся низкими, ситуация в целом не кажется удивительной. Но когда дело касается испытаний по требованиям ЭМС, прописанным в стандартах МЭК, то весьма необычным кажется требование по уровню внешнего

узкополосного облучаемого поля свыше 10 В/м (для частот выше 80 МГц). Это требование также является рекомендуемым уровнем невосприимчивости для медицинского оборудования, необходимого для жизнеобеспечения [8], хотя ведутся дискуссии по повышению данного показателя до 30 В/м в связи с проблемами с медицинскими приборами. Высокие уровни защиты не рекомендуются для использования в домашних или промышленных приборах из-за больших расходов для обеспечения требуемого уровня электромагнитной невосприимчивости. Для узкополосных сигналов напряжения, инжектируемых в кабели, соединенные с оборудованием, 10 В являются верхним пределом ЭМС, требуемым для большинства случаев, по стандартам МЭК [9]. Для данных испытаний используются частоты до 80 МГц.

### ВЫВОДЫ

Что касается испытаний переходных процессов в широкополосных проводящих средах, то большинство подобных испытаний в системах электроснабжения и освещения показали соблюдения норм ЭМС при амплитудах до 2 кВ. Только в специальных случаях таких, как, например, для генераторов на подстанциях, уровень электромагнитной невосприимчивости должен быть выше. Стандартные сигналы, участвовавшие в испытаниях ЭМС, представляли собой последовательности импульсов с 5 нс времени нарастания и длительностью около 700 мкс.

Поскольку в рассмотренных выше работах изучение воздействия СК ЭМИ проводилось в основном не за счет инжекции импульсов в проводящую среду, а за счет облучения, то актуальной в свете рассмотренного материала является задача по исследованию влияния СК ЭМИ на процесс передачи данных в локальных сетях.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Baum, C. E.** Comparative System Response to Resonant and Unipolar Waveforms. – AFWL Interaction Note 509, 1994; Proc. 13th International Zurich Symposium on EMC, 1999. – P. 15-20.
- 2 **Baum, C. E.** A Time-Domain View of Choice of Transient Excitation Waveforms for Enhanced Response of Electronic Systems. – AFWL Interaction Note 560, 2000; Proc. ICEAA 01, Turin, Italy, 2001. – P. 181-184.
- 3 **Nitsch, D., Sabath, F., Schmidt, H.-U. and Braun, C.** Comparison of the HPM and UWB Susceptibility of Modern Microprocessor Boards. – AFWL System Design and Assessment Note 36, 2002; Proc. 15th Int. Zurich Symposium on EMC, 2003. – P. 121-126.



4 **LoVetri, J., Wilburs, A. T. M. and Zwamborn, A. P. M.** Microwave Interaction with a Personal Computer: Experiment and Modeling. – Proc. 13th International Zurich Symposium on EMC, 1999. – P. 203-206.

5 **Bäckström, M.** HPM testing of a Car: A Representative Example of the Susceptibility of Civil Systems. – 13th International Zurich Symposium Supplement, February 1999. – P. 189-190.

6 **Parfenov, Y., Zdoukhov, L., Radasky, W. and Ianoz, M.** Conducted IEMI Threats for Commercial Buildings. – IEEE Transactions on EMC, Vol. 46, No. 3, August 2004.

7 **Fortov, V., Parfenov, Yu., Zdoukhov, L., Borisov, R., Petrov, S. and Siniy, L.** A computer code for estimating pulsed electromagnetic disturbances penetrating into building power and earthing connections. – 14th International Zurich Symposium and Technical Exhibition on EMC, February 2001.

8 IEC 60601-1-2. Medical electrical equipment – Part 1-2: General requirements for safety – Collateral standard: Electromagnetic compatibility – Requirements and tests. – Geneva, Switzerland.

9 IEC 61000-4-6. Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radiofrequency fields. – Geneva, Switzerland.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*A. E. Анарбаев<sup>1</sup>, A. O. Касимов<sup>2</sup>*

**Электронды жүйелер мен кешендерге электромагниттік әсер етудің тәжірибелік зерттеу**

<sup>1</sup>Қ. И. Сәтбаев атындағы

Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті;

<sup>2</sup>Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ.

Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*A. E. Anarbayev<sup>1</sup>, A. O. Kasimov<sup>2</sup>*

**Experimental research of electromagnetic impact on electronic systems and complexes**

<sup>1</sup>Kazakh National Research Technical University  
after K. I. Satpayev;

<sup>2</sup>Almaty University of Power Engineering and Communication, Almaty.

Material received on 16.09.16.

*Мақалада электронды жүйелер мен кешендерге электромагниттік әсер етудің тәжірибелік зерттеу нәтижелері көрсетілген.*

*In this paper the experimental research of electromagnetic impact on electronic systems and complexes is considered.*

УДК 539.3 + 528.22

**Е. Аринов<sup>1</sup>, Н. А. Испулов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Жезказганский университет имени О. А. Байконурова, г. Жезказган;

<sup>2</sup>Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

## **КОНЦЕНТРАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ОКРЕСТНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ БЕЗ ПОДКРЕПЛЕНИЯ**

*В статье рассматривается напряженное состояние вертикальной горной выработки круговой цилиндрической формы. Решение проводится в цилиндрической системе координат для случая меридиональной деформации.*

*Ключевые слова: напряженное состояние, деформация, горная выработка, система координат.*

Рассмотрим вертикальную горную выработку круговой цилиндрической формы глубиной  $h$ . Решение проводим в цилиндрической системе координат для случая меридиональной деформации. Начало координат поместим на оси цилиндрической выработки на дневной поверхности. При этом положения точек характеризуем цилиндрическими координатами: полярным радиусом  $r$  и координатой  $z$ , отсчитываемой от дневной поверхности в глубину, в выбранном положительном направлении (рисунок 1).

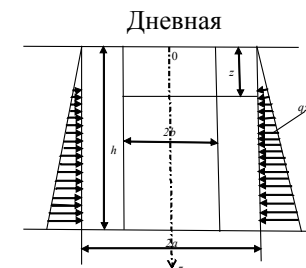


Рисунок 1

Введем вместо  $r, z$  безразмерные переменные  $x, \xi$ :

$$x = \frac{r}{a}, \quad \xi = \frac{z}{a}, \quad (1)$$

где  $a$  – наружный радиус цилиндра, за пределами которого не учитывается влияние концентрации напряжений, т.е. 5-6 радиусов выработки, как это принято в механике горных пород [1]. На уровне глубины  $z$  на внешнюю границу  $r = a$  цилиндра действует равномерное давление, равное  $\gamma z$ , где  $\gamma$  – удельный вес материала среды,  $z$  – произвольная глубина. Для полного цилиндра длины  $h$ , т.е. глубины выработки с внутренним радиусом  $b$  – радиусом выработки:

$$\frac{b}{a} = x_1 \leq x < 1, \quad 0 \leq \xi \leq \frac{h}{a}. \quad (2)$$

Для рассматриваемой меридиональной деформации решение задачи может быть выражено через две гармонические функции Папковича-Нейбера  $b_0$  и  $b_3$  [2], т.е.:

$$\nabla^2 b_0 = 0, \quad \nabla^2 b_3 = 0. \quad (3)$$

Здесь оператор Лапласа

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{1}{x} \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial^2}{\partial \xi^2}. \quad (4)$$

Перемещение через функцию  $b_0, b_3$  выражаются формулами:

$$\begin{aligned} u &= a \left[ -\frac{\partial b_0}{\partial x} + \xi \frac{\partial b_3}{\partial x} \right], \\ w &= a \left[ (3 - 4\nu)b_3 - \frac{\partial b_0}{\partial x} + \xi \frac{\partial b_3}{\partial x} \right], \end{aligned} \quad (5)$$

а напряжения –

$$\begin{aligned} \sigma_r &= 2G \left[ 2\nu \frac{\partial b_3}{\partial \xi} - \left( \frac{\partial^2 b_0}{\partial x^2} + \xi \frac{\partial^2 b_3}{\partial x^2} \right) \right], \\ \sigma_z &= 2G \left[ 2(1 - \nu) \frac{\partial b_3}{\partial \xi} - \left( \frac{\partial^2 b_0}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 b_3}{\partial x^2} \right) \right], \\ \sigma_\varphi &= 2G \left[ 2\nu \frac{\partial b_3}{\partial \xi} - \frac{1}{x} \left( \frac{\partial b_0}{\partial x} + \xi \frac{\partial b_3}{\partial x} \right) \right], \\ \tau_{rz} &= 2G \left[ (1 - 2\nu) \frac{\partial b_3}{\partial x} - \left( \frac{\partial^2 b_0}{\partial x \partial \xi} + \xi \frac{\partial^2 b_3}{\partial x \partial \xi} \right) \right]. \end{aligned} \quad (6)$$

Функции  $b_0, b_3$  имеют вид:

$$b_0 = A \frac{1}{2} (2\xi^3 - 3\xi x^2) + B\xi \ln x,$$

$$b_3 = C \frac{1}{2} (2\xi^2 - x^2) + D \ln x, \quad (7)$$

где  $A, B, C, D$  – производные постоянные интегрирования. Итак, пользуясь выражениями (7), определим перемещения (5):

$$\begin{aligned} u &= a \left[ 3A\xi x - B \frac{\xi}{x} - C\xi x + \frac{D\xi}{x} \right], \\ w &= a \left\{ -A \left( 3\xi^2 - \frac{3}{2}x^2 \right) - B \ln x + C \left[ 2\xi^2 + (3 - 4\nu) \frac{1}{2} (2\xi^2 - x^2) \right] + \right. \\ &\quad \left. (3 - 4\nu) D \ln x \right\} \end{aligned} \quad (8)$$

и компоненты напряжений –

$$\begin{aligned} \sigma_r &= 2G\xi \left[ 3A + \frac{B}{x^2} + C(4\nu + 1) + \frac{D}{x^2} \right], \\ \sigma_r &= 2G\xi \left[ -6A + 2C(1 - 2\nu) \right], \\ \sigma_\varphi &= 2G\xi \left[ 3A + \frac{B}{x^2} + C(4\nu + 1) - \frac{D}{x^2} \right], \\ \tau_{rz} &= 2G \left[ 3Ax - \frac{B}{x} - C(1 - 2\nu)x + \frac{D(1 - 2\nu)}{x} \right]. \end{aligned} \quad (9)$$

Граничные условия имеют вид:

$$\text{При } x = 1: \sigma_r = -\gamma a\xi, \quad \tau_{rz} = 0,$$

$$\text{При } x = x_1: \sigma_r = 0, \quad \tau_{rz} = 0. \quad (10)$$

Подставляя выражения для напряжений из (9) в граничные условия (10), получаем систему алгебраических уравнений для определения произвольных постоянных интегрирования  $A, B, C, D$ :

$$\begin{aligned} 3A + B + C(4\nu + 1) + D &= \frac{\gamma a}{2G}, \\ 3A - B - C(1 - 2\nu) + D(1 - 2\nu) &= 0, \\ 3A + \frac{B}{x^2} - C(4\nu + 1) + \frac{D}{x^2} &= 0, \\ 3Ax_1 + \frac{B}{x^2} - C(1 - 2\nu)x_1 + \frac{D(1 - 2\nu)}{x_1} &= 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Решив эту систему уравнений, найдем значения произвольных постоянных:

$$A = \frac{\Delta_1}{\Delta}, B = \frac{\Delta_2}{\Delta}, C = \frac{\Delta_3}{\Delta}, D = \frac{\Delta_4}{\Delta}, \quad (12)$$

где

$$\Delta = |a_{ij}|, \quad (13)$$

причем

$$\begin{aligned} a_{11} &= 3, a_{12} = 1, a_{13} = 4v + 1, a_{14} = 1, \\ a_{21} &= 3, a_{22} = -1, a_{23} = -(1 - 2v), a_{24} = 1 - 2v, \\ a_{31} &= 3, a_{32} = \frac{1}{x_1^2}, a_{33} = 4v + 1, a_{34} = \frac{1}{x_1^2}, \\ a_{41} &= 3x_1, a_{42} = \frac{1}{x_1}, \\ a_{43} &= -(1 - 2v)x_1, a_{44} = \frac{1-2v}{x_1}, \end{aligned} \quad (14)$$

$$\Delta_1 = -\frac{\gamma a}{2G} \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}, \quad (15)$$

$$\Delta_2 = \frac{\gamma a}{2G} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix}, \quad (16)$$

$$\Delta_3 = -\frac{\gamma a}{2G} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{44} \end{vmatrix}, \quad (17)$$

$$\Delta_4 = \frac{\gamma a}{2G} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} \end{vmatrix}, \quad (18)$$

Таким образом, найдено решение сформулированной задачи.

Просчитаем концентрацию напряжений на поверхности вертикальной цилиндрической полости в упругой среде горных пород по формулам (9), (12)-(18) при следующих значениях входных данных: удельный вес материала горных пород  $\gamma = 2,7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ ; коэффициент Пуассона  $\nu = 0,3$ ; модуль Юнга  $E = 0,62 \cdot 10^5 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$ ;  $a = 12$  м;  $b = 2$  м и глубина  $z = 50$  м.

Расчеты проведены на компьютере. Их результаты приведены ниже:

$$\begin{aligned} \nu &= 0,3, \gamma = 2,7 \cdot 10^{-3}; E = 0,62 \cdot 10^5; \\ G &= \frac{E}{2(1+\nu)}; b = 200; a_1 = 1200; x_1 = \frac{b}{a_1}. \\ a_{11} &= 3, a_{12} = 1, a_{13} = 4\nu + 1, a_{14} = 1, \\ a_{21} &= 3, a_{22} = -1, a_{23} = -(1 - 2\nu), a_{24} = 1 - 2\nu, \\ a_{31} &= 3, a_{32} = \frac{1}{(x_1)^2}, a_{33} = 4\nu + 1, a_{34} = \frac{1}{(x_1)^2}, \\ a_{41} &= 3x_1, a_{42} = \frac{1}{x_1}, a_{43} = -(1 - 2\nu)x_1, a_{44} = \frac{1 - 2\nu}{x_1}, \end{aligned}$$

$$\Delta_1 = -\frac{\gamma \cdot 1200}{2G} \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix},$$

$$\Delta_2 = \frac{\gamma \cdot 1200}{2G} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix},$$

$$\Delta_3 = -\frac{\gamma \cdot 1200}{2G} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{44} \end{vmatrix},$$

$$\Delta_4 = \frac{\gamma \cdot 1200}{2G} \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} \end{vmatrix},$$

$$\Delta_1 = -6,848 \cdot 1, \quad \Delta_2 = 3,655 \cdot 10^{-3}, \Delta_3 = -0,06, \Delta_4 = 5,775 \cdot 10^{-4},$$

$$\det = 2,181 \cdot 10^3.$$

$$\det = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{vmatrix},$$

$$A = \frac{\Delta_1}{\det}, B = \frac{\Delta_2}{\det}, C = \frac{\Delta_3}{\det}, D = \frac{\Delta_4}{\det},$$

$$A = -3,141 \cdot 10^{-6}, B = 1,676 \cdot 10^{-6},$$

$$C = -2,748 \cdot 10^{-5}, D = 2,648 \cdot 10^{-7}, \xi = \frac{z}{a_1}$$

$$\sigma_r = 2G\xi \left[ 3A + \frac{B}{(x_1)^2} + C(4\nu + 1) + \frac{D}{(x_1)^2} \right],$$

$$\sigma_z = 2G\xi [-6A + 2C(1 - 2\nu)],$$

$$\sigma_{\varphi} = 2G\xi \left[ 3A + \frac{B}{(x_1)^2} + C(4\nu + 1) - \frac{D}{(x_1)^2} \right],$$

$$\tau_{rz} = 2G \left[ 3Ax_1 - \frac{B}{x_1} - C(1 - 2\nu)x_1 + \frac{D(1-2\nu)}{x_1} \right].$$

$k = 1, z = k \cdot 5000, \nu = 0,3.$

$\sigma_r = 0, \sigma_z = -0,472, \sigma_{\varphi} = -27,771, \tau_{rz} = 0.$

При  $\nu = 0,5; \sigma_r = \sigma_z = \tau_{rz} = 0, \sigma_{\varphi} = -27,771 \frac{\text{кГ}}{\text{см}^2}.$   
Напряжения согласно формулам (9) пропорциональны глубине.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Ержанов, Ж. С.** Механика горных пород и её приложения. – Алма-Ата : Наука, 1964. – 138 с.  
2 **Лурье, А. И.** Теория упругости. – М., 1970. – 939 с.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*E. Arinov<sup>1</sup>, N. A. Ispulov<sup>2</sup>*

**Цилиндр пішінді вертикаль қуыс тау-кен жынысын қосымша күшсіз байыту кернеуі**

<sup>1</sup>О. А. Байқоңыров атындағы  
Жезқазған университеті, Жезқазған қ.;

<sup>2</sup>С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*E. Arinov<sup>1</sup>, N. A. Ispulov<sup>2</sup>*

**Stress concentration around vertical cylinder mining pit without support**

<sup>1</sup>Zhezkazgan Baikonurov University, Zhezkazgan;

<sup>2</sup>S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.  
Material received on 16.09.16.

*Мақалада цилиндр пішінді вертикаль қуыс тау-кен жынысының маңайындағы кернеулі қалты зерттелген. Қуыс тау-кен жынысы тірелмеген жағдайы қарастырылған.*

*The article reveals the tense condition around vertical mining pit in the form of a round cylinder. The mine without support has been considered.*

УДК 621.316.925

**В. А. Бороденко<sup>1</sup>, А. С. Барукин<sup>2</sup>, А. Г. Калтаев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>д.т.н., профессор, <sup>2,3</sup>докторанты, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар  
e-mail: <sup>2</sup>alexbarukin@mail.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДАТЧИКА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ГЕРКОНЕ С КАТУШКОЙ

*Для новой системы защит электроустановок от коротких замыканий, не использующей трансформаторы тока, в качестве датчиков переменного тока предлагается использовать герконового реле, для которых определены вольтамперные характеристики. Исследовано влияние на коэффициент преобразования  $k_{\text{пр.}} = U_2 / I_1$  рассматриваемых датчиков расположенных вблизи аналогичных реле, проведена оценка их однотипности.*

*Ключевые слова: герконовое реле, датчик переменного тока, коэффициент преобразования, напряжение, шина.*

### ВВЕДЕНИЕ

Работа геркона в магнитном поле проводника с током позволяет создать устройство, заменяющее традиционную схему токовой защиты, состоящую из трансформатора тока (датчика переменного тока) и измерительного реле [1, 2]. Если геркон расположен перпендикулярно оси проводника (токоведущей шины), величина тока срабатывания геркона будет определяться, в основном, расстоянием между ним и проводником [3].

Однако при этом остается нерешенным вопрос измерения реального тока нагрузки в нормальном эксплуатационном режиме работы электроустановки. Предложено использовать в качестве датчика тока катушку, в которой размещен геркон.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Исследования проводились на стандартных герконовых реле типа РПГ-2 (1), РГК-49 (2) и РГК-50 (3). Реле различались контактной

системой: замыкающий контакт у реле 1 и 2, переключающий контакт у реле 3.

Схема установки для испытания датчика тока на герконе с катушкой представлена на рисунке 1.

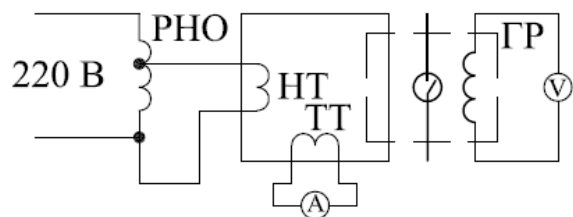


Рисунок 1 – Схема испытательной установки

Регулирование первичного тока  $I_1$  в шине производилось регулятором напряжения РНО-220-25 и нестандартным нагрузочным трансформатором НТ, измерение первичного тока  $I_1$  – трансформатором тока ТТ типа ТТЭ-125 с коэффициентом трансформации 4000/5 и мультиметром А типа Fluke. Датчик устанавливался на изоляционной пластине, которая крепилась непосредственно к шине перпендикулярно к ней. Конструкция обеспечивала размещение герконового реле ГР на расстоянии от токоведущей шины 120 мм (по требованиям ПУЭ к установкам 10 кВ) и 155 мм, что отображало регулирование уставки срабатывания геркона путем изменения расстояния до шины. Измерение напряжения  $U_2$  на катушке реле производилось мультиметром V также типа Fluke.

Результаты исследований для изоляционного промежутка 120 мм представлены на рисунке 2. Из графиков видно, что вольтамперная характеристика всех трёх реле близка к линейной, однако у реле РПГ-2 (зависимость 1) чувствительность лучше (коэффициент преобразования  $k_{пр} = U_2/I_1$ , мВ/А, больше) за счет больших геометрических размеров контактной системы. По этой же причине, хотя обмоточные данные и габариты катушек у реле РГК-49 (2) и РГК-50 (3) одинаковы, характеристика 3 лежит выше характеристики 2, поскольку реле РГК-50 имеет переключающий контакт, а РГК 49 – лишь замыкающий.

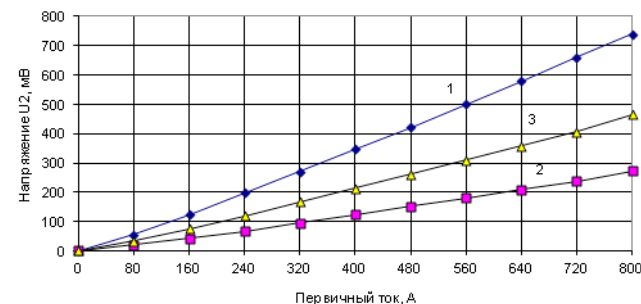


Рисунок 2 – Вольтамперные характеристики для изоляционного промежутка 120 мм

При удалении датчиков от токоведущей шины на расстояние 155 мм (рисунок 3) характеристики 2 и 3 сближаются, так как в этом случае на чувствительность исследуемых датчиков в большей степени влияют параметры катушки, которые у этих реле одинаковы, и в меньшей степени параметры контактной системы.

В [3] показано, что характер магнитного поля рассматриваемой системы, а, следовательно, и условия срабатывания геркона, при приближении геркона к проводнику с током существенным образом зависят от геометрических размеров сечения шин. Поэтому в дальнейшем необходимо дополнительно исследовать влияние геометрии шин на характеристики датчика переменного тока на герконе с катушкой.

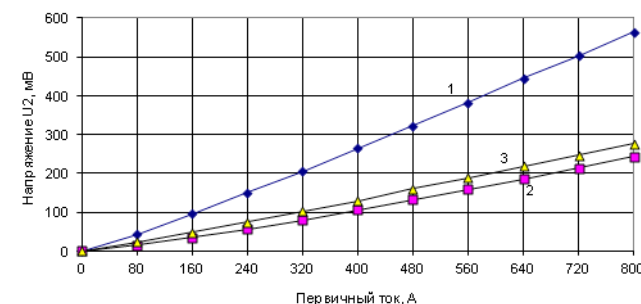


Рисунок 3 – Вольтамперные характеристики для изоляционного промежутка 155 мм

Исследовалось также для серии из пяти реле каждого из перечисленных выше типов влияние разброса собственных параметров герконовых реле

на коэффициент преобразования  $k_{np}$  реле как датчика тока. Результаты приведены в таблице 1 для реле РПГ-2. Отклонение вторичного напряжения  $U_2$  катушки при одинаковом первичном токе не превысило 5 % от среднего значения.

Проведены исследования влияния на характеристики рассматриваемых датчиков расположенных вблизи аналогичных реле, например, используемых для выбора уставки срабатывания токовой защиты, при первичных токах 80, 160 и 240 А. Установлено (рисунок 4), что у датчика на реле РПГ-2 присутствие вблизи второго реле увеличивает коэффициент преобразования  $k_{np}$ , а добавление третьего герконового реле того же типа вновь снижает вольтамперную характеристику. При этом при малых первичных токах это снижение менее ощутимо.

Таблица 1 – Разброс напряжения для однотипных реле РПГ-2

Ток $I_p$ , А	Напряжение $U_2$ , мВ					Среднее напряжение $U_{2cp}$ , мВ	Максимальное отклонение напряжения $ U_{2cp} - U_{2i} $ , мВ	Отклонение от среднего напряжения $U_{2cp}$ , %
	Реле 1	Реле 2	Реле 3	Реле 4	Реле 5			
80	56,1	60,6	59,1	57,4	57,0	58,0	2,6	4,41
160	124,6	129,1	132,3	122,9	121,1	126,0	6,3	5,00
240	197,3	196,4	201,5	190,9	190,5	195,3	6,2	3,16
320	270,2	270,3	276,9	263,5	264,3	269,0	7,9	2,92

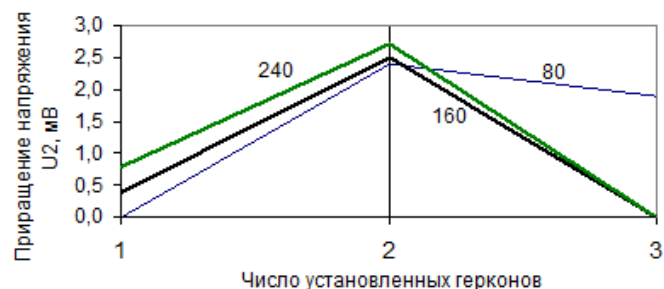


Рисунок 4 – Взаимное влияние реле РПГ-2

У реле РГК-49 и РГК-50 (рисунок 5) наблюдается снижение коэффициента преобразования  $k_{np}$  при установке рядом с датчиком других реле того же типа. Это явление необходимо учитывать при использовании датчиков тока на герконе с катушкой.

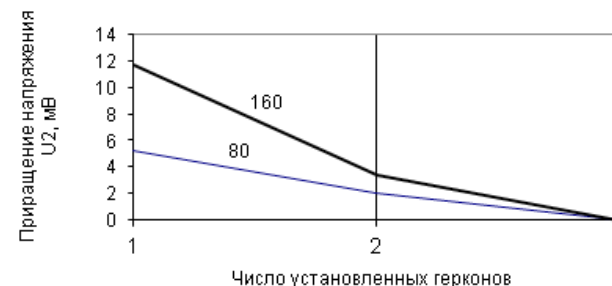


Рисунок 5 – Влияние числа герконов типа РГК

### ВЫВОДЫ

Показано, что герконовые реле с катушкой могут быть использованы в качестве датчика переменного тока с преобразованием первичного тока  $I_1$ , протекающего в шине, во вторичное напряжение  $U_2$ . Характеристика преобразования датчика близка к линейной. Однако для стандартизации линейки подобных датчиков следует решить еще ряд вопросов, например, оценить влияние расстояния до проводника, геометрии шины, воздействия соседних проводников и расположенных рядом аналогичных датчиков и т.п.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Клецель, М. Я. Основы построения релейной защиты на герконах // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем : Материалы 4-й Международной научно-технической конференции. – Екатеринбург, 2013. – 3-7 июня.
- 2 Шоффа, В. Н., Умеренков, А. С., Галтева, Е. Ф. Реле тока на магнитоуправляемых герметизированных контактах. – М. : Информэлектро, 1978. – 63 с.
- 3 Котлярчук, В. А., Клюев, М. Ю., Батухтин С. Л. Датчики тока на герконах // Электротехническая промышленность. Серия «Аппараты низкого напряжения». – 1981. – вып. 2(93). – С. 28-30.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*V. A. Borodenko, A. S. Barukin, A. G. Kaltayev*

**Катушкасы бар геркондағы ауыспалы тоқтың өтуін зерттеу**

С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*V. Borodenko, A. Barukin, A. Kaltayev*

**Study of AC sensor on the reed switch with a coil**

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.  
Material received on 16.09.16.

*Электрқұрылғыларын қысқа тұйықталудан қорғаудың жаңа жүйесі үшін тоқ трансформаторларын қолданбайтын ауыспалы тоқ өткізгіштері ретінде герконды реле қолдану ұсынылады. Қарастырылып отырған ұқсас релеге жақын орналасқан өткізгіштердің қайта түзілу коэффициентіне әсері зерттелді, олардың біртектілігі бағаланды.*

*There is proposed usage of reed relays with defined current-voltage characteristics as alternating current sensors for the new electrical system of protection against short circuits that does not use current transformers. There is explored the effect on the conversion factor of the considered sensors located near similar relays, an assessment of their uniformity is made.*

УДК 678.742.3(043.3)

**А. Н. Жумабеков<sup>1</sup>, К. Х. Жапаргазинова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>магистрант, <sup>2</sup>к.х.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар  
e-mail: <sup>1</sup>asyl.zhumabekov@mail.ru; <sup>2</sup>gul\_0859@mail.ru

**УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РЕАКТОРОВ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ПРОПИЛЕНА НА ТОО «КОМПАНИЯ НЕФТЕХИМ LTD»**

*В данной статье описан способ увеличения производительности реакторов полимеризации пропилена, работающих по технологии полимеризации в массе (в среде жидкого пропилена). Основным преимуществом данного способа является полное отсутствие капиталовложений, так как не требуется изменения технологических схем или конструкции аппаратов, а также отсутствует необходимость повышения норм расхода сырья, катализаторов и реагентов.*

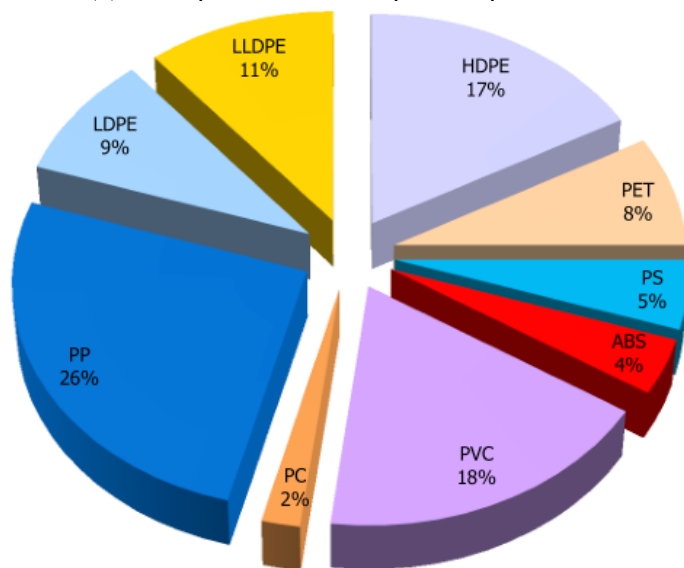
*Ключевые слова: Полипропилен, установка производства полипропилена, полимеризация пропилена в массе, конденсация непрореагировавшего пропилена, газофазная полимеризация, ТОО «Компания Нефтехим LTD».*

**ВВЕДЕНИЕ**

Полипропилен – это термопластичный неполярный полимер из класса полиолефинов, продукт полимеризации пропилена, который используется для производства пленок, волокон, пленочных нитей, лент, тары, нетканых материалов, листов, труб, деталей технической аппаратуры и других изделий бытового, технического и медицинского назначения.

На сегодняшний день полипропилен занимает второе место в мире среди полимеров по объему потребления с долей 26 %, уступая только полиэтилену. В последнее время полипропилен вытесняет с мирового рынка пластмасс поливинилхлорид, АБС-пластики и ударопрочный полистирол.

Диаграмма 1 – Доля потребления полимеров в мире



Полипропилен проник во все доминирующие отрасли экономики: электронику, электротехнику, машиностроение, автомобилестроение, приборостроение, транспорт, строительство и многие другие [1, 2].

Производство полипропилена начало развиваться в 50-х годах прошлого века благодаря работам немецкого химика Карла Циглера и итальянского химика Джулио Натта. В 1957 году на основе работ Д. Натта итальянской фирмой «Montecatini» был реализован первый промышленный процесс получения полипропилена с использованием  $\delta\text{-TiCl}_3 + \text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}$  в качестве каталитической системы. По способу получения процесс являлся суспензионным.

В дальнейшем развитие производств полипропилена и появление новых видов полипропилена было неразрывно связано с разработкой новых типов каталитических систем и снижением энергоёмкости процессов. В настоящее время существуют три основных типа процесса полимеризации пропилена: полимеризация в суспензии (в среде углеводородов), полимеризация в массе (в среде жидкого пропилена) и газофазная полимеризация (в среде газообразного пропилена).

Как отмечалось выше, первым был реализован суспензионный процесс получения полипропилена. Сущность процесса заключалась в полимеризации пропилена в среде тяжелого углеводородного растворителя (гептан, гексан)

при температуре 55-80 °С и давлении 0,6-1,0 МПа. В качестве каталитической системы использовались как массивные катализаторы на основе  $\text{TiCl}_3$  I–II поколения с сокатализатором на основе алкилалюминийхлоридов, так и катализаторы IV поколения на основе нанесенных титан-магниевого катализаторов. Значительным недостатком суспензионных процессов, особенно с использованием катализаторов I–II поколений, были: большая энергоёмкость процесса в связи с наличием таких энергозатратных стадий как регенерация растворителя и выделение атактического полипропилена; пониженная стереоспецифичность и, как следствие, большой выход нецелевого атактического полипропилена; достаточно «узкая» продуктовая линейка, особенно в части сополимеров. Появление и дальнейшее совершенствование нанесенных катализаторов IV поколения повысило энергоэффективность и снизило прямые производственные затраты суспензионных процессов.

Появление высокоэффективных каталитических систем IV поколения с активностью более 20 кг полипропилена на 1 г катализатора (кг/г) позволило разработать упрощенный процесс полимеризации в жидком мономере. В процессе полимеризации в жидком мономере, разработанном фирмой HimontInc., использовался высокоэффективный титан-магний катализатор с активностью порядка 30 кг/г. Процесс полимеризации в жидком мономере ведется при температуре 75-80 °С и давлении 3,2-4,5 МПа. В качестве полимеризатора использовался петлевой реактор. Разработка подобных процессов позволила снизить инвестиционные затраты на 40 % по сравнению с суспензионными процессами. Технология SPHERIPOL на катализаторах серии AVANT позволяет получать полимер в виде крупных сферических частиц с узким гранулометрическим распределением и высокой насыпной плотностью. Процесс BORSTAR использует аналогичные петлевые реакторы, но процесс ведется в сверхкритическом пропилене и используется специфический катализатор. Необходимо отметить, что для производства сополимеров по данным технологиям используются двухреакторные схемы, где в качестве второго используется газофазный реактор.

Газофазные высокоэффективные процессы были разработаны рядом фирм только к концу 70-х годов прошлого века. В то время были разработаны три основных технологии: BASF (в настоящее время NOVOLEN процесс); AMOCO/Chisso (в настоящее время INNOVENE процесс, JPP процесс); UCC/Shell (в настоящее время UNIPOL). Основные технологические отличия этих процессов заключаются в способах перемешивания и отвода тепла реакции. В процессах типа BASF используется реактор с вертикальной конструкцией мешалки и удалением тепла реакции испарением жидкого пропилена. Полимеризация проводится при температуре 70-75 °С и давлении порядка



2,5 МПа. В процессах типа AMOCO/Chisso используются горизонтальные многозонные цилиндрические реактора с системой теплосъема за счет циркуляции и испарения жидкого мономера. Используемый реактор характеризуется минимальным удельным расходом энергии. Этот показатель для процессов типа AMOCO/Chisso в 3-4 раза ниже, чем для процессов BASF и в 5-8 раз ниже, чем для UCC/Shell. В процессах типа UCC/Shell полимеризация проводится в квазикипящем слое, перемешивание осуществляется потоком мономера, проходящим через слой полимерных частиц, что значительно улучшает теплосъем. Использование квазикипящего слоя накладывает более жесткие требования на однородность частиц катализатора – различие в размерах частиц и плотности может привести к сепарации порошка полипропилена, что снижает производственную гибкость по сравнению процессами BASF и AMOCO/Chisso. В 2002 году компания Basell начала коммерческую эксплуатацию разработанного ею процесса SPHERIZONE. В процессе используется так называемый мультизонный циркуляционный реактор. Данный процесс позволяет получать в одном реакторе бимодальный полипропилен и статсополимеры с лучшим балансом свойств, и новое семейство многофазных пропиленовых полимеров, таких например как двухсоставные сополимеры (twinrandomcopolymers). В целом газофазные процессы характеризуются (в силу отсутствия жидких сред и легкости регулирования содержания водорода и сомономеров) возможностью производства полимеров с широким диапазоном регулируемых молекулярных масс и содержанием сомономера, сокращением сроков перехода с марки на марку, и пониженной энергоемкостью [3].

#### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В Казахстане первое производство полипропилена было запущено в 2009 году на ТОО «Компания Нефтехим LTD». Для производства полипропилена используется процесс полимеризации пропилена в массе (в среде жидкого пропилена). Процесс полимеризации проходит периодически в 6-и вертикальных реакторах с мешалками, работающих одновременно независимо друг от друга со сдвигом стадии процесса, в присутствии титан-магниевого катализатора IV поколения с сокатализатором триэтилалюминием и внешним донором циклогексилметилдиметоксисиланом. Также используется водород в качестве агента передачи цепи для регулирования молекулярной массы полипропилена. Для отвода тепла используется обратная охлаждающая вода, которая подается в теплообменные рубашки и внутренние змеевики реакторов. Полимеризация пропилена проходит при температуре 71-79 °С и давлении 3,1-3,6 МПа. Поставщиком оборудования и технологии является «Синьцзянская торгово-промышленная корпорация САН БАО»

(КНР). Проектная мощность установки производства порошкового полипропилена составляет 30 000 тонн порошкового полипропилена в год. Сырьем является концентрированный пропилен чистотой не менее 99,6 %, который получают путем ректификации под давлением на установке концентрирования пропилен из пропан-пропиленовой фракции, которая поступает с Павлодарского нефтехимического завода.

При производстве полипропилена согласно проекту за один цикл с 4000 кг загружаемого в реактор жидкого пропилен получают 2500 кг порошкового полипропилена (конверсия пропилен составляет 62,5 %), оставшиеся 1500 кг непрореагировавшего пропилен в виде рекуперата возвращается на установку концентрирования пропилен. Один цикл (реакция) состоит из следующих стадии процесса: загрузка сырья, катализаторов и реагентов (15 мин), нагрев реакционной массы и набор давления (45 мин), полимеризация пропилен (2 часа), сброс непрореагировавшего пропилен (40 мин), выгрузка полипропилена и подготовка реактора на следующую реакцию (20 мин). За сутки на каждом реакторе проводится по 6 реакций по 4 часа каждая, и соответственно на 6-и реакторах за сутки проводятся 36 реакции и суточная производительность установки производства полипропилена составляет 90 000 кг порошкового полипропилена (при выходе продукта с реакций – 2500 кг).

С момента начала эксплуатации установки были рассмотрены различные варианты увеличения выхода продукта с реакций путем изменения технологического режима процесса, увеличением времени полимеризации и объема загружаемого пропилен в реакторы, но это не дало положительных результатов. В 2011 году оператором установки производства полипропилена Жумабековым А.Н. (автором статьи) был разработан способ увеличения выхода продукта с реакций на 30 % без изменения объемов загружаемого сырья. Предложение было внедрено в технологический процесс производства в апреле 2011 года, что позволило увеличить производительность установки на 30 %, сократить удельную себестоимость выпускаемой продукции и увеличить рентабельность производства на 40 %. Увеличение выхода продукта с реакций по данному способу достигается изменением технологического режима полимеризации пропилен на конечной стадии процесса и замещением стадий сброса непрореагировавшего пропилен стадией конденсации непрореагировавшего пропилен. Преимуществом данного способа увеличения производительности является полное отсутствие капиталовложений, так как не требуется изменения схем и конструкции аппаратов, отсутствие необходимости повышения норм расхода сырья, катализаторов и реагентов, а также дополнительного времени на полимеризацию, так как общее время реакций не меняется и составляет

4 часа, и соответственно за сутки проводятся 36 реакций, но уже с высоким выходом продукта с одной реакцией – 3300 кг порошкового полипропилена (конверсия пропилена составила 82,5 %) [4].

Изменение технологического режима полимеризации пропилена на конечной стадии процесса достигается следующим образом. Резкое возрастание токовой нагрузки на электродвигатель мешалки реактора и его стабилизация на значении 65-80 А указывает на конец реакций полимеризации пропилена. В этот момент согласно технологическому регламенту необходимо начать сброс непрореагировавшего пропилена из реактора, так как давление в реакторе начинает снижаться, а температура начинает расти, из-за окончания жидкой фазы пропилена и снижения теплопроводности в реакторе. Но в реакторе остается около 1500 кг непрореагировавшего пропилена в виде газовой фазы, который еще можно использовать в качестве сырья за счет оптимизации технологического процесса на данной стадии процесса. Для полимеризации непрореагировавшего пропилена необходимо создать условия газовой полимеризации. Необходимым условием в данном случае является нагрев непрореагировавшей газовой фазы пропилена до температур газовой полимеризации и постепенная его конденсация. Для инициирования газовой полимеризации и продолжения работы активных центров полимеризации необходимо во время стабилизации токовой нагрузки мешалки реактора закрыть клапаны подачи оборотной охлаждающей воды в рубашку реактора и постепенно по мере возможности закрыть клапан подачи оборотной охлаждающей воды в змеевики реактора, не допуская превышения давления в реакторе выше регламентных норм. После чего начнется испарение остаточного жидкого пропилена и резкое повышение температуры верха реактора, то есть нагрев газовой фазы пропилена, который находится в верхней части реактора. При достижении температуры верха реактора 81-82 °С и повышении токовой нагрузки мешалки реактора, что будет свидетельствовать о начале газовой полимеризации пропилена, необходимо открыть клапаны подачи оборотной охлаждающей воды в рубашку и змеевики реактора для конденсации газовой фазы пропилена. Образовавшаяся жидкая фаза пропилена сразу же вступает в реакцию, что можно заметить по резкому повышению токовой нагрузки мешалки реактора. При конденсации газовой фазы пропилена давление в реакторе снижается быстро, а температура реакционной массы снижается медленно, из-за выделения тепла реакций и снижения теплопроводности. При снижении температуры верха реактора ниже 70 °С прекращается подача оборотной охлаждающей воды в змеевики реактора, и при снижении температуры низа реактора ниже 57 °С прекращается подача оборотной охлаждающей воды в рубашку реактора. После чего несконденсированная газовая фаза пропилена

сбрасывается из реактора, а полученный порошковый полипропилен остаточным давлением в реакторе 1,4-1,6 МПа выгружается в испаритель. Таким образом, 35 минут стадий сброса непрореагировавшего пропилена замещается стадией конденсации и полимеризации непрореагировавшего пропилена, а на сброс остаточного пропилена затрачивается не более 5 минут, что не требует дополнительного времени на полимеризацию непрореагировавшего пропилена, и соответственно применение данного способа увеличения выхода продукта с реакций является эффективным и оптимальным техническим решением [5].

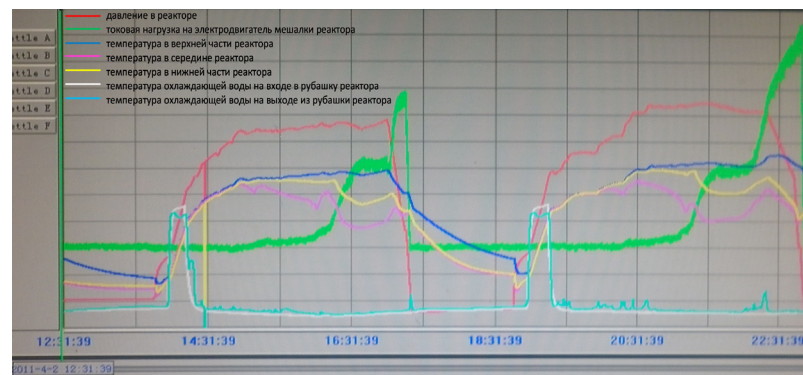


Рисунок 1 – Тренды технологических параметров процесса полимеризации пропилена в реакторах, снятые с системы управления

На рисунке 1 представлены тренды технологических параметров процесса полимеризации пропилена снятые 02.04.2011 г. с системы управления технологическим процессом установки производства порошкового полипропилена. Слева показаны технологические параметры стандартной полимеризации без проведения стадии конденсации и полимеризации непрореагировавшего пропилена, выход полипропилена с которой составил 2500 кг. Справа показаны технологические параметры полимеризации с проведением стадии конденсации и полимеризации непрореагировавшего пропилена, выход полипропилена с которой составил 3500 кг. При сравнении двух трендов можно сразу заметить, как отличается конечный пик токовой нагрузки на электродвигатель мешалки реактора, которая обозначена зеленым цветом. Чем выше выход продукта с реакций, тем выше конечный пик токовой нагрузки. Также можно заметить, как стремительно повышается токовая нагрузка во время инициирования газовой полимеризации пропилена и дальнейшей конденсации и полимеризации непрореагировавшего пропилена.

## ВЫВОДЫ

Применение данного способа привело не только к увеличению среднего выхода полипропилена с реакций с 2500 кг до 3300 кг, но параллельно дало и другие положительные результаты: а) уменьшение остатков катализаторов в порошковом полипропилене, что привело к улучшению качества продукции, так как до 2014 года отсутствовал процесс дезактивации остатков катализаторов; б) уменьшение количества возвращаемого пропилен-рекуперата на установку концентрирования пропилена, используемого в качестве компонента сырья, что привело к стабилизации работы узла приема пропан-пропиленовой фракций от Павлодарского нефтехимического завода, так как из реакторов пропилен-рекуперат начали сбрасывать при более низком давлении 2,2-2,4 МПа и за очень короткое время (3-5 мин).

Также хочется отметить, что данная разработка в 2012 году была признана одним из лучших рационализаторских предложений года в республиканском конкурсе «РАЦИОНАЛИЗАТОР.KZ» в номинации «Лучшее рационализаторское предложение года», проведенном АО «Национальное агентство по технологическому развитию» при поддержке Министерства индустрии и новых технологий Республики Казахстан. Чистая прибыль от внедрения данного предложения на ТОО «Компания Нефтехим LTD» составила около 500 млн. тенге в год [6].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 [http://sp-department.ru/for\\_students/spolymer/](http://sp-department.ru/for_students/spolymer/).
- 2 <http://plastinfo.ru/information/articles/52/>.
- 3 **Шабалин, Е. Ю., Майер, Э. А.** Развитие и современное состояние технологий производства полипропилена // Пластические массы, 2011. – № 11. – С. 5-9.
- 4 Отчет о выполнении мероприятий по увеличению выхода полипропилена с реакций на установке производства полипропилена ТОО «Компания Нефтехим LTD», утвержденный главным инженером от 11.05.2011 г.
- 5 Мероприятия по увеличению выхода полипропилена с реакций на установке производства полипропилена ТОО «Компания Нефтехим LTD», утвержденные главным инженером от 26.04.2011 г.
- 6 <https://youtu.be/aDULvZXomn0>.
- 7 **Усачева, Т. С.** Общая химическая технология полимеров. Ч. 2. Основы технологии синтеза полимеризационных полимеров / Т. С. Усачева. – Иваново : ИГХТУ, 2006. – 60 с.

8 **Куренков, В. Ф.** Химия высокомолекулярных соединений: Конспект лекций / В. Ф. Куренков. – Казань : Издательство – Редакция «Бутлеровские сообщения», 2004. – 146 с.

9 **Семчиков, Ю. Д.** Высокомолекулярные соединения / Ю. Д. Семчиков. – М. : Изд. центр «Академия», 2005. – 368 с.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*А. Н. Жумабеков, К. Х. Жапаргазина*

**«Компания Нефтехим LTD» ЖШС-нда пропиленді полимеризациялау реакторларының өнімділігін арттыру**

С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*A. N. Zhumabekov, K. H. Zhapargazinova*

**Increase of propylene polymerization reactors performance at «Company Neftekhim LTD» LLP**

S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar.  
Material received on 16.09.16.

*Бұл мақалада сұйық пропилен ортасында полимеризациялау технологиясы бойынша жұмыс істейтін пропиленді полимеризациялау реакторларының өнімділігін арттыру әдісі көрсетілген. Бұл әдістің ең басты артықшылығы қаржы жұмсалымының мүлдем жоқтығы болып табылады. Өйткені, бұл әдіс технологиялық схемаларды немесе аппараттардың құрылымын өзгертуді талап етпейді. Сонымен қатар, бұл әдіс шикізат, катализаторлар мен реагенттердің шығын мөлшерін жоғарлатуды да қажет етпейді.*

*This article describes a method for increasing the productivity of propylene polymerization reactors operating under bulk polymerization technologies (in the liquid propylene). The main advantage of this method is the complete lack of investment, since flowsheets apparatus or structure do not change and there is no need to increase the raw material consumption rates, catalysts and reagents.*

**С. К. Жумажанов<sup>1</sup>, Г. У. Оразова<sup>2</sup>, Д. С. Уразалимова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>к.т.н., асоц. профессор; <sup>2</sup>ст. преподаватель; <sup>3</sup>преподаватель, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар  
e-mail: <sup>1</sup>zhumaser@mail.ru

## **ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА НА ТЕКУЩИЙ МОМЕНТ**

*В статье обсуждаются проблемы изменений условий работы электрооборудования и электроприемников, намечаются мероприятия по предупреждению аварий в энергетическом секторе.*

*Ключевые слова: работа электрооборудования, предупреждение аварий, безопасность персонала.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Во все времена специалистами «эксплуатационщиками» и руководителями среднего звена на энергетических предприятиях решается проблема нормализации условий режима работы как оборудования, так и обслуживающего персонала. Степень проработки данного вопроса напрямую оказывает влияние на без аварийную работу, производительность и безопасность труда.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Мероприятиями, в первую очередь, поддерживающими нормальное состояние режимов работы и оборудования является: соблюдение правил техники безопасности при проведении работ; инструктажи и учет правил устройства электроустановок.

Современное состояние, в которых приходится работать предприятиям энергетического сектора характеризуется высокой динамикой происходящих процессов, что вызвано объективной причиной: многообразием числа электроприемников с огромнейшим набором всевозможных режимов электропотребления [1], причем простое суммирование графиков потребления, что соответствует руководящим указаниям по расчету нагрузки, на сегодня не является объективным, так как не учитывает взаимного влияния на характеристики электропотребления электроприемников. Ранее данный вопрос не был значимым ибо большая часть потребления

производилась промышленными предприятиями, зачастую работающими в три смены, современный тренд – продолжающийся рост коммунально-бытовой нагрузки, существенно изменяет характеристики потребления. Данная ситуация требует пересмотра некоторых способов применяемых в повседневности для расчета нагрузок, так например следует отметить, что так называемое понятие «эффективное количество электроприемников» также теряет актуальность и значимость. Ошибки в расчетной части неминуемо повлекут неверное определение условий работы электрооборудования и вызовут нарушение устойчивого режима работы системы электроснабжения в целом.

Помимо приведенной причины, современные режимы работы, характеризуются широкими интервалами изменения параметров. Примером может служить, ситуация с атмосферными явлениями: изменение ветровой нагрузки, грозовая активность и величина ледяного покрова на проводах линий электропередач [2-4]. В сочетании с достаточно высоким процентом износа оборудования на предприятиях или даже внедрением нового, но не рассчитанного на изменившиеся пределы нагрузок приведет к тяжелым авариям и соответственно к снижению эффективности работы систем электроснабжения в целом.

При возникновении аварийных ситуаций вся нагрузка по устранению ложится на инженерно технических работников (ИТР) и службы эксплуатации. Беря в расчет то, что на современных предприятиях фонды по запасному оборудованию и комплектующим достаточно скудные, что вызвано текущим способом ведения хозяйства и усилением влияния все возрастающего числа электроприемников и атмосферных явлений, создается опасность возникновения техногенных катастроф или крупных аварий, которые повлекут неприемлемый материальный ущерб.

### **ВЫВОДЫ**

В этих условиях достаточно сложной обстановки для предупреждения опасных последствий необходимо на текущий момент выполнение следующих мероприятий:

– организовать централизованную работу по сертификации множества электроприемников в рамках единых стандартов, провести исследования по наиболее вероятному сценарию развития с учетом степени влияния на общую картину электропотребления;

– проверить адекватность применяемых на текущий момент тезисов в руководящих указаниях по расчету нагрузки, желательно с определением рамок адекватности и выявление наиболее влияющих факторов;

– усилить работу служб, отслеживающих климатические изменения и создание на их базе центра по переработке данных и моделированию сценариев развития;

– создать на базе предприятий или учебных заведений подразделений по анализу и прогнозированию ситуаций, при широких изменениях параметров режима, с выработкой рекомендаций, которые необходимо довести до ИТР и персонала эксплуатационной службы.

Даже с учетом выполнения данных предложений не исключается вероятность возникновения аварийных ситуаций, но это позволяет добиться более высокой степени адекватности принимаемых решений, а значит, снижается время по устранению последствий.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Смирнов, С. С.** Метод определения фактических вкладов сети и потребителя в коэффициенты высших гармоник напряжений узла // Электричество, 2005. – №10. – С. 54-61.

2 **Шведов, Г. В., Азаров, А. Н.** Оценка влияния метеоусловий на годовые нагрузочные потери электроэнергии в проводах воздушных линий // Электричество, 2016. – № 2. – С. 11-19.

3 **Трофимов, С. В.** Параметры собственных форм колебаний провода АС 120/19 с гасителем вибраций ГПП-1,6-11-450 // Электричество. – 2010. – № 3. – С. 7-15.

4 **Тамазов, А. И.** Определение годовых потерь электроэнергии на корону с помощью индекса погоды // Электричество, 2010. – № 12. – С. 19-28.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*С. Қ. Жұмажанов, Г. Ө. Оразова, Д. С. Уразалимова*

**Қазіргі уақытта энергетикалық секторда жұмыс жасайтын кәсіпорындарда ұйымдастыру қызметінің проблемалары**

С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*S. K. Zhumazhanov, G. O. Orazova, D. S. Urazalimova*

**Problems of energy companies work organisation at the moment**

S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 16.09.16.

*Мақалада электр жабдықтардың және электр қабылдағыштардың жұмыс жасау шарттарының өзгерістеріне одан басқа энергетикалық секторда апаттарды жою шаралары қарастырылған.*

*The article discusses the problem of changes in the conditions of electrical equipment and power consumers, it outlines the measures to prevent accidents in the energy sector.*

ЭОЖ 624.272

**А. С. Қадыров<sup>1</sup>, К. Г. Балабекова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>т.ғ.д., профессор, <sup>2</sup> докторант, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ.

e-mail: <sup>2</sup>06\_03\_92@mail.ru

## **МОБИЛЬДІ КӨПІР ӨТПЕСІНІҢ ЖЕТІЛГЕН МОДУЛІНІҢ СӘЙКЕСТІРІЛГЕН ЭЛЕМЕНТТЕРІН ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ КОНСТРУКТОРЛЫҚ ШЕШУ**

*Мақала жол кептелісін азайтатын, жаңа мобильді жол өтпесінің конструкциясына арналған. Көпір түрлері суреттеліп, олардың оңтайлы ұзындықтары анықталып, конструкцияның құрылысына есептеу жасалған.*

*Кілтті сөздер: автокөлік кептелісі, мобильді жол өтпесі, шеткі элемент әдісі, айырма элемент әдісі, ортоплита.*

### КІРІСПЕ

Автокөліктердің қарқынды қозғалысының әсерінен кез келген жолда кептеліс туындауы мүмкін. Осындай жағдайларда жол кептелісінің болдырмау үшін, жол қозғалысын реттейтін әр түрлі әдістер мен әр түрлі биіктіктегі жол өтпелері жоспарланып жасалады.

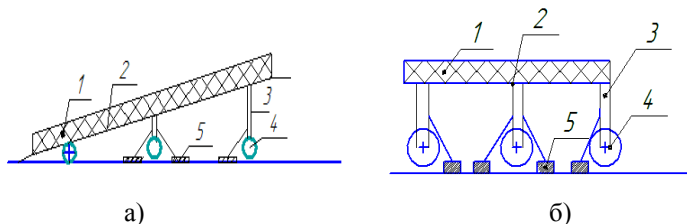
### НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Бізбен ұсынылып отырған мобильді жол өтпесі, кептеліс кезінде немесе әр түрлі қоғамдық мерекелер мен төтенше жағдайларда тез арада жиналатын конструкция. Мобильді жол өтпесі доңғалақпен жабдықталған, көлденең және тік модульдерден құралған жылжымалы сүйеулерден тұрады. Қажет жағдайда

модульдер қиылысқа жеткізіліп, өзара қармау арқылы бір конструкцияға айналады. Осы кезекте жылжымалы сүйеулер негізге сүйенеді.

Мобильді жол өтпелерінің әсері жол салғыштардан айырмашылығы, жол жағдайының барлық жағдайын қанағаттандырады, яғни биіктігі 4,5 м аса, бір бағыттағы көлік жолағының ені 3,5 м құрайды.

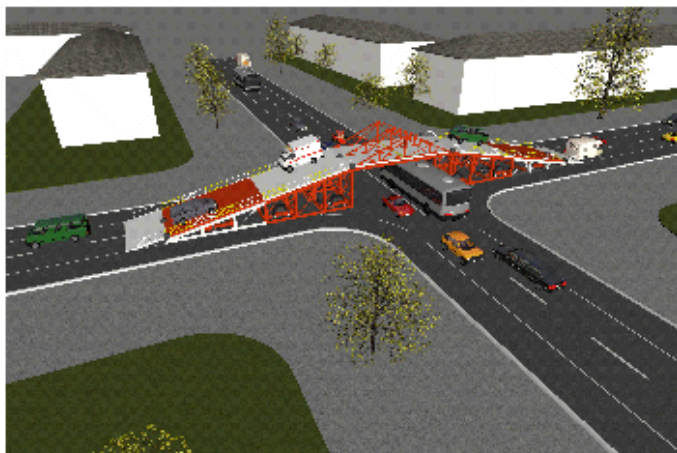
Мобильді жол өтпесі негізгі екі модульден тұрады: еніс (сурет 1а) және көлденең (сурет 1б).



Сурет 1 – а – жол өтпенің еніс модулі, б – жол өтпенің көлденең модулі.  
Конструкцияның негізгі элементтері болып: 1 – қоршау; 2 – такта;  
3 – сүйеу; 4 – дөңгелек қозғалтқыш;  
5 – сүйеу және оны көтеріп, түсіртін жүйе

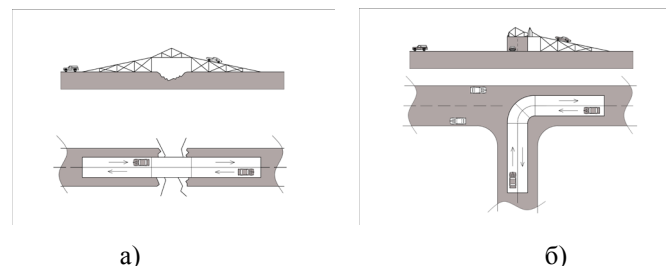
Ұсынылған мобильді жол өтпесінің конструкциясына патент алынған [1].

Құралған конструкция автокөліктердің қозғалысын тік жол үстімен қозғалуына мүмкіндік береді және модульдерінің өлшемін өзгертуге болатындықтан, оны кез келген қиылыста қолдануға болады (сурет 2).



Сурет 2 – Мобильді жол өтпесі

Жеке жағдайларда мобильді жол өтпесін жол жөндеу жұмыстары немесе су басу кезінде жолдың бұзылу уақытында қолдануға болады (сурет 3а). Сонымен қоса тік қиылыстарда ғана емес, басқа типті қиылыстарда тік модульдерді қолданбауға болады (сурет 3б).



Сурет 3 – а – жол жөндеу кезінде мобильді жол өтпесін орнату;  
б – мобильді жол өтпесін Y, X типті қиылыстарда орнату

Мобильді жол өтпесін бірінші уақытта жобалау кезінде екі тапсырма туындады:

- метал құраманың салмағын аз қылдырып, жол жағдайының өлшемдерін сақтап, белгілі ұзындық кезінде модульдер саны мен мобильді жол өтпенің ұзындығын анықтау.
- конструкция жұмысына негізгі тік модульді есептеу және тепе-теңдік жағдайдан шығуы.

Бірінші тапсырманы шешу кезінде модульдің салмағы оның ұзындығына  $x$  өлшемдес деп, тіреу саны  $n$  дөңгелек қозғалтқышпен  $q$  болса, онда жалпы салмағы  $G$  келесідей анықталады:

$$G = kx + \frac{L \cdot n}{x} \cdot q, \quad (1)$$

мұнда:  $k$  – бір метр ұзындықтағы жол өтпенің салмағы, Н/м;

$L$  – жол өтпесінің ұзындығы, м;

$n$  – тіреу саны;

$q$  – бір тіреудің салмағы, Н;

$\frac{L}{x}$  – модуль саны;

Жол өтпенің салмағының туындысы келесідей түрде болады:

$$G' = kx - \frac{Lnq}{x^2}, \quad G'' = \frac{2Lnq}{x^3}; \quad (2)$$

Сын меже нүкте (минимакс нүктесі)  $C'=0$  кезінде:

$$k = \frac{Lnq}{x}; \quad x_{кр} = \sqrt{\frac{Lnq}{k}}; \quad (3)$$

Солайынан  $G''$  нөлден үлкен болғанда  $x_{кр}$  ұзындығы жалпы жол өтпесінің ұзындығы жағдайында оңтайлы ұзындықты анықтайды.

Мысалы ұзындығы 30 м жол өтпесі әрбір модульде 4 тіреуден болып, әрбір тіреудің салмағы  $1,5 \cdot 10^4$ Н және құрылымның бір аралық метрге  $3 \cdot 10^4$ Н келсе, оңтайлы ұзындық келесідей болады:

$$x_{кр} = \sqrt{\frac{30 \cdot 4 \cdot 1,5 \cdot 10^4}{3 \cdot 10^4}} = \sqrt{60} = 7,74 \text{ м}.$$

Құрылымды есептеу кезінде (екінші тапсырма) толықтай металдан жасалған ортогоналды бағытталған модуль алынды, ол төрт жақтан тік тіреуі бар кеңістікті қаңқадан және екі бойлық, жеті көлденең арқалықтан алынды.

Ету жолағы үшін қаңқа бетіне көлденең және бойлық қырын нығайтып, болат төсем төселінеді.

Жақтау құрылымына салмақ түсетін кеңістікті жұмыстар жағдайы кезінде, оның элементтері центрлік емес қысылу, иілгіштік, бұралу түрлі қиын кернеу жағдайға ұшырауы, тік тұрулардың, көлденең және бойлық сүйеулердің көлденең қиылу құрамдарының конструкциясы белгіленген, жұқа қабырғалы құбырдан тұратын, бұрыштарында төрт тіктешелермен көмкерілген.

Жақтаулардың элементтерінің геометриялық ұзындығы автокөлік құрылысының жол нормалары мен жол қозғалысын ұйымдастыру талаптарын сақтау қажет.

Құрылымның салмақ түсетін жақтаулардың кеңістік күштік және тұрақтылығы құрылымның бойлық және көлденең байланыста шешілген. Көлік қозғалыс құрамының динамикалық пайдасы тәжірбиелі сарапшыл әдіспен тағайындалған динамикалық коэффициентті ендіру арқылы есептеледі ( $Kd=1,3$ ).

Салмақ түсетін элементтердің беріктіктігін, қаттылығын және тұрақтылық, жетілдірілген модульдің шарттарын қамтамасыз ету үшін жүргін бөліктің тақтасына және Евронорм [2] талаптарына сай кеңістік жақтаудың пайдалы тиеуінің көлденең пайдалануы есептелді. Модульдің есептелуі келесі ретте келтірілген:

1. Жүргін бөліктің тақтасын есептеу

Тікбұрышты тақта  $L \times B$  тақта өлшемінде өзінде құрылымды – ортотропты пластинаны құрайды, ол  $L/6$  қадамда көлденең қадамда және қабырғасы  $B/4$  қадамды құрайды.

Есептеу өрнектерінің әмбебаптығы үшін келесі геометриялық және қаттылық сипаттамалары, көлденең тіреулердің сипаттамасы келтірілген:

$$\alpha_2 = \frac{l_2}{l_1}; \quad \alpha_3 = \frac{l_3}{l_1}; \quad g_2 = \frac{EJ_2}{EJ_1}; \quad g_{2k} = \frac{EJ_{2k}}{EJ_2}; \quad g_3 = \frac{EJ_3}{EJ_1}; \quad g_{3k} = \frac{EJ_{3k}}{EJ_1}; \quad (4)$$

мұнда  $l_i$  – тіреу элементтерінің ұзындығы ( $i = 1, 2, 3$ );

$EJ_i$  – олардың иілу қаттылығы;

$GJ_i$  – айналу қаттылығы;

Бұл кезде:  $\alpha_2, \alpha_3$  – өлшемсіз бойлық ұзындығының және көлденең беларқа жақтаудың бағананың ұзындығына қатынасы;

Тақтаның күштік жағдайын анықтауды есептеу мақсатында анизатропты тілім ретінде, шеткі элементтері мен шеткі айырмасы сандық әдістермен жасалған [3].

Шеткі айырма әдісімен есептеу ( $n_x \times n_y$ ) торлы қоюлық кезінде стандартты «Matcad» бағдарламасын қолданумен жасалған.

Шеткі элемент әдісімен есептеу пластина бетін төрт тікбұрышты элементке бөлу арқылы есептелген.

Екі симметрияның есебімен ( $x, y$  осьтері) белгісіз ауысу сандары: 12 – шеткі айырма бойынша; 3 – шеткі элемент әдісін құрайды. Бірақ бұл кезде пластинаның майысуы нәтижесінде жақсы түйісуі байқалған, екі әдіс бойынша алынған мәліметтердің нақтылығын көрсетеді.

Ішкі әсер бойынша  $M_x, M_y, M_{xy}$  тақтаның жүктелген сәті зерттелген, яғни жүктелген  $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$  білік және тақтаның төзімділігі тексерілген:

$$\sigma_x = \frac{6M_x}{t^2}; \quad \sigma_y = \frac{6M_y}{t^2}; \quad \tau_{xy} = \frac{6M_{xy}}{t^2}; \quad Kd(\sigma_{\max}) \leq R, \quad (5)$$

мұнда  $t=20$  мм – төсеу қалыңдығы;

$\sigma_{\max}$  – үлкен жүктелу;

$M_{xy}$  – айналу моменті;

$M_x$  –  $x$  өсі бойынша бүгілу моменті;

$M_y$  –  $y$  өсі бойынша бүгілу моменті;

$Kd=1,3$  – динамикалық коэффициент.

$R = 300$ МПа – 09Г2С маркалы болаттың бүгілу қарсыласының есептемесі. Сонымен қатар беріктік шарттары сақталған (бүгілу бойынша):

$$\left(\frac{1}{W_{\max}} = \frac{1}{2150}\right) < \left[\frac{1}{W} = \frac{1}{1000}\right] \quad (6)$$

мұнда  $W_{\max}$  – тақтаның максималды бүгілуі;

$\left[\frac{1}{W}\right]$  – тақтаның нормаларға сәйкес жететін бүгілуі.

Алгебралық теңестірілген ұзындық жүйесі шеткі айырылу әдісі бойынша келесідей:

$$A \cdot \vec{w} = \vec{R}_p, \quad (7)$$

мұнда  $\vec{w}$  – белгісіз түйін ауыстыруының векторы;

$\vec{R}_p$  – жүктелген тақтаға әсер етілген есептескіш бос мүшелерінің векторы;

$n$  ретті  $A$  – квадраттық матрицасы. Бұл матрица жалпы түрде келтірілген. Теңдікті орындауға мысал ретінде  $(L \times B) = (7,5 \times 3,5)$  м, өлшемді тақта, тор коюлығы  $(n_x \times n_y) = (8 \times 6)$  алынған.

Осы ретте тордағы түйіннің иілу мәні ретінде келесі мәліметтер алынған:

$$W_k = (k = 1,2; \dots; 12): \quad (8)$$

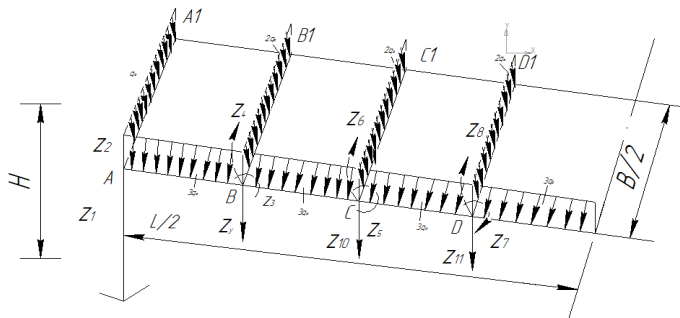
$$\begin{aligned} W_1 &= 0,809 / D_x; & W_2 &= 1,079 / D_x; & W_3 &= 1,145 / D_x; & W_4 &= 1,151 / D_x; \\ W_5 &= 1,744 / D_x; & W_6 &= 2,401 / D_x; & W_7 &= 2,578 / D_x; & W_8 &= 2,604 / D_x; \\ W_9 &= 2,122 / D_x; & W_{10} &= 2,497 / D_x; & W_{11} &= 3,175 / D_x; & W_{12} &= 3,212 / D_x; \\ W_{\max} &= 3,212 / D_x; \end{aligned}$$

$$D_x = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)}; \quad (9)$$

Тақтаның ұзындық бойы жүктелуінің иілуі «L».

### 1. Кеңісті қаңқаны есептеу

Тік тіреулерден, көлденең және бойлық беларқадан тұратын, қаңқаны есептеу орын ауыстырудың аналитикалық әдісімен жасалады [2]. Қаңқаның есептеу сурет 4 келтірілген екі симметрия есебімен жасалады.



Сурет 4 – Кеңістік қаңқаны есептеу сұлбасы

Қаңқаның төрт түйінінің  $(A, B, C, D)$  белгісіз бұрыштық және ұзындықтарының жалпы саны он бірге тең  $(z_i = 1,2, \dots, 11)$ .

Орын ауыстыру әдісінің каноникалық теңдігі:

$$z_{k1}Z + z_{k2}Z + \dots + z_{k11}Z + R_{kp} = 0 \quad (10)$$

мұнда  $k = 1,2, \dots, n$

Матрицалық түрде теңдік келесі түрде:

$$A \cdot \vec{z} + \vec{R}_p = 0, \quad (11)$$

мұнда  $A$  – 11 ретті квадраттық матрицада келтірілген.

Белгісіз түйіндердің орын ауыстыруын есептеген соң, моменттердің эпюрасы келесі формуламен есептеледі:

$$M = \left( \sum_{k=1}^1 M_k z_k \right) + M_p \quad (12)$$

Көлденең күштердің (Q) және бойлық күштердің (N) моменттерінің эпюрасы кәдімгі құрылыс теориясындағыдай салынады [2].

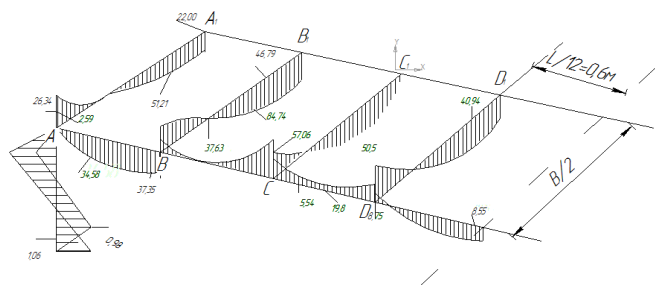
2 кесте мәліметері бойынша тесттік тапсырма ретінде кеңістік рамасының есептеуі келесі мәліметтерде жасалған:

$$\begin{aligned} L &= 7,2 \text{ м}; & B &= 3,5 \text{ м}; & l_1 &= H = 4,7 \text{ м}; & l_2 &= \frac{L}{6} = 1,2 \text{ м}; & l_3 &= \frac{B}{4} = 0,875 \text{ м}; \\ \alpha_2 &= \frac{1,2}{4,7} = 0,255; & \alpha_3 &= \frac{0,875}{4,7} = 0,186; & EJ_1 &= 16,35 \cdot 10^6 (H \cdot \text{м}^2); & G_{1,k} &= 0,022 \cdot 10^6; \\ EJ_2 &= 61,8 \cdot 10^6 (H \cdot \text{м}^2); & G_{2,k} &= 0,1367 \cdot 10^6; & EJ_3 &= 19,86 \cdot 10^6 (H \cdot \text{м}^2); & G_{3,k} &= 0,0799 \cdot 10^6; \\ g_2 &= 3,780; & g_{2,k} &= 0,00836; & g_3 &= 1,2147; & g_{3,k} &= 0,00836; \end{aligned}$$

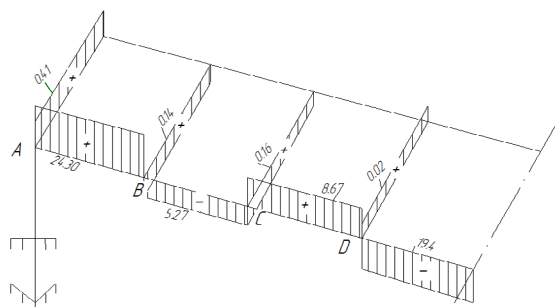
Осы мәліметтер бойынша түйіндердің орын ауыстыру мәліметтері есептелген (сурет 4).

$$\begin{aligned} z_1 &= 0,527 / i_0; & z_2 &= 0,487 / i_0; & z_3 &= -0,101 / i_0; & z_4 &= 0,939 / i_0; & z_5 &= -0,12 / i_0; & z_6 &= 0,53 / i_0; \\ z_7 &= 0,015 / i_0; & z_8 &= 1,139 / i_0; & z_9 &= 0,342 / i_0; & z_{10} &= 0,024 / i_0; & z_{11} &= 0,135 / i_0; \end{aligned}$$

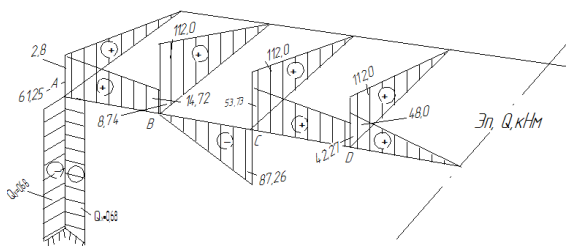




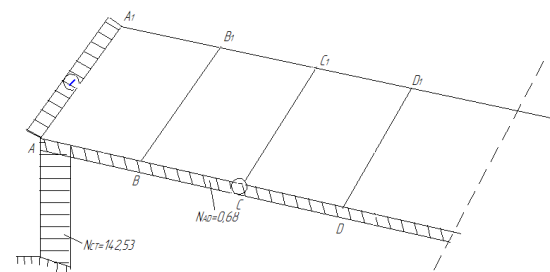
Сурет 5 – Иілу моменттерінің есептік эпюрасы



Сурет 6 – Айналу моментінің есептік эпюрасы

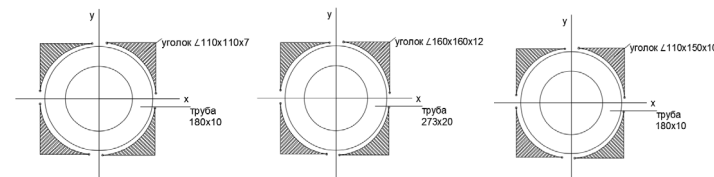


Сурет 7 – Көлденең күштердің есептік эпюрасы



Сурет 8 – Бойлық күштердің есептік эпюрасы

Кеңістік раманың күштік жағдайының шешімдері нәтижесінде (сурет 5-8) көпір өтпесінің салмақ түсетін құрылымының тұрақтылығы мен беріктілік жағдайының шарттары зерттелген. Көлденең қиылу ретінде құбыр мен қоршалған бұрыштардан қиу қабылданған (сурет 9).



а) тік тіреулер б) көлденең в) бойлық  
Сурет 9 – Кеңістік жақтау элементтерінің көлденең қиылуы

Кеңістік жақтау элементтерінің тұрақтылығы мен беріктік жағдайы материалдың кедергісі әдісі бойынша жасалды [3], қиын орталық емес қысылуға, бүгілу және айналуға жұмыс жасайтын құрылым ретінде.

а) Тік тіреулердің беріктік жағдайын тексеру (болаттың пластикалық жұмысын ескергенде):

$$Kd \left[ \left( \frac{N}{AR} \right)^2 + \frac{M_x}{W_x \cdot R} + \frac{M_y}{W_y \cdot R} \right] \leq 1, \quad (13)$$

мұнда ( $Kd = 1,3$ ) – динамикалық коэффициент;  
 ( $R=300MPa$ ) – 09Г2С маркалы болаттың есептік кедергісі;  
 $A, W_x, W_y$  – көлденең қиылу кедергісінің моменті мен ауданы;

б) Момент әсеріне барлық тіреудің тұрақтылығын тексеру  $M = M_x$  :

$$Kd \left( \frac{N}{\varphi_x^{en} \cdot A} \right) \leq R_b, \quad (14)$$

$\varphi_x^{en} = f(\lambda_x, m_{1x})$  – орталық емес көлденең иілу коэффициенті;

в) Барлық тіреулердің әсер етуші моменттің тұрақтылығын тексеру  $M = M_x$  :

$$Kd \left( \frac{N}{c\varphi_y \cdot A} \right) \leq R, \quad (15)$$

$c\varphi_y$  – кеңістік коэффициентінің тұрақтылығы;

г) көлденең және бойлық бағаналардың беріктік жағдайын тексеру (III – беріктік теориясы бойынша)

$$Kd \left( \sigma_{сөө} = \frac{N}{A} + \frac{M_{экс}}{W_x} \right) = R, \quad (16)$$

$$M_{экс} = \sqrt{M_u^2 + M_k^2},$$

$$\begin{cases} M_u - \text{Иілу моменті;} \\ M_k - \text{Айналу моменті;} \end{cases}$$

д) көлденең және бойлық бағаналардың беріктік жағдайын қиылуға тексеру:

$$\left( \tau = \frac{Q \cdot S_1}{J_x \cdot \delta_{CT}} \right) Kd \leq R_{cp}. \quad (17)$$

мұнда  $Q$  – көлденең күш;

$R_{cp} = 130 \text{ МПа}$  – қиуға есептік кедергі.

### ҚОРЫТЫНДЫ

1. Ұсынылып отырған мобильді жол өтпесінің құрылымы жолдардағы автокөлік кептелісінің мәселесін шешуге мүмкіндік береді.

2. Берілген жұмыста көпір өтпесінің жүргін бөлігі үшін ортотропты таянның құрылымын есептеудің пайдалылығы көрсетілген. Мәліметтердің дұрыстығы иілу мөндерінің түйсіуімен сәйкес келеді;

3. Есепте алынған салмақ көтергіш құрылым мен болат төсемнің қосылған қабырғаларының геометриялық және физика-механикалық сипаттамалары оның беріктігін қамтамасыз етеді.

4. Төсемнің алынғағ 20 мм қалыңдығы жолөтпелінің жүргін бөлігінің автоқұрылыс нормаларын қамтамасыз етіп, құрылымның жоғарғы беріктігін қамтамасыз етеді.

### ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Богданов, Б. И., Владимирский, С. Р.** Проектирование мостов и труб. Металлические мосты [Текст]: научное издание / Ю. Г. Кузьмина. – М. : Маршрут, 2005. – 460 с.: ил. – ISBN 5-89035-159-1.

2 **Владимирский, С. Р.** Современные методы проектирования мостов [Текст]: – М. : Транспорт, 1966. – 664 с.: ил. – ISBN 5874721789.

3 **Дархов, А. В., Шаношников, Н. Н.** Строительная механика [Текст]: – В. : Высш.шк., 1986. – 607 с.: ил. – ISBN 9785811405763.

Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*A. S. Kadyrov, K. G. Balabekova*

**Конструктивное решение и расчёт элементов унифицированного модуля мобильного мостового перехода**

Кагандинский государственный  
технический университет, г. Караганда.  
Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*A. S. Kadyrov, K. G. Balabekova*

**Design solution and calculation of an unified module for a mobile bridge crossing**

Karaganda State Technical University, Karaganda.  
Material received on 16.09.16.

*Статья посвящена новой конструкции – мобильному путепроводу, предназначенному для уменьшения дорожных пробок. Описываются варианты путепроводов, определяется их оптимальная длина, производится расчет конструкции.*

*The article is devoted to the new design – mobile overpass, designed to reduce traffic congestion. It describes the options of overpasses, defines their optimal length, calculates the design.*

**А. Б. Кайдар<sup>1</sup>, М. Б. Кайдар<sup>2</sup>, Б. К. Шапкенов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу; <sup>2</sup>ТОО «Амангельды газ», г. Астана;

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

e-mail: 'argin\_intel@mail.ru

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ИНФРАКРАСНЫМИ ДАТЧИКАМИ В МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ**

*В статье рассмотрены вопросы идентификации пешеходов на дорожных переходах, управления светофором, подсветками, формированием пульсирующих или постоянных растровых изображений на проезжей части светоизлучателями. Предложены принципиальные схемы интеллектуальных систем контроля и управления для реализации данных решений.*

*Ключевые слова: инфракрасные датчики, дорожно-транспортные логистические узлы, матрично-растровое изображение, идентификация пешехода, интеллектуальные системы контроля.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одним из важных аспектов безопасности, является освещение дороги или же пешеходного перехода. В качестве устройства выявления пешехода используют различные датчики движения. Несколько вариантов таких устройств были описаны авторами в статьях [1-3]. Устройства обеспечивали включение света при появлении в зоне контроля человека, позволяло регулировать освещенность, отключало или включало различные приборы и т.д.

Недостатком данных устройств является то, что они неэффективны на пешеходных переходах со стертой разметкой, с разметкой под снежным покровом в зимнее время, не обеспечивают световое выделение пешеходного перехода, не создают контрастный фон контура пешехода, не формирует запрещающий сигнал на проезд и т.д. Поэтому разработка многофункциональных устройств автоматики для пешеходных переходов мегаполисов является актуальной задачей.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В рамках подготовки к ежегодным конкурсам технического творчества учащихся в научном кружке кафедры электроэнергетики ПГУ ученицей 10 А класса 42 школы г. Павлодара Долбиной Д. М. разработано устройство безопасности пешеходов, лишнее указанных выше недостатков.

В качестве датчика движения инфракрасного излучения был использован датчик Пирсона (рис. 1). Принцип работы основан на отслеживании уровня ИК-излучения в поле зрения датчика. При движении человека (или другого массивного объекта с температурой большей, чем температура фона) на выходе пироэлектрического датчика повышается напряжение. В инфракрасном датчике движения используется оптическая система – линза Френеля. Иногда вместо линзы Френеля используется система вогнутых сегментных зеркал. Сегменты оптической системы (линзы или зеркала) фокусируют ИК-излучение от объекта на пироэлементе, который выдает (при движении человека) электрический импульс в схему обработки.

Выход кристалла датчика подключают к полевому транзистору, сток и исток которого уже выведены наружу из датчика (рис. 1). Использование полевого транзистора обусловлено тем, что на выходе кристалла мы имеем заряд, а полевой транзистор управляется зарядом.

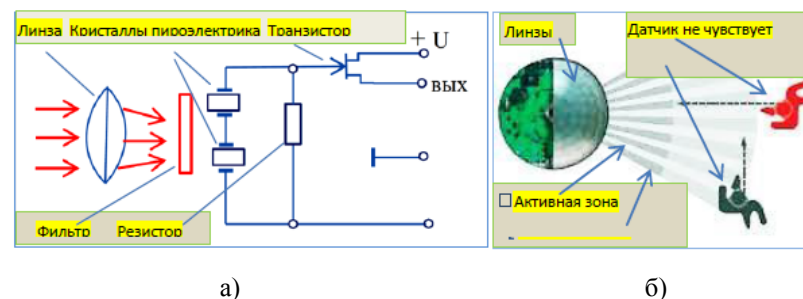


Рисунок 1 – Устройство идентификации пешехода на базе датчика Пирсона: а – устройство, б – зоны чувствительности

Биполярный транзистор управляется током, который пироэлектрик выдать не в состоянии. Резистор нужен для стекания паразитных статических зарядов, хотя несколько ухудшает чувствительность прибора.

Без линз датчик имеет очень широкую диаграмму направленности – 100-120° по вертикали и горизонтали. При этом (условно) одну половину пространства «видит» один кристалл, вторую – другой. Т.е. получается такой конус, рассеянный плоскостью, направление которой зависит от взаимного расположения кристаллов. Обычно эта плоскость вертикальна.

При помощи линзы из двух получившихся полуконусов формируется два относительно узких «луча» диаграммы направленности. Это повышает чувствительность датчика по расстоянию и снижает паразитные шумы. Однако узость диаграммы приводит к возможности пешехода попасть не в чувствительные зоны. Чтобы этого не случилось, линзы формируются в виде рифленой поверхности из прозрачного пластика (рис. 1, б) и, соответственно, формируют несколько пар лучей. Их вид и число зависят от области применения датчика.

На наш взгляд структурная схема пешеходного перехода выглядеть должна примерно, как на рис. 2. В зависимости от финансовых возможностей отдельные блоки можно удалить или добавить другие блоки. Для привлечения инвесторов авторы ввели функцию рекламы (верхний левый блок), для удобства пешеходов – часы и обратный отчет времени, а также – показание температуры окружающей среды. Стоимость такого сервиса невысокая, а для детей и пожилых людей это очень удобно.



Рисунок 2 – Структурная схема сервисов и автоматики пешеходного перехода

При попадании пешехода в зону действия датчика движения включается система световой сигнализации (рис. 3) и отсчитывается время работы устройства, необходимое для перехода через пешеходный переход. К системе световой сигнализации относятся сигнальные фонари желтого цвета (имитатор светофора), расположенные над полосами движения транспортных средств навстречу транспортному потоку над пешеходным переходом и

прожектор (или два прожектора), расположенный над проезжей частью в зоне пешеходного перехода, включающийся в темное время суток.

Пешеходный переход в темное время «рисует» световым потоком, пропущенным через трафарет или прозрачное изображение пешеходного перехода. Возможно, нарисовать переход объемным, как выступающие из асфальта препятствия из бетонных блоков (серо-зеленое изображение перед автомобилями – рис. 3).

Область в месте пешеходного перехода освещена ясным белым светом более высокой интенсивности, и при помощи специальной регулировки прожектора достигается возможность обеспечения четкого выделения пешеходного перехода на фоне обычного освещения улицы. Силуэт пешехода на переходе вызывает выразительный контраст по сравнению с более темной окружающей средой, благодаря определенной настройке лучей. Кроме этого, создание розового фона на заднем фоне обеспечивает контрастность визуализации пешехода.

По истечении времени на переход пешеходного перехода или при пересечении зоны действия датчика движения с противоположной стороны проезжей части устройство отключается. В случае необходимости устройство может быть включено в работу нажатием пешеходом на кнопку принудительного включения устройства. Устройство работает в автоматическом режиме, схема приведена на рис. 4 [4-6].

В дополнении к этому также можно устанавливать светодиодные дорожные знаки. Система таких знаков, работает от солнечных батареек необходимой мощности, исходя из внешних условий. Активным элементом системы является светодиодный знак полной заливки «Пешеходный переход» со световозвращающей полосой желтого цвета. Принцип работы системы – активизация сигнальных элементов в темное время суток. Происходит мигание светодиодного знака с частотой 1-10 Гц. С наступлением светлого времени суток система переходит в режим ожидания.

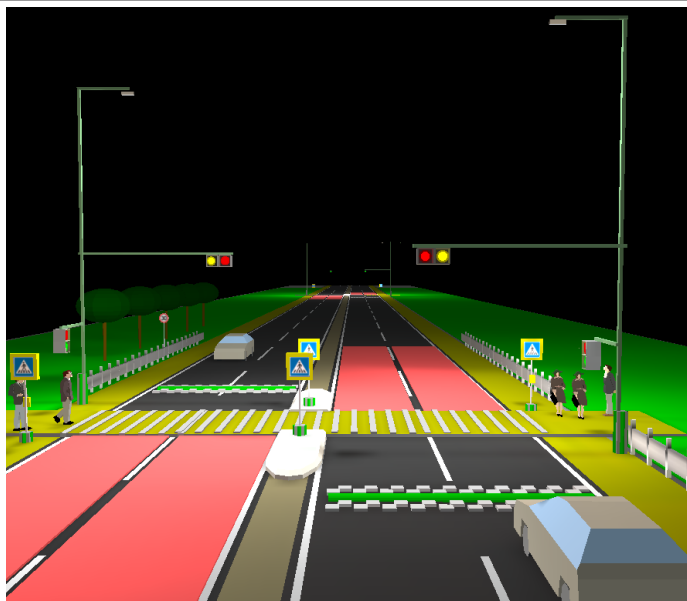


Рисунок 3 – Вариант реализации интеллектуального пешеходного перехода повышенной зрительной комфортности с формированием матрично-растрового изображения несколькими излучателями

Дополнительную гарантию безопасности пешеходов дают «островки», основная цель которых разбить переход через улицу на две части, в каждой из которых пешеход следит только за одним направлением движения. Как ни странно, но островок может даже повысить пропускную способность перекрестка или участка улицы, имеющего только пешеходный светофор. Этого можно добиться более сложным алгоритмом работы имитатора светофора с множеством коротких фаз. То есть, светофор будет переключаться через короткие промежутки времени, а не как у нас любят: типа полторы минуты едем, 20 секунд стоим. А, например, по 10 секунд пешеходам каждые 45 секунд цикла. В случае с островками уже не нужно заботиться о тех, кто не успеет перейти дорогу за одну фазу, то есть не нужно прибавлять в пешеходную фазу 5 секунд, как делают сейчас. Не успеют – подождут на островке. А чтобы долго не пришлось ждать и должны быть короткие интервалы между фазами.

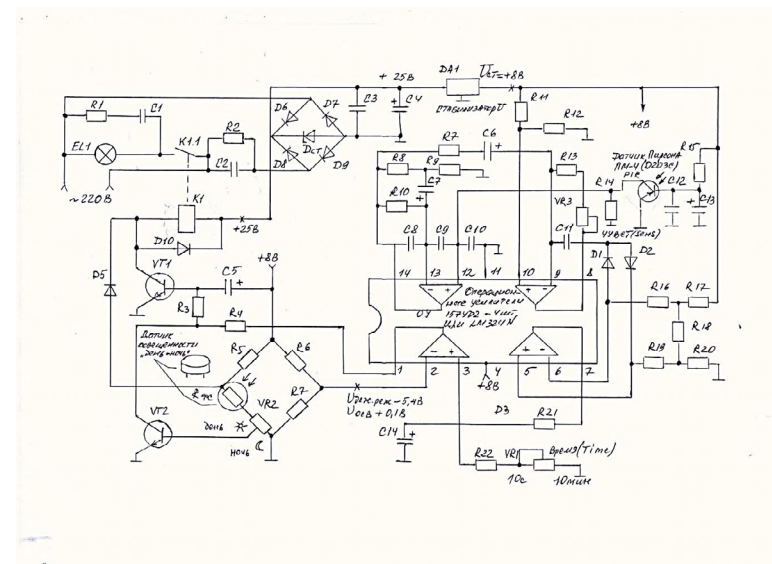


Рисунок 4 – Вариант принципиальной схемы пешеходного перехода

Естественно, это все надо просчитывать в каждом конкретном случае. Еще с помощью островков можно канализировать потоки. Он не только разбивает переход через множество полос на несколько частей, но и позволяет независимо настраивать светофор на каждом отрезке. Например, пешеходов на поворотном «канале» пускать каждые 30 секунд, а на основном светофоре каждую минуту. Таким образом, можно подкупить пешеходов на островке для перехода через основную проезжую часть. Если на переходе остается светофор, то он обязательно должен быть с обратным отсчетом. Стоять даже на идеальном островке посреди потока всё-таки не очень приятно, поэтому, когда пешеход смотрит на красный свет и, при этом, движение не интенсивное – ему захочется перебежать. С таймером он будет спокойно ждать. Конечно, при условии, что ждать нужно не больше 20-30 секунд.

*Работа схемы*

Фоновое инфракрасное излучение контролируемой зоны с помощью переднего стекла (линзы) фокусируется на фототранзисторе, чувствительном к ИК-лучам. Поступающее от него малое напряжение усиливается с помощью операционных усилителей (ОУ) микросхемы, входящей в схему датчика. В нормальных условиях электромеханическое реле включения нагрузки К1 обесточено (рис.8).

Как только в контролируемой зоне появляется движущийся объект, освещенность фототранзистора ПМ-4 (D203С) изменяется, он выдает на вход ОУ измененное напряжение. Усиленный сигнал выводит схему из равновесия, срабатывает реле, которое включает нагрузку, например лампу освещения.

Как только объект выходит из зоны, лампа некоторое время продолжает светиться, в зависимости от выставленного времени электронного реле времени, а затем переходит в исходное состояние – «Режим охраны».

Принципиальная схема пассивного ИК-датчика показана на рис. 4, внешний вид на рис. 5. Назначение основных радиоэлементов принципиальной схемы следующее.

1. Узел питания датчика – бестрансформаторный, выполнен с применением гасящего конденсатора С2 емкостью 0,33 мкФх400 В. После выпрямительного моста стабилитрон Dст устанавливает на-пряжение 25 В, которое используется для питания обмотки реле К1, а стабилизатор DA1 (K141ЕН1, K142ЕН2, 78L08 или др.) 25 В стабилизирует в 8 В, которые используются для питания микросхемы (K157УД2 или LM324) и вообще всей схемы. Конденсатор С4 – сглаживающий, а С3 предохраняет датчик от высокочастотных помех.

2. Инфракрасный фототранзистор ПМ-4 (D203С) – датчика, его главный элемент, который выдает «команду» на включение исполнительного реле К1 при быстром изменении инфракрасного фона контролируемой зоны. Смещение (режим) фототранзистора задается от +8 В через резистор R15. Конденсатор С13 – сглаживающий, а С12 предохраняет фототранзистор от высокочастотных помех.

3. Микросхема LM324N – главный усилитель датчика. В своем составе имеет 4 ОУ, которые схемой датчика (радиоэлементами R7, С6; D1, D2; R21, D3) включены последовательно (4 3 2 1), что обеспечивает высокое усиление сигнала, выдаваемого ИК1 фототранзистором, и высокую чувствительность всего датчика. Питается от 8 В («плюс» – вывод 4, «минус» – вывод 11).

4. Назначение электромеханического реле К1 модели LS-T73 SHD-24VDC-F-A– включать нагрузку, а точнее, выдавать на нее ~220 В. Напряжение +25 В на обмотку реле выдает транзистор VT1. Номинальное рабочее напряжение обмотки реле 24 В, а его контакты, согласно надписи на корпусе, допускают ток 10 А при ~240 В.

5. Транзистор VT1 типа SS9014 или 2SC511. Основные предельные параметры:  $U_{кэ.макс} = 45 В$ ,  $I_{к.макс} = 0,1 А$ . Обеспечивает включение/выключение реле К1 в зависимости от соотношений напряжений (вывод 1 LM324N и коллектор VT2) на его базе.

6. Мост (R5, R6, R7, VR2, фоторезистор Rфс) и транзистор VT2 (SS9014, 2SC511) предназначены для установления одного из двух режимов работы

датчика: «Режима охраны» или «Спящего режима». Необходимый режим обеспечивается освещенностью фоторезистора Rфс (именно он своим сопротивлением, изменяющимся от освещенности, указывает датчику, сейчас день или ночь) и положением движка переменного резистора VR2 (День/Ночь). Так, при нахождении движка переменного резистора в положении «День», датчик работает как днем, так и ночью, а в положении «Ночь» – только ночью, а днем находится в «спящем» режиме.

7. Регулируемое электронное реле времени (С14, R22, VR1) обеспечивает задержку времени отключения светящей лампы от 5...10 с до 10...15 мин после выхода объекта из контролируемой зоны. Регулировка обеспечивается переменным резистором ВРЕМЯ (TIME) VR1.

8. Переменным резистором ЧУВСТ (SENS) VR3 регулируют чувствительность датчика путем изменения глубины отрицательной обратной связи в ОУ № 3.

9. Демпферная цепочка R1С1 поглощает скачки напряжения, возникающие при включении/выключении галогенной лампы.

10. Остальные радиоэлементы (например, R16–R20, R11, R12 и т.д.) обеспечивают нормальную работу ОУ микросхемы LM324N.



Рисунок 5 – Наладка алгоритма работы монтажной схемы

## ВЫВОДЫ

- разработан алгоритм управления интеллектуальной системы пешеходного перехода;
- решена задача регулировки движения автотранспорта, обеспечивающего безопасность пешеходов;

– обеспечена защита пешеходов путем создания сигнального имитатора светофора, растровой визуализации изображения пешеходного перехода, создание визуального препятствия, которое заставит водителя автотранспорта рефлекторно объехать препятствие или затормозить

– визуализация матрично-растрового предупреждающего изображения дорожной разметки на пешеходных переходах повысит комфортность работы водителей общественного транспорта в любую погоду, а визуализация излучателями изображения островка безопасности или бетонного препятствия.

В работе автором **впервые** комплексно рассмотрены вопросы обеспечения безопасности пешеходов, решаемых за счет использования интеллектуального алгоритма управления пешеходным переходом, и указанных выше сервисов, что отвечает **критериям новизны**.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Кайдар, А. Б.** Элементы интеллектуальных систем. Международная научно-теоретическая конференция «III Торайгыровские чтения», – Павлодар, 2009. – Т. 2. – с. 385-391.

2 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б.** Бифункциональные системы промышленной и бытовой автоматики. Материалы международной научно-практической конференции «Индустриально-инновационное развитие на современном этапе: состояние и перспективы». – Павлодар, 2009. Т. 1. – С. 75- 80.

3 **Шапкенов, Б. К., Калиев, Б. З., Кайдар, А. Б.** «Синтез систем автоматического управления объектов с дрейфом параметров и их анализ». Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции им. Машхур Жусипа посвященной 20-летию Независимости Республики Казахстан. – Павлодар, 2011. Т. 3. – С. 240-247. – 0,35 п.л.

4 **Долбина, Д. М., Асыллов, Н. Е., Шарапиденов, Д. С., Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Кислов, А. П., Марковский, В. П.** Автоматика дорожного перекрестка для эффективной системы обеспечения безопасности пешеходов. Материалы Международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVI Сатпаевские чтения». – Павлодар, 2016. – Т. 8. – С. 257-264. – ISBN 978-601-238-593 (Т. 8).

5 **Долбина, Д. М., Батаева, А. С., Кайдар, А. Б., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Шапкенов, Б. К.** Интеллектуальные технологии управления пешеходными переходами. Материалы Международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVI Сатпаевские чтения». – Павлодар, 2016. – Т. 8. – С. 264-272. – ISBN 978-601-238-593 (Т. 8).

6 **Марковский, В. П., Кислов, А. П., Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Шахман, Е. Т.** Программируемые логические контроллеры для систем противоаварийной автоматики. Материалы Международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVI Сатпаевские чтения». – Павлодар, 2016. – Т. 26. – С. 354-361. – ISBN 978-601-238-613-4 (Т. 26).

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*А. Б. Кайдар<sup>1</sup>, М. Б. Кайдар<sup>2</sup>, Б. К. Шапкенов<sup>3</sup>*

**Көлік операцияларға басқаруларға микропроцессорлық жүйелерде инфрақызыл датчиктермен объекттердің тенеітіруі**

<sup>1</sup>АҚ «БС ЕЭЖА ХимПарк Тараз», Шу қ.;

<sup>2</sup>АҚ «Амангельды газ», Астана қ.;

<sup>3</sup>С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ. Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*A. B. Kaidar<sup>1</sup>, M. B. Kaidar<sup>2</sup>, B. K. Shapkenov<sup>3</sup>*

**Identification of objects by infrared sensors in the transport operations of microprocessor control systems**

<sup>1</sup>JSC «Management Company Free Trade Zone HimPark Taraz», Shu;

<sup>2</sup>LLP «Amangeldy gas», Astana;

<sup>3</sup>S. Toraiyrov Pavlodar State University, Pavlodar. Material received on 16.09.16.

*Мақалада адамдар жүретін жол өткелдердегі жолаушылардың идентификациялау, бағдаршамдарды және жарықтандырығыштарды басқарудың, сәулелендірушілермен көлік жүретін жерлердегі тұрақты немесе пульстік растрлік бейнелердің құрылуы. Берілген шешімдерді іске асыру үшін басқаратын және қадағалайтын интеллектуалды жүйелердің принципалды сұлбалары ұсынылған.*

*The paper deals with the identification of pedestrians on road crossings, traffic light management, lighting, pulsing or permanent formation of raster images on the roadway by the light emitter. A basic scheme of intelligent control systems for the implementation of these decisions.*

**А. Б. Кайдар<sup>1</sup>, М. Б. Кайдар<sup>2</sup>, Б. К. Шапкенов<sup>3</sup>,  
В. П. Марковский<sup>3</sup>, А. П. Кислов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу; <sup>2</sup>ТОО «Амангельды газ», г. Астана;

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

e-mail: 'argin\_intel@mail.ru

## **СПОСОБ КОММУТАЦИИ КЛЮЧЕЙ ИНВЕРТОРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ ВЕКТОРА РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ**

*В статье рассмотрен способ коммутации ключей трехфазного инвертора напряжения, обеспечивающий управление инвертора путем введения последнего в определенные дискретные режимы, каждый из которых соответствует положению вектора результирующего напряжения.*

*Ключевые слова: преобразователь частоты, ШИМ-генератора, базовые векторы, несущая частота.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время с удовлетворением можно отметить, что преобразовательная техника широко входит не только в промышленную производственную сферу, но в бытовые приборы и технику. Однако только узкий круг специалистов владеет вопросами систем управления преобразователей. Поэтому иностранные компании, работающие у нас в Казахстане в нефтегазовом секторе, для наладки электроприводов формируют VIP персонал из иностранцев. Поэтому отечественным специалистам будет интересен изложенный ниже материал.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Большинство выпускаемых сегодня преобразователей частоты для регулирования скорости вращения трехфазных двигателей обеспечивают управление инвертором напряжения в режиме синусоидальной центрированной (симметричной) широтно-импульсной модуляции.

Суть метода состоит в одновременном управлении на заданной несущей частоте (обычно 10-20 кГц) сразу всеми шестью ключами инвертора (рис. 1) таким образом, что в средних точках каждой стойки инвертора

формируются волны синусоидального выходного напряжения  $U_1, U_2, U_3$ , сдвинутые друг относительно друга на 120 электрических градусов. При этом верхний и нижний ключи всегда коммутируются в противофазе и максимальная амплитуда выходного сигнала равна половине напряжения на звене постоянного тока  $U_{dc}/2$ . Если для формирования напряжения  $U_{dc}$  использовать стандартный неуправляемый выпрямитель, то двигатель окажется недоиспользованным по напряжению примерно на 15 %.

Сегодня можно констатировать, что все теоретические вопросы решены и, более того, аппаратно поддержаны в конструкциях встроенных ШИМ-генераторов ряда специализированных микроконтроллеров.

Суть метода, получившего название широтно-импульсной модуляции базовых векторов (векторной ШИМ-модуляции), состоит в отказе от одновременной коммутации всех ключей инвертора и в переходе к коммутации между несколькими, заранее выбранными состояниями инвертора, каждое из которых соответствует определенному пространственному положению вектора результирующего напряжения, приложенного к двигателю.

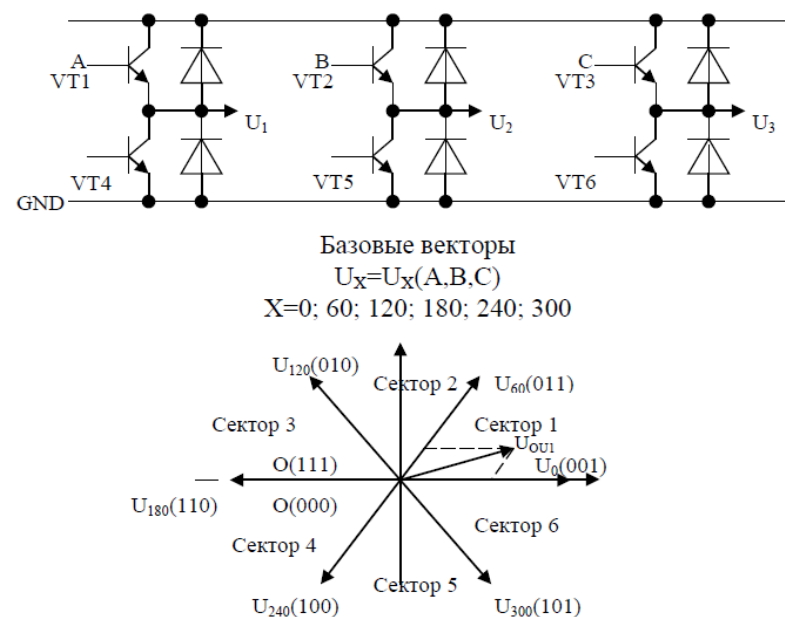


Рисунок 1 — Трехфазный транзисторный инвертор напряжения с широтно-импульсной модуляцией базовых векторов и векторная диаграмма его работы



В табл.1, показаны схемы включения силовых ключей и векторные диаграммы для наиболее часто используемых базовых векторов, соответствующего стандартной 6-тактной коммутации 1; 0,5; 0,5 (верхний ключ, два нижних или два верхних, нижний).

В векторной ШИМ выделяют восемь возможных состояний инвертора и нумеруют их двоичными цифрами от 000 до 111. Каждый разряд указывает, какой из ключей какой стойки в настоящее время включен. Единице соответствует включенное состояние верхнего ключа стойки и выключенное состояние нижнего, нулю соответствует включенный нижний ключ и отключенный верхний.

Графически возможные состояния можно представить в виде шестигранника, показанного на рис.2. Имея восемь базовых векторов, два из которых «нулевые» из за отключенного напряжения (0), а остальные сдвинуты в пространстве на 60 электрических градусов (рис. 2), можно воспроизвести любой требуемый вектор выходного напряжения путем переключения на периоде ШИМ между двумя базовыми векторами текущего сектора  $U_x$  и  $U_{x+60}$  и нулевыми векторами O(000) и O(111).

Таблица 1 – Схемы включения силовых ключей и векторные диаграммы

Базовый вектор		Схема включения и векторная диаграмма	Фазные напряжения $U_{\phi}/U_{dc}$		
обозначение	код		$U_c$	$U_b$	$U_a$
O(000)	000		0	0	0
$U_0(001)$	001		-1/3	-1/3	+2/3
$U_{60}(011)$	011		-2/3	+1/3	+1/3

$U_{120}(010)$	010		-1/3	+2/3	-1/3
$U_{180}(110)$	110		+1/3	+1/3	-2/3
$U_{240}(100)$	111		+2/3	-1/3	-1/3
$U_{300}(101)$	101		-1/3	+2/3	-1/3
0(000)	000		0	0	0

Как показано на рис. 2 (верхний левый), в предельном случае, когда нулевые векторы не используются, годограф вектора результирующего напряжения представляет собой шестиугольник, описанный вокруг базовых векторов. С учетом того, что амплитуда базового вектора составляет  $2/3 U_{dc}$ , возможно формирование кругового годографа вектора результирующего напряжения с амплитудой  $0,577 U_{dc}$ , что на 15 % больше амплитуды выходного напряжения для случая классической синусоидальной центрированной ШИМ.

Основным недостатком векторной ШИМ является невозможность реализации заданных векторов на границах секторов из-за влияния «мертвого» времени [1, 2]. Это особенно заметно при работе на малых скоростях вращения (малой амплитуде вектора напряжения), когда регуляторы тока сталкиваются с нелинейностью и не могут обработать задание тока.

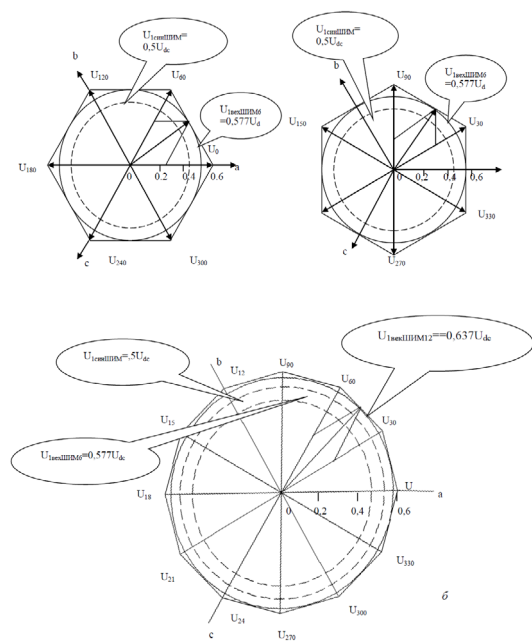


Рисунок 2 – Сравнительный анализ различных методов ШИМ-модуляции базовых векторов

Для наглядности приведем пример. Если скажность по верхнему ключу фазы близка к нулю, а ток втекает в фазу, то эффективное значение среднего потенциала фазы будет выше заданного, за счет того, что в течение «мертвого» времени ток будет протекать через верхний обратный диод.

Таким образом, вектор подходит к границе сектора с «опозданием», то есть по достижению задания потенциала фазы (скажности) нуля, напряжение фазы определяется величиной «мертвого» времени. Если вектор напряжения поворачивается дальше, то происходит смена рабочего сектора (рис.2)

на соседний, где эта фаза оказывается полностью выключенной, то есть ее потенциал становится равным нулю относительно минусовой шины звена постоянного тока. Разные авторы предлагают много способов устранения данного скачкообразного изменения потенциала, например, переход к 12-секторной векторной ШИМ [1]. Но проблема остается, так как в этом случае регуляторы тока фаз все равно работают с той же нелинейностью, но уже при другом электрическом угле. Этот недостаток векторной ШИМ заметен на малых амплитудах напряжения и связан с наличием малых скажностей, что и требовалось исключить в новом методе формирования напряжения [4, 5].

Разработанный метод основан на вывешивании фазных потенциалов между отрицательной и положительной шиной звена постоянного тока. Фазные потенциалы получаются при преобразовании вектора напряжения из полярных координат в систему трехфазных или в системах векторного управления во время обратных фазных преобразований из двухфазной системы в трехфазную.

Если ко всем полученным значениям фазных потенциалов прибавить или вычесть константу, то значения линейных напряжений не изменятся, так как они представляют собой разность фазных потенциалов.

Необходимая прибавка вычисляется исходя из максимальной разности потенциалов между фазами.

Данный метод ШИМ имеет ту же эффективность по использованию напряжения звена постоянного тока, что и векторная ШИМ, но за один период коммутируются все шесть ключей инвертора. Это увеличивает динамические потери в ключах, но система приобретает определенные преимущества.

Вектора напряжения с амплитудой близкой к нулю реализуются при скажности 50%, что обеспечивает линейную зависимость между скажностями и линейными напряжениями двигателя [6]. Нелинейности, как и в случае с синусоидальной и векторной ШИМ, возникает только при смене знака тока фазы, вследствие влияния «мертвого» времени. Борьбаться с этим эффектом можно либо программно, анализируя знак тока, либо на аппаратном уровне [3], используя программируемую логическую матрицу для анализа разницы между задающим сигналом и воспроизведенным инвертором.

В программном случае возникает много проблем с малыми токами и моментом перехода тока через ноль. Как раз в то время, когда система проходит нелинейный участок (переход тока через ноль) информация о знаке тока, используемая для коррекции, исчезает.

Аппаратный компенсатор «мертвого» времени, построенный на базе программируемой логической матрицы, лишен данного недостатка, так как он получает полную информацию о формируемом векторе напряжения с помощью оптронного датчика.

Сравнивая сигнал управления с заданием, логика ПЛИМ интегрирует ошибку, а затем добавляет ее, увеличивая ширину импульса управления, задерживая задний фронт, либо уменьшает, задерживая передний фронт. Функциональная схема устройства с аппаратным компенсатором «мертвого» времени показана на рис.3

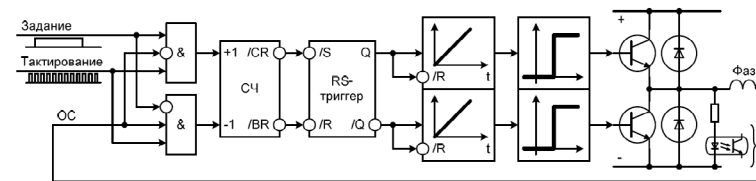


Рисунок 3 – Вариант функциональной схемы устройства с аппаратным компенсатором «мертвого» времени

За период ШИМ происходит четыре коммутации ключей по сравнению с шестью переключениями в синусоидальной ШИМ, что снижает динамические потери в инверторе. Векторная ШИМ максимально полно использует запас напряжения звена постоянного тока, что на 15 % больше, чем при синусоидальной ШИМ. Для инверторов с бутстрепным питанием драйверов верхних ключей, т. е. получающих питание от бутстрепной емкости или «плавающего» источника, требуется использовать привязку к нижней шине, то есть выбирать такие направления обхода базовых векторов, при котором инвертор использует нулевое состояние 000.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **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 International scientific and technical conference “YI reading Sh. Shokina”. – October 10, 2014. – P. 134-140.
- 2 **Kislov, A. P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K., Markovsky, V. P.** Stand-alone power systems with IGBT-inverter. VII Международная научная конференция молодых ученых «Электротехника. Электротехнология. Энергетика», 9 – 12 июня 2015 года. – С. 67-74. – Новосибирск, Россия.
- 3 **Kislov, A. P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K.** Diagnosis of inverter drives' faults. VII «Applied Mechanics and Materials», 9 – 12 июня 2015 года. – С. 75-88. – Новосибирск, Россия.
- 4 **Markovski, V. P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K.** Stand-alone power systems with IGBT-inverter. Scopus and Web of Science «Applied Mechanics and Materials», 15-18 Juni 2015. – P. 251-258. Zürich, Schweiz.
- 5 **Kislov, A. P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K.** Diagnosis of inverter drives' faults. Scopus and Web of Science «Applied Mechanics and Materials», 15-18 Juni 2015. – P. 258-271. Zürich, Schweiz.
- 6 **Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Govorun, V. F., Shapkenov, B. K., Volgin, M. E., Padrul', N. M., Zhumadirova, A. K.** Fault reconfiguration paradigm for the cascaded H-bridge multilevel inverter drive. Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии: Сборник докладов 4-й международной научно-практической конференции в рамках выставки «Энергосбережение. Отопление. Вентиляция. Водоснабжение» (27-29 мая 2015 г.). – Екатеринбург : ЗАО «Уральские Выставки, 2015. – 23-28 с.

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

**Қорытынды кернеу вектор кеңістіктің жағдайын басқару үшін инвертордың кілттердің коммутациялау әдісі**

<sup>1</sup>АҚ «БС ЕЭЖА ХимПарк Тараз», Шу қ.;

<sup>2</sup>АҚ «Амангельды газ», Астана қ.;

<sup>3</sup>С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 16.09.16 баспаға түсті.

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

**Method for switching keys inverter for managing spatial position of the resultant voltage vector**

<sup>1</sup>JSC «Management Company

Free Trade Zone HimPark Taraz», Shu;

<sup>2</sup>LLP «Amangeldy gas», Astana;

<sup>3</sup>S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 16.09.16.

*Мақалада енгізу жолымен инвертордың басқаруы соңғы нақтылы дискретті тәртіптерге қамтамасыз ететін кернеулер үш фазалық инвертордың кілттердің коммутациялары, әдісі қарастырылған, әрбір қорытынды кернеулер вектордың жағдайына сәйкес келеді.*

*The article describes a method of switching three-phase voltage inverter keys, providing the inverter control by introducing the latter in certain discrete modes, each of which corresponds to the position of the resultant voltage vector.*

**А. Т. Канаев<sup>1</sup>, А. В. Богомолов<sup>2</sup>, Ж. Ж. Какимова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>д.т.н., профессор, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана; <sup>2</sup>к.т.н., ассоц. профессор, <sup>3</sup>магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

e-mail: <sup>1</sup>aman-kanaev2012@yandex.ru; <sup>2</sup>bogomolov71@mail.ru;

<sup>3</sup>zhansaya.7.10@mail.ru

**АНАЛИЗ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ТЕРМОУПРОЧНЕННОЙ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ**

*Для уточненной оценки конструктивной прочности арматурной стали проведены испытания арматурных стержней на коррозионную стойкость. Исследование коррозионной стойкости упрочненной углеродистой стали по сравнению с горячекатаной легированной связано с различием в структурах и как следствие, отличием в скорости электрохимических процессов, протекающих при работе стальной арматуры в бетоне. Структура стали Ст5сп класса Ат-ШС (А400) в поверхностной зоне имеет значительно меньшую скорость коррозии, чем структура стали 35ГС того же класса прочности.*

*Ключевые слова: прочность, сталь, коррозионная стойкость, арматура, термоупрочнение*

**ВВЕДЕНИЕ**

Предыдущими исследованиями установлено, что прерванная закалка углеродистой арматурной стали марок Ст5сп и Ст5пс обеспечивает повышение ее прочностных свойств до уровня требований ГОСТ 5781-2002 для стали класса прочности А-Ш. Показано также, что вместо низколегированной арматурной стали 35ГС класса прочности А-Ш более эффективно производить равнопрочную углеродистую арматурную сталь класса прочности Ат-ШС [1-5]. Однако наличие одинаковых механических свойств не является достаточным основанием для применения в железобетонных конструкциях упрочненной углеродистой стали марки Ст5 взамен низколегированной стали 35ГС, так как определяемые по ГОСТ 5781-2002 характеристики прочности и пластичности не отражает ни напряженного состояния, ни условий работы, ни характера разрушения материала при эксплуатации. Поэтому по механическим свойствам,

определяемым по ГОСТ 5781-2002, невозможно установить, какая из этих сталей лучше в реальных условиях эксплуатации. Отсюда возникает задача исследования конструктивной прочности этих сталей, характеризующей работоспособность изделий (деталей, конструкций, сооружений и т.д.) в реальных условиях эксплуатации.

Наряду с хладостойкостью, выносливостью и чувствительностью к концентрации напряжений одним из основных критериев оценки конструктивной прочности арматурной стали является ее коррозионная стойкость [2]. Обычно арматурную сталь испытывают на склонность к коррозионному растрескиванию, однако такое испытание не может дать полной картины коррозионной стойкости стали, особенно в случаях воздействия жидких и газовых агрессивных сред. Авторы [3] отмечают, что незначительные дефекты на поверхности металла могут служить началом разрушения арматуры, а точечные язвы коррозии снижают прочностные характеристики на 20-30 %. Это вызывает необходимость изучения не только коррозионного растрескивания, но и общей коррозии арматурных сталей, связанных с возникновением различных гальванических коррозионных пар [4].

**ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Контактные коррозионные пары возникают в случае электродов из разнородных металлов, причем в этом коррозионном процессе более благородный металл служит катодом, а менее – благородный анодом. В таблице 1 представлены возможные типы некоторых гальванических коррозионных пар.

Обращает внимание то, что такие коррозионные пары возникают не только в случае массивных макроэлектродов, но и в случае микроэлектродов, роль которых могут играть фазовые составляющие микроструктуры. Заметим, что во многих углеродистых и низколегированных сталях одной их основных структурных составляющих является перлит и его разновидности троостит и сорбит.

Таблица 1 – Возможные типы некоторых гальванических коррозионных пар

Тип коррозионной пары	Пример коррозионной пары	Анод (окисление)	Катод (восстановление)
Контактная коррозионная пара с разнородными электродами	Zn-Fe Перлит	Zn Феррит	Fe Цементит
Структурная коррозионная пара		Участок с большей энергией	Участок с меньшей энергией

	Границы зерен Мелкие и крупные зерна Несовершенства структуры Деформирован ные участки Нагруженные участки	Граница зерна Мелкие зерна  Дефекты структуры  Зоны наклепа Нагруженные зоны	Тело зерна Крупные зерна  Совершенная структура  Отожженные зоны Ненагруженные зоны
Концентрационная и аэрационная коррозионная пара		Область с меньшей концентрацией	Область с большей концентрацией
	Области с разной концентра цией электролита Аэрационная пара Загрязненные и окисленные участки	Разбавленный электролит Низкое содержание кислорода Участки со слоем окислов или грязи	Концентрированный электролит Высокое содержание кислорода Участки чистой поверхности

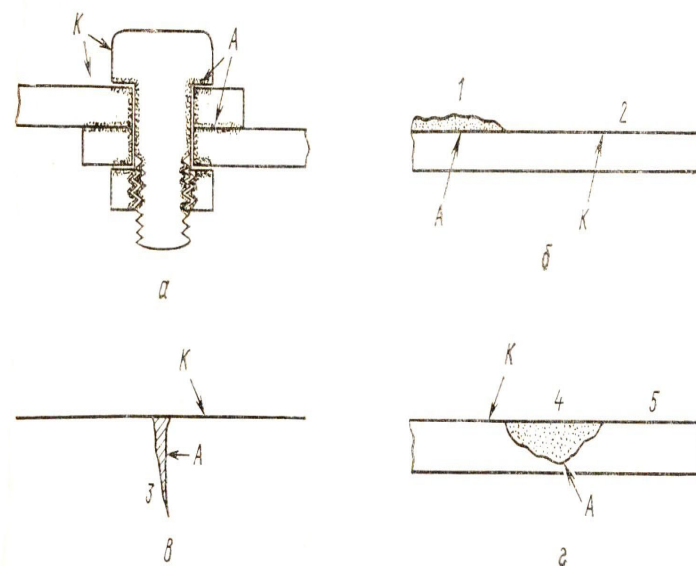
Коррозионные пары могут возникать из-за наличия напряженных участков на поверхности. Такими напряженными участками являются, обладающая большей энергией, зоны с искаженной структурой. Так, границы зерен, краевые (линейные) дислокации или металл в состоянии наклепа, могут играть роль анода, тогда как , зоны свободные от напряжений или деформаций служат катодом. Как известно, существование подобных структурных коррозионных пар способствует выявлению микроструктуры металлов, так как границы зерен становятся видимыми в результате преимущественного травления, что имеет большое значение в практической металлографии.

Граница зерна играет роль анода, так как обладает повышенной энергией. Несовершенства структуры играют роль анодов, поскольку смежные участки обладают избыточной энергией деформации и поэтому окисление атомов из этих смежных участков до ионов требует меньшей дополнительной энергии.

Еще одним типом коррозионной пары является концентрационная пара, возникающая из-за разной концентрации электролита. Концентрационная пара способствует возникновению коррозии, поскольку электрод, окруженный с меньшей концентрацией ионов металла, начинает играть роль анода и отдает электроны.

Более опасным по сравнению с концентрационными парами являются аэрационные коррозионные пары, возникающие из-за неодинакового содержания кислорода. Как показано на рисунке 1, соприкасающиеся с

воздухом богатые кислородом участки металла являются катодами, тогда как участки с затрудненным доступом кислорода играют роль анода и подвергаются коррозии. Аэрационная коррозионная пара вызывает определенные трудности, поскольку она возникает в труднодоступных местах. Более того, по мере образования окисной пленки или слоя ржавчины доступ кислорода к поврежденным участкам еще более затрудняется вследствие чего эти участки приобретают больший анодный потенциал, тогда как участки беспрепятственно соприкасающиеся с кислородом окружающей среды, играют роль катодов. В результате может развиваться быстрая язвенная коррозия, наблюдаемая в термоупрочненной арматурной стали.



А – анод; К – катод; 1 – загрязнение; 2 – чистая поверхность металла;  
3 – трещина; 4 – окислы; 5 – металл

Рисунок 1 – Аэрационные кислородные пары, где малодоступные участки (а, б, в, г) с низкой концентрацией кислорода становятся анодами

Гетерогенные структуры менее устойчивы коррозионному разрушению, чем гомогенные структуры типа твердых растворов. Это объясняется тем, что матрица работает как активный анод, а вторая фаза или неметаллические включения работают как катод. Причем активность катода в значительной степени зависит от формы и дисперсности избыточных фаз и неметаллических включений.

После термической обработки, приводящей к возрастанию неоднородности структуры, следует ожидать уменьшения коррозионной стойкости сталей. По-видимому, это объясняется ростом дисперсности карбидной фазы (цементита), что ведет к увеличению числа микропар анод-катод. Исследование влияния температуры отпуска на коррозионную стойкость высокоуглеродистой стали, проведенное авторами работы [6] показали, что структура троостита отпуска, имеющая наибольшую дисперсность, приводит к существенному снижению коррозионной стойкости.

Повышение температуры отпуска выше 500 °С, приводящее к коагуляции цементита, а также к снятию внутренних закалочных напряжений, обуславливают снижение склонности к коррозии.

Из приведенного краткого анализа гальванических коррозионных пар следует, что повышение коррозионной стойкости термически упрочненной углеродистой арматурной стали по сравнению с горячекатаной низколегированной стали 35ГС связано с различием в структурах, и как следствие, отличием в скорости электрохимических процессов, протекающих при нахождении сталей в бетоне.

Известно, что бетон является защитной средой по отношению к арматуре и ее коррозия начинается при наличии в нем трещины. Защитные свойства бетона зависят как от химической природы бетона, так и от его проницаемости для агрессивных сред. Поэтому скорость коррозии определяют не только в бетоне и растворе камня Ca (ОН)<sub>2</sub>, имитирующем жидкую фазу цементного, но и в средах, позволяющих ужесточить условия испытания и оценить действие агрессивных промышленных сред, содержащих сульфаты, двуокись углерода, сероводород, хлориды и др., на поведение арматуры.

Структура стали класса прочности Ат-ШС в поверхностной зоне (сорбит отпуска) имеет значительно меньшую скорость коррозии, чем феррито-перлитная структура низколегированной стали 35ГС класса прочности А-Ш [7,8]. Кроме того, феррито-перлитная структура стали 35ГС является более электрохимически гетерогенной и поэтому скорость анодных и катодных процессов, определяющих коррозионную стойкость значительно выше, чем в более равновесной структуре стали Ст5сп класса прочности Ат-ШС. Заметим, что на углеродистых сталях класса прочности Ат-ШС, имеющих различную структуру на поверхности и в центре стержней, изменяется и сам механизм коррозии (Рисунок 2). Наблюдаемая повышенная стойкость сталей Ст5сп и Ст5пс класса прочности Ат-ШС по сравнению со сталью 35ГС в средах, содержащих ионы хлора, объясняется их различной структурой, и как следствие, образованием различного числа анодных и катодных участков после проникновения хлоридов к поверхности металла.

Поэтому при исследовании коррозионной стойкости термоупрочненных сталей необходимо учитывать различие в микроструктуре по диаметру (сечению) стержня. После образования язв рост продуктов коррозии приводит к зарождению трещин, рост и распространение которых зависит от сопротивления коррозии слоев, следующих за поверхностным термоупрочненным кольцом.

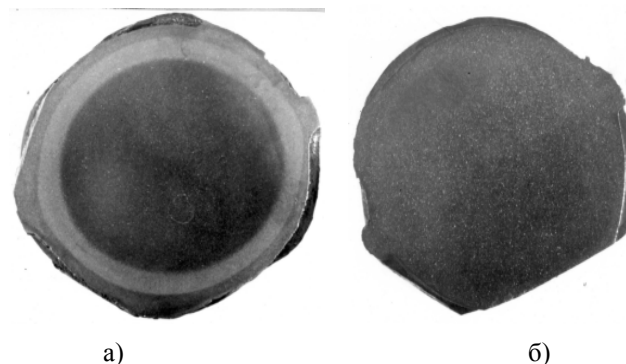
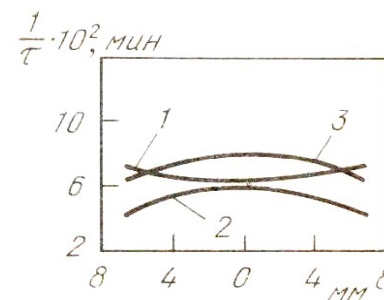


Рисунок 2 – Макроструктура (X5) арматурных стержней периодического профиля диаметром 25 мм из углеродистой стали Ст5сп: а) горячекатаная сталь, б) термоупрочненная сталь

Как следует из рисунка 3 в арматуре из стали 35ГС сильнее корродирует поверхность, а в термоупрочненной арматуре из стали Ст5сп – центр стержня. Скорость коррозии стали 35ГС выше, чем в стали Ст5сп по всему диаметру, но ниже чем в стали Ст5пс, начиная с расстояния 4 мм от центра стержня.



1 – 35ГС, А-Ш; 2 - Ст5сп, Ат-ШС; 3 –Ст.5пс, Ат-ШС.  
Рисунок 3 – Изменение скорости коррозии по сечению арматурной стали класса прочности А-Ш и Ат-ШС

1. Термически упрочненные арматурные стали класса прочности Ат-IIIc имеют более высокие показатели коррозионной стойкости, чем горячекатаная легированная сталь марки 35ГС.

2. Сравнительный анализ показывает, что у сталей Ст5пс и Ст5сп меньшая площадь пораженной поверхности и, что особенно важно - значительно меньше размер коррозионных пор, которые могут служить центрами зарождения трещин.

3. Результаты проведенного анализа позволяют рекомендовать арматурную сталь класса прочности Ат-IIIc для изготовления железобетонных конструкций, работающих в агрессивных средах.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ауельбекова, А. Е., Канаев, А. Т. Исследование структуры и свойств упрочненных арматурных профилей // Научно-теоретический и практический журнал «Современный научный вестник» № 51 (247), 2014. – С. 53-58.

2 Канаев, А. Т., Богомолов, А. В., Решеткина, Е. Н. Сравнительное исследование конструктивной прочности упрочненной углеродистой и легированной стали // Вестник ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, 2014, № 4 (101). – С. 49-59.

3 Мулин, Н. М., Мадатян, С. А., Мешков, В. З. и др. Бетон и железобетон, 1978, № 9. – С. 10-11.

4 Ван Флек Л. Теоретическое и прикладное материаловедение, Перевод с англ. – М. : Атомиздат, 1975. – 472 с.

5 Bogomolov, A. V., Zhakupov, A. N., Kanayev, A. T., Comparative structural strength research of hardened carbon steel and hot-rolled alloy steel / IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 142 (2016) 012076 doi:10.1088/1757-899X/142/1/012076.

6 Большаков, В. И., Стародубов, К. Ф., Тылкин, М. А. Термическая обработка строительной стали повышенной прочности. – М. : Металлургия, 1977. – 200 с.

7 Канаев, А. Т., Богомолов, А. В., Решеткина, Е. Н. Исследование коррозионной стойкости арматурных строительных сталей. Материалы Международной научно-практической конференции «Химия и металлургия комплексной переработки минерального сырья», посвященной 90-летию акад. Букетова Е. А. – Караганда, 2015. – С. 352-355.

8 Канаев, А. Т., Калмекеева, Г. Т., Сарсенбаев, Н. Н. Исследование структурообразования в упрочненных арматурных профилях. Materialy XI mezinárodní vedecko-praktická konference «Moderní vyozenosti redy – 2015» Díl 15. Technické redy. – Praha, 2015, s. r. o. 10-17.

А. Т. Канаев<sup>1</sup>, А. В. Богомолов<sup>2</sup>, Ж. Ж. Какимова<sup>2</sup>

**Арматуралық термиялық жолмен беріктендірілген болаттың коррозияның тұрақтылығының анализі**

<sup>1</sup>С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.

<sup>2</sup>С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 16.09.16 баспаға түсті.

А. Т. Kanayev<sup>1</sup>, А. V. Bogomolov<sup>2</sup>, Zh. Zh. Kakimova<sup>2</sup>

**Analysis of corrosion resistance of heat-strengthened reinforced steel**

<sup>1</sup>S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana;

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

Material received on 16.09.16.

*Арматуралық болаттың конструктивті мықтылығына нақты бағасын беру үшін арматуралық өзектің тұрақтылығына тәжірибе жүргізілді. Коррозияға төзімді нығайтылған көміртекті болаттың, ыстық илекті қоспалы болатқа қарағандағы құрамының айырмашылығын және электрохимиялық үдерістің жүру жылдамдығының нәтижесінде болат арматураның бетондағы жұмыс барысы зерттелді. Ст.5сп классы Ат-IIIc (A400) құрылымды болаттың беткі қабаттағы коррозиялық жылдамдығы 35ГС құрылымды болатқа қарағанда едәуір төмен болды.*

*Increase of corrosion resistance of the strengthened carbonaceous steel in comparison with the hot-rolled low-alloyed is connected with distinction in structures, and as a result, difference in the speed of the electrochemical processes proceeding when finding steel in concrete. The structure of steel St5sp At-IIIc (A400) class of durability in a superficial zone has considerably smaller speed of corrosion, than structure of steel 35MnSi A-III (A-400) class of durability.*

**А. П. Кислов<sup>1</sup>, Б. К. Шапкенов<sup>1</sup>, В. П. Марковский<sup>1</sup>,  
А. В. Антонцев<sup>1</sup>, А. Б. Кайдар<sup>2</sup>, М. Б. Кайдар<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар; <sup>2</sup>АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу; <sup>3</sup>ТОО «Амангельды газ», г. Астана  
e-mail: <sup>2</sup>argin\_intel@mail.ru

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ, ЗАЩИТЫ И УПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ ПРОГРАММИРУЕМЫМИ ЛОГИЧЕСКИМИ КОНТРОЛЛЕРАМИ**

*Рациональная организация технологических процессов, интенсификация труда, снижение себестоимости продукции возможно только при роботизации производства. Процесс роботизации возможен при применении микропроцессорных контроллеров, способных выполнять не только контроль, защиту и автоматизацию современных производств, но и совершенствовать оперативно-календарное планирование и обеспечить управление гибкими производственными системами.*

*Ключевые слова: программируемые логические контроллеры, объект управления, микропроцессор, системы контроля и управления, датчики.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Решения по автоматизации производства на базе промышленных роботов позволяют обеспечивать полный цикл обработки с высокой производительностью и точностью, избегать перерывов и производственных ошибок, свойственных человеку.

Преимущества внедрения роботов в производство:

- повышение производительности,
- улучшение экономических показателей,
- повышение качества обработки,
- безопасность,
- минимизация рабочего пространства,
- гибкость,
- минимальное обслуживание.

В связи с этим важно понимание производителями, на чем базируются такие системы, какие имеют свойства, где и как можно их использовать.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Жесткие ограничения на стоимость и огромное разнообразие целей автоматизации привели к невозможности создания универсального программируемого логического контроллера (ПЛК), как это случилось с офисными компьютерами. Область автоматизации выдвигает множество задач, в соответствии с которыми развивается и рынок, содержащий сотни непохожих друг на друга контроллеров, различающихся десятками параметров [1].

Несмотря на огромное разнообразие контроллеров, в их развитии заметны следующие общие тенденции:

- уменьшение габаритов;
- расширение функциональных возможностей;
- увеличение количества поддерживаемых интерфейсов и сетей;
- использование идеологии «открытых систем»;
- использование языков программирования стандарта МЭК 61131-3;
- снижение цены.

Еще одной тенденцией является появление в контроллерах признаков компьютера (наличие мыши, клавиатуры, монитора, ОС Windows, возможности подключения жесткого диска), а в компьютерах – признаков контроллера (расширенный температурный диапазон, электронный диск, защита от пыли и влаги, крепление на DIN-рейку, наличие сторожевого таймера, увеличенное количество коммуникационных портов, использование ОС жесткого реального времени, функции самотестирования и диагностики, контроль целостности прикладной программы). Появились компьютеры в конструктивах для жестких условий эксплуатации. Аппаратные различия между компьютером и контроллером постепенно исчезают. Основными отличительными признаками контроллера остаются его назначение и наличие технологического языка программирования.

Структура (программируемого логического контроллера) ПЛК [2], подключенного к объекту управления, представлена на рис. 1. Центральный процессор (CPU) включает собственно микропроцессор, память программ и память данных, формирователи магистрали сопряжения с локальными модулями ввода-вывода (локальными модулями УСО называют модули, конструктивно расположенные в одном крейте с платами CPU и памяти ПЛК), адаптеры связи с удаленными модулями УСО, адаптеры связи с сервисным периферийным оборудованием (пульт оператора, дисплей, печатающее устройство).



Архитектура CPU ПЛК имеет следующие особенности:

- память программ и память данных ПЛК разделены не только логически, но и физически. Специализация центральной памяти ПЛК является их особенностью. Причем область памяти выходных переменных обязательно выполнена энергонезависимой с целью поддержания рабочего состояния объекта при отключении питания;

- CPU ПЛК имеет устройства контроля адресного пространства; при построении CPU используются методы структурного резервирования составных элементов. Например, CPU может включать два обрабатывающих блока, которые объединены блоками принятия решений. Сигналы выходных воздействий формируются только в том случае, если они одинаковы для обоих блоков. Отказавшая структура выявляется с помощью встроенных тестов;

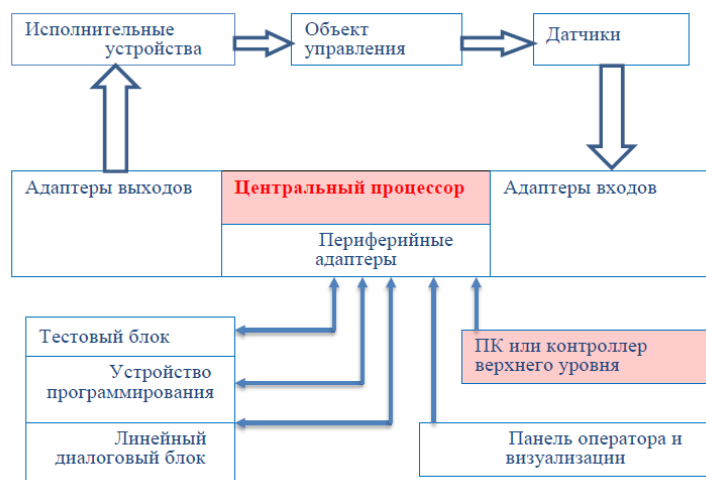


Рисунок 1 – Программируемый логический контроллер в роботизированных системах управления

- CPU ПЛК имеют в своем составе несколько сторожевых таймеров, которые контролируют строго определенное время выполнения одного цикла управляющей программы и отдельных ее частей.

CPU средних и мощных ПЛК часто выполнены многопроцессорными. Интерфейс между датчиками, исполнительными устройствами и CPU ПЛК обеспечивается специальными электронными модулями ввода-вывода, в ПЛК их часто называют адаптерами ввода-вывода. Кроме собственно приема

информации адаптеры дискретных входов производят предварительную обработку сигнала, выделение полезного сигнала из зашумленного, реализуют развязку сигналов с различными уровнями мощности. Уровни постоянного и переменного напряжения входного дискретного сигнала стандартизованы: постоянное напряжение 24 В, переменное 130 В и 240 В.

Адаптеры дискретных выходов должны кроме гальванической развязки обеспечивать определенную мощность сигнала, необходимую для управления исполнительным устройством. Стандартные параметры выходов следующие: постоянное напряжение 24 В, переменное напряжение 130 и 240 В при токе до 10 А. Память программ ПЛК состоит из двух сегментов. Первый сегмент – неизменяемая часть, которая содержит в себе операционную систему ПЛК. По существу, это интерпретатор инструкций программы пользователя, которые размещаются во втором сегменте памяти – сегменте программы управления. Второй сегмент – это изменяемая часть программы. Она заносится на этапе адаптации серийного изделия для управления конкретным объектом. Такая организация работы ПЛК имеет следующие преимущества:

- время реакции программы управления на изменение входных сигналов строго определено. Если обратиться к классификации ОС вычислительных средств, то такая система носит название ОС реального времени с жестким режимом работы;

- невозможность внесения изменений в интерпретатор инструкций гарантирует исключение ошибок программирования аппаратных средств на нижнем уровне;

- интерпретатор инструкций содержит в себе аппаратно-ориентированные алгоритмы программной защиты от сбоев аппаратуры, которые, оставаясь практически незаметными для пользователя, значительно повышают надежность системы.

Рассмотренная модель функционирования ПЛК поясняет, почему быстродействие ПЛК принято оценивать эквивалентным временем «опроса» 1024(1 К) дискретных входов. Обычно указывается время выполнения одного цикла программы средней сложности для 1024 дискретных входов, включая этапы чтения регистров приема и загрузки данных из регистров в буферы.

Следует отметить, что рассмотренный исторически сложившийся способ оценки быстродействия в настоящее время используется преимущественно для малых ПЛК [3]. Для средних и мощных ПЛК указывается время выполнения операций определенного типа. В табл. 1 представлены сведения о быстродействии некоторых ПЛК.

Придание ПЛК регулирующих функций, задание уставок [4,5], алгоритма, и т.п. (рис. 2) потребовало введения в состав языков чисел

в формате с фиксированной запятой и сейчас многие ПЛК имеют в системе команд библиотеки для работы с числами в формате с плавающей запятой. В первую очередь арифметические команды используются для реализации алгоритмов ПИД-регуляторов, причем не просто регуляторов, а с алгоритмами са-монастройки и оптимизации переходных процессов. Для включения алгоритма ПИД-регулирования в его программу необходимо не только записать соответствующие команды, но и подключить специальный блок памяти в разъем на передней панели корпуса ПЛК. Пользователю при обращении к функции ПИД-регулирования следует задать только коэффициенты и постоянные времени к не-изменяемому программному коду регулятора [4].

Таблица 1 – Быстродействие программируемых контроллеров

Тип ПЛК	Оценка быстродействия, указанная в каталоге	Примечание
Simatic S7-200	Время выполнения 1 К бинарных команд 0,8 мс	Малый ПЛК
ModiconTSX Micro	Время выполнения 1 К бинарных команд 0,15 мс Время «опроса» 1 К дискретных входов 0,7 мс	
Simatic S7-300	Время выполнения 1 К бинарных команд 0,3 мс Время выполнения 1 К смешанных команд 0,8 мс	Средний ПЛК
DL-305 Direct Logic	Время выполнения 1 К бинарных команд 0,87 мс Время «опроса» 1 К дискретных входов 4-5 мс	
Simatic S7-400	Время выполнения 1 К бинарных команд 0,08 мс Время выполнения 1 К операций сложения 0,08 мс Время выполнения 1 К операций сложения в формате с плавающей запятой 0,48 мс	Мощный ПЛК ПЛК ПЛК

Общее совершенствование микроэлектронной базы привело к миниатюризации малых ПЛК. Максимальный линейный размер всех моделей лежит в пределах 20 см.

Как правило, малые ПЛК имеют два способа программирования: с помощью карманного программатора или через интерфейс последовательного обмена с использованием средств разработки, реализованных на персональном компьютере. Для простейших ПЛК ясно прослеживается стремление к реализации режима программирования «на линии», при котором не требуется никаких дополнительных устройств.

Практически все ПЛК малого формата поддерживают один или несколько протоколов обмена локальных промышленных сетей. Сетевые возможности становятся одной из главных характеристик изделий данного класса.

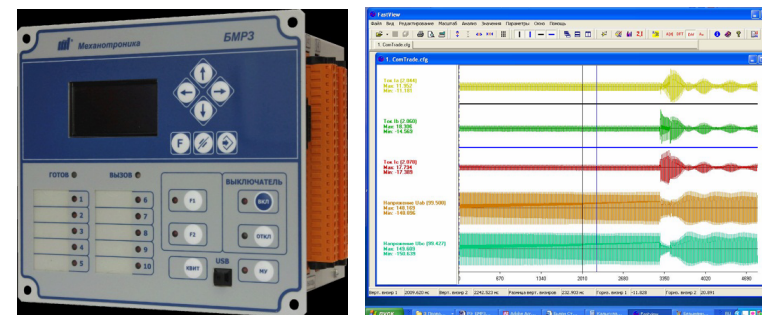


Рисунок 2 – Вид новых модификаций серии BMR3 – BMR3-120 [5] и BMR3-150, и окно программы «FastView» с осциллограммой мгновенных значений параметров

Остановимся коротко на отдельных образцах малых ПЛК. Simatic S7-200 и Modicon TSX Micro – самые быстродействующие и мощные среди малых ПЛК. Близок к ним по функциональным возможностям DL205 PLC Direct. Особое внимание заслуживает маленький ПЛК Logo фирмы «Siemens». Его даже называют не ПЛК, а лишь универсальным логическим модулем в электротехнике. Значительную часть площади передней панели корпуса Logo занимает графический жидкокристаллический дисплей, на котором при помощи шести клавиш можно «собрать» схему коммутации из 30 функциональных модулей. Logo запомнит программу во Flash-памяти и будет реализовывать заданный алгоритм коммутации. При необходимости контроллер может быть перепрограммирован на месте установки. Устройство имеет защиту от несанкционированного доступа.

ПЛК являются проблемно ориентированными машинами. С момента создания ПЛК языки их программирования были ориентированы на конечного пользователя, который является специалистом по автоматизации, но не является профессиональным программистом. Постепенно множество языков ПЛК разделилось на следующие группы:

- графические языки релейно-контактных схем (PKC);
- графические языки логических схем;
- графические языки функциональных блоков (Grafset);
- мнемонические языки символьного кодирования на основе булевых выражений;
- языки ассемблерного типа.

Накопленный опыт был обобщен в виде стандарта ГЕС1131-3, в котором определено пять языков программирования: SFC – последовательных функциональных схем, LD – релейных диаграмм, FBD – функциональных

блоковых диаграмм, ST – структурированного текста, PL – инструкций. Использование стандартных языков позволяет существенно снизить затраты на разработку прикладного программного обеспечения. Язык SFC находится над всеми остальными и дает возможность описать логику программы на уровне чередующихся функциональных блоков и условных переходов. Функциональные блоки отображают собой действия, которые должны быть исполнены, в том числе и параллельно, а условные переходы задают условия, которые необходимо выполнить для перехода к следующему функциональному блоку. Инструкции для функциональных блоков и условных переходов могут быть написаны на одном из четырех других языков. Язык LD используется для описания различных логических выражений и реализует элементы релейно-контактных схем. Язык FBD позволяет строить комплексную процедуру, состоящую из различных функциональных блоков. Язык ST относится к классу языков высокого уровня и по мнемонике похож на язык Pascal. Он служит для создания процедур со сложной логикой. Язык PL принадлежит к классу языков низкого уровня и позволяет реализовать высокоэффективные функции. Этот язык имеет смысл применять для написания наиболее критичных мест программы.

Использование языков стандарта IEC 1131-3 соответствует концепции открытых систем, а именно делает программу управления некритичной к конкретному оборудованию. Поэтому, несмотря на различные названия, языки программирования практически всех современных ПЛК удовлетворяют стандарту IEC1131-3.

Быстродействие ПЛК ограничивается в принципе быстродействием исполнительной аппаратуры. При использовании выключателей серии ВВЭ, ВВТЭ предназначены для КРУ установок общего назначения и установок с частыми коммутациями электрических цепей трехфазного переменного тока с изолированной нейтралью частотой 50 Гц (60 Гц) напряжением до 12 кВ в промышленных и сетевых установках с частыми коммутациями после прохождения тока через нуль происходит быстрое рассасывание зарядов вследствие диффузии, и через 10 мкс между контактами восстанавливается электрическая прочность вакуума, что является большим достоинством этих выключателей. То есть, скажем время снижения амплитуды 5мс (самый плохой вариант) плюс 10 мкс и плюс время «опроса» 1 К дискретных входов 4-5 мс, итого 10 мс.

## ВЫВОДЫ

Преимущество применения ПЛК – значительное снижения аварийности, снижение влияния человеческого фактора на управляемые процессы, сокращение обслуживающего персонала, уменьшение расходов сырья,

улучшение качества исходного продукта и повышение эффективности производства. Обеспечение контроля, управления и обмена данными с возможной обработкой, накопления, хранения и архивирования информации, формирования сигналов отключения, тревог, построение графиков и печать отчетов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Shapkenov, B. K., Markovsky, V. P., Kaidar, A. B.** Erfahrung mit dem gerät mikroprozessor relaisschutzes. Материалы третьей международной научно-практической конференции «Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии», 10-12 сентября 2012 г., Екатеринбург, Россия. – 0,25 п.л.

2 **Kaidar, A. B., Martines, C., Singh, H., Shapkenov, B. K.** Advantages of microprocessor intell's X86. Материалы международной научной конференции молодых ученых, студентов и школьников «XIII Сатпаевские чтения», Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, 11-13 апреля 2013 года. – Т. XIII. – С. 68-69.

3 **Шапкенов, Б. К., Калиев, Б. З., Кайдар, А. Б., Садыков, А. К.** Анализ и параметрический синтез стохастических систем управления. Сборник докладов X Международной НПК «Проблемы и достижения в промышленной энергетике» в рамках выставки «Энергетика и электротехника – 2011» 16-18 ноября 2011 г., г. Екатеринбург, ЗАО «Уральские выставки», ЗАО «Энергопромышленная компания». – 0,35 п.л.

4 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б.** Элементы автоматики для энергосбережения в системах освещения. – Наука и техника Казахстана, № 1-2, 2011. – С. 77-83.

5 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Ашимова, А. К.** ШИМ и МРРТ контроллеры. Сатпаевские чтения для молодых ученых Материалы международной научной конференции молодых ученых, студентов и школьников «XV Сатпаевские чтения», ПГУ. Т. 15. – апрель 2015 г. – С. 54-59.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*A. P. Kislov<sup>1</sup>, B. K. Shapkenov<sup>1</sup>, V. P. Markovskiy<sup>1</sup>, A. V. Antontsev<sup>1</sup>,  
A. B. Kaidar<sup>2</sup>, M. B. Kaidar<sup>3</sup>*

**Программаланатын логикалық контроллермен қазіргі өндірістердің бақылау, қорғау және басқаруды қамтамасыз етуі**

<sup>1</sup>С. Торайғыров атыдағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;

<sup>2</sup>АҚ «БС ЕЭЖА ХимПарк Тараз», Шу қ.;

<sup>1</sup>АҚ «Амангелді газ», Астана қ.

Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*A. P. Kislov<sup>1</sup>, B. K. Shapkenov<sup>1</sup>, V. P. Markovskiy<sup>1</sup>, A. V. Antontsev<sup>1</sup>,  
A. B. Kaidar<sup>2</sup>, M. B. Kaidar<sup>3</sup>*

**Ensuring control, protection and administration of modern production by programmable logic controllers**

<sup>1</sup>S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar;

<sup>2</sup>JSC «Management Company Free Trade Zone HimPark Taraz», Shu;

<sup>3</sup>LLP «Amangeldy gas», Astana.

Material received on 16.09.16.

*Технологиялық процесстердің тиімді ұйымдары, еңбектің интенсификациясы, роботизация өндірісте мүмкін тек қана өнімдер өзіндік құндары төмендетілді. Роботизация процесі ықтимал микропроцессорлық контроллерде қолдануда, қазіргі өндірістерді бақылауды, қорғауды және автоматтандыруды ғана емес, қабілетті орындау және жедел-календарлық жоспарлауды жетілдіру және солқылдақ өндірістік жүйелермен басқару қамтамасыз ету керек.*

*The rational organization of technological processes, the intensification of labor, reducing the cost of production is possible only with robotics production. The process of robotics is possible when using microprocessor controllers capable of performing not only the control, protection and automation of modern production facilities, but also to improve the operation and scheduling and to manage flexible production systems.*

УДК 620.1

**Н. С. Кузнецова<sup>1</sup>, Р. М. Мустафина<sup>2</sup>, Е. Ж. Сарсикеев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>к.ф.-м.н., доцент, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия; <sup>2</sup>к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар, Казахстан; <sup>3</sup>PhD, ст. преподаватель, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан  
e-mail: <sup>1</sup>natalia\_kuznetsova@tpu.ru; <sup>2</sup>mustafina\_rm@mail.ru; <sup>3</sup>sarsikeev.ermek@yandex.ru

## **ЧИСЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОВЗРЫВА В КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕДАХ**

*В статье приведена подробная численная реализация электроразрядного откола твердых сред. Приведены системы уравнений, их начальные и граничные условия, которые решаются с помощью конечно-разностной аппроксимации по явной разностной схеме второго порядка точности с использованием искусственной вязкости Неймана-Рихтмайера для расчета фронта волны. Данный численный алгоритм позволяет реализовать компьютерную модель для исследований электровзрывов в конденсированных средах.*

*Ключевые слова: электровзрыв, откол, дробление, импульс, модель, волна, материалы.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Электровзрыв в неоднородных средах является фундаментальным явлением электрофизики диэлектриков, определяющим поведение материалов в сильных электрических полях. Благодаря интенсивному развитию электроразрядных технологий исследование разрядных явлений в конденсированных средах представляет как теоретический, так и практический интерес. Практический интерес обусловлен развитием технологий обработки твердых непроводящих материалов электрическим разрядом и их преимуществом над механическими способами.

Актуальность исследований обусловлена перспективностью электроразрядных технологий для дробления материалов, очистки от поверхностных отложений и снятия поверхностных слоев (например, радиационно-зараженного слоя бетона), разрушения негабаритов при

добыче полезных ископаемых и реконструкции сооружений, строительства туннелей, производстве буронабивных свай и др., где используется явление электровзрыва в конденсированных средах (термин появился как аналог взрыва химических веществ). Перспективно использование электрического разряда не в искровой, а в многоструйной форме (квазиобъемный разряд) в газожидкостной среде для увеличения экстракции биопродуктов из растворов, очистки и дезинфекции питьевой воды и стоков, сушки пористых материалов.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для описания импульсного деформирования упругопластической среды вокруг канала и распространения волны в твердом теле и частично преломленной в жидкость, используются уравнения в виде законов сохранения импульса, массы, энергии в Лагранжевых координатах для цилиндрической симметрии в соответствии с [1, 2]:

уравнение движения

$$\frac{\partial u}{\partial t} = V_0 \cdot \frac{R}{r} \cdot \frac{\partial \sigma_1}{\partial r} + V \cdot \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{R}$$

$$\sigma_1 = S_1 - (P + q), \quad \sigma_2 = S_2 - (P + q), \quad \sigma_3 = S_3 - (P + q), \quad (1)$$

$$S_3 = -(S_1 + S_2), \quad \frac{\partial R}{\partial t} = u;$$

уравнение неразрывности

$$V = V_0 \cdot \frac{R}{r} \cdot \frac{\partial R}{\partial r}, \quad V = \frac{1}{\rho}, \quad V_0 = \frac{1}{\rho_0}; \quad (2)$$

уравнение энергии

$$\frac{\partial e}{\partial t} = -(P + q) \frac{\partial V}{\partial t} + V(S_1 \cdot \frac{\partial \epsilon_1}{\partial t} + S_2 \cdot \frac{\partial \epsilon_2}{\partial t}) \quad (3)$$

соотношения для компонент девиатора напряжений

$$\frac{\partial S_1}{\partial t} = 2\mu \cdot \left( \frac{\partial \epsilon_1}{\partial t} - \frac{1}{3 \cdot V} \frac{\partial V}{\partial t} \right),$$

$$\frac{\partial S_2}{\partial t} = 2\mu \cdot \left( \frac{\partial \epsilon_2}{\partial t} - \frac{1}{3 \cdot V} \frac{\partial V}{\partial t} \right), \quad (4)$$

соотношения для тензора скоростей деформации

$$\frac{\partial \epsilon_1}{\partial t} = \frac{\partial u}{\partial R},$$

$$\frac{\partial \epsilon_2}{\partial t} = \frac{u}{R}, \quad (5)$$

$$\frac{\partial \epsilon_3}{\partial t} = 0.$$

где  $r$  и  $R$  – начальная и текущая координаты элементов среды,  $u$  – массовая скорость,  $\rho_0, \rho$  – начальная и текущая плотности среды,  $\sigma_1, \sigma_2$  – полное радиальное и тангенциальное напряжения в среде,  $P$  – давление,  $S_1, S_2, S_3$  – компоненты девиатора напряжений,  $q$  – квадратичная искусственная вязкость,  $e$  – внутренняя энергия единицы массы среды,  $\mu$  – модуль сдвига.

Предел упругого деформирования (переход материала из упругого деформирования в пластическое состояние) описывается условием Мизеса:

$$S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 \leq (2/3)Y^2, \quad (6)$$

где  $Y$  – предел текучести среды.

Для расчета течения в жидкости в приведенных уравнениях достаточно положить  $S_1 = S_2 = S_3 = 0$  и заменить параметры, описывающие свойства твердого тела, на соответствующие значения для жидкости.

Соотношением, замыкающим эту систему уравнений, служит уравнение состояния среды. Поскольку максимальный уровень давлений, развиваемых при обычных режимах, используемых в электроразрядных технологиях, относительно невелик (порядка  $10^9$  Па), то в качестве уравнения состояния среды можно использовать баротропную зависимость в виде  $P = f(\rho)$  или в виде линейной зависимости скорости ударной волны  $u_s$  от массовой скорости вещества за фронтом волны  $u_p$  (адиабаты Гюгонио) [3–5]:

$$u_s = c_0 + s u_p. \quad (7)$$

Коэффициенты  $c_0$  и  $s$  известны для многих материалов, в том числе и горных пород.

На основе описанной модели электроразрядного откола создан численный алгоритм, позволяющий проводить компьютерное моделирование электровзрывного откола твердых сред. Система уравнений модели (1)–(5), (6), (7) с начальными и граничными условиями решается численно на основе конечно-разностной аппроксимации по явной разностной схеме второго порядка точности [2] с использованием искусственной вязкости Неймана–Рихтмайера [1] для расчета фронта волны. Электротехнические уравнения интегрировались неявным методом Эйлера с временным шагом, индекс  $n$  нумерует шаги по времени.

#### Численная модель работы генератора

Состояние генератора в момент времени  $t = t^n$  характеризуется напряжением на емкости генератора  $U_c^n$  и током в цепи генератора  $i^n$ . Изменение падений напряжений и тока в цепи генератора рассчитывается на основе конечно-разностной аппроксимации уравнений для шага по времени  $\Delta t$  номера  $(n+1)$ :

$$L \frac{i^{n+1} - i^n}{\Delta t} + (r_z + R_{ch}) \cdot i^n = U_c^n \quad (8)$$

$$-i^{n+1} = C \frac{U_c^{n+1} - U_c^n}{\Delta t} \quad (9)$$

Сопротивление разрядного канала согласно

$$R_{ch}^{n+1} = \frac{A \cdot l_{ch}}{((\sum i^{n+1})^2 \Delta t)^{\frac{1}{2}}} \quad (10)$$

Энерговыведение в разрядном канале:

$$W_{ch}^{n+1} = \sum ((i^{n+1})^2) \cdot R_{ch}^{n+1} \cdot \Delta t \quad (11)$$

В момент времени  $t=0$  положение расчетных узлов соответствует начальным условиям. Шаг по времени определяется из условия устойчивости схемы – условия Куранта:

$$\Delta t = \frac{1}{K} \cdot \frac{\min[R_{j,2}^n - R_{j,1}^n]}{c_0} \quad (12)$$

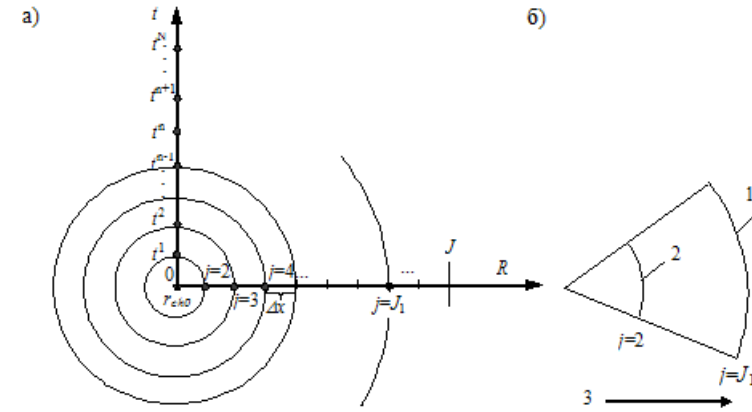
где  $K$  – коэффициент Куранта, в расчетах  $K=5$  [2];  $c_0$  – скорость звука в среде.

После каждого расчетного шага по времени  $\Delta t$  расчетные узлы приобретают новые координаты. Соответствующая расчетная сетка определяется положением в  $t^n$ . Расчет ведется до заданного момента времени  $t^N = N \cdot \Delta t$ , где  $N$  – число шагов по времени. Каждый последующий временной слой определяется как  $t^{n+1} = t^n + \Delta t$ .

Шаг по пространству подчиняется условию  $\Delta x \leq r_{ch0} = 5$  мкм. Шаг  $\Delta x$  является достаточно малым, что оправдано лишь для расчетов в ближней области канала. В целях сокращения расчетного времени применяется автоматическое укрупнение расчетной сетки по алгоритму, аналогичному [6]. По мере распространения волны увеличивается расчетная область. Поэтому при расширении области вдвое, то есть при выполнении условия  $r_{ch}^n \geq 2r_{ch0}$ , где  $r_{ch}^n$  – радиус канала в момент времени  $t^n$ , шаг по пространству  $\Delta x$  увеличивается до  $\Delta x' = 2\Delta x$ .

*Численная модель импульсного деформирования упругопластической среды*

Область моделирования покрывается расчетной сеткой (рисунок 1) с равномерным шагом  $\Delta x$ .



$r_{ch0}$  – начальный радиус канала;  $j$  – текущий номер расчетного узла;  $j=2$  – номер расчетного узла, соответствующего границе между разрядным каналом и твердой средой;  $J$  – количество расчетных узлов в радиальном направлении;  $j=J_1$  – номер расчетного узла, соответствующего внешней границе твердого тела;  $\Delta x$  – пространственный шаг по сетке; 1 – внешняя граница; 2 – внутренняя граница; 3 – направление возрастания  $J$

Рисунок 1 – Расчетная сетка

Уравнение движения в конечно-разностном виде

$$u_j^{n+1} = u_j^n - \frac{1}{\rho_0} \cdot \frac{\Delta t^{n+1}}{\Delta x} \cdot \left(\frac{R}{r}\right)^n \cdot \left[ (S_1 - P - q)_{j-\frac{1}{2}}^n - (S_1 - P - q)_{j+\frac{1}{2}}^n \right] + \Delta t^{n+1} \cdot B \quad (13)$$

При  $j \in [3, J_1 - 1]$  множитель  $B$  рассчитывается следующим образом

$$B = \frac{1}{2} \cdot \left[ V_{j+\frac{1}{2}}^n \frac{(S_1 - S_2)_{j+\frac{1}{2}}^n}{R_j^n} + V_{j-\frac{1}{2}}^n \frac{(S_1 - S_2)_{j-\frac{1}{2}}^n}{R_{j-1}^n} \right], \quad (14)$$

при  $j=2$  (на внутренней границе области  $J$ )

$$B = V_{j+\frac{1}{2}}^n \frac{(S_1 - S_2)_{j+\frac{1}{2}}^n}{R_j^n}, \quad (15)$$

при  $j=J_1$  (на внешней границе области  $J$ )

$$B = V_{j-\frac{1}{2}}^n \frac{(S_1 - S_2)_{j-\frac{1}{2}}^n}{R_{j-1}^n}. \quad (16)$$

Текущая координата

$$R_j^{n+1} = R_j^n + \Delta t^{n+1} \cdot u_j^{n+1}. \quad (17)$$

Уравнение неразрывности в конечно-разностном виде

$$V_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} = \frac{1}{\rho_0} \cdot \frac{(R^2)_{j+1}^{n+1} - (R^2)_j^{n+1}}{(r^2)_{j+1}^{n+1} - (r^2)_j^{n+1}} \quad (18)$$

Давление в среде

$$P_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} = P(\rho_{j+\frac{1}{2}}^{n+1}) = P(V_{j+\frac{1}{2}}^{n+1}) \quad (19)$$

Скорости деформаций

$$(\dot{\epsilon}_1)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} = \frac{u_{j+1}^{n+1} - u_j^{n+1}}{R_{j+1}^{n+1} - R_j^{n+1}}, \quad (20)$$

$$(\dot{\epsilon}_2)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} = \frac{u_{j+1}^{n+1} + u_j^{n+1}}{R_{j+1}^{n+1} - R_j^{n+1}}. \quad (21)$$

Девиатор напряжений

$$(S_1)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} = (S_1)_{j+\frac{1}{2}}^n + 2\mu \left[ (\dot{\epsilon}_1)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} \cdot \Delta t^{n+1} - \frac{1}{3} \cdot \frac{V_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} - V_{j+\frac{1}{2}}^n}{0.5(V_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} + V_{j+\frac{1}{2}}^n)} \right], \quad (22)$$

$$(S_2)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} = (S_2)_{j+\frac{1}{2}}^n + 2\mu \left[ (\dot{\epsilon}_2)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} \cdot \Delta t^{n+1} - \frac{1}{3} \cdot \frac{V_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} - V_{j+\frac{1}{2}}^n}{0.5(V_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} + V_{j+\frac{1}{2}}^n)} \right], \quad (23)$$

$$(S_3)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} = - \left[ (S_1)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} + (S_2)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} \right] \quad (24)$$

Искусственная вязкость

$$q_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} = \begin{cases} \left( \frac{2l^2}{V_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} + V_{j+\frac{1}{2}}^n} \right) (u_{j+1}^{n+1} - u_j^{n+1})^2 \text{ при } V_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} \leq V_{j+\frac{1}{2}}^n, \\ 0 \text{ при } V_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} > V_{j+\frac{1}{2}}^n. \end{cases} \quad (25)$$

Механические напряжения

$$\begin{aligned} (\sigma_1)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} &= (S_1)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} - (P_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} + q_{j+\frac{1}{2}}^{n+1}); \\ (\sigma_2)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} &= (S_2)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} - (P_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} + q_{j+\frac{1}{2}}^{n+1}) \end{aligned} \quad (26)$$

Уравнение энергии

$$\begin{aligned} e_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} &= (ePV)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} + (eS_1)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} + (eS_2)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1}, \\ (ePV)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} &= (ePV)_{j+\frac{1}{2}}^n - \left( \frac{1}{2} (P_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} + P_{j+\frac{1}{2}}^n) + q_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} \right) (V_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} - V_{j+\frac{1}{2}}^n), \\ (eS_1)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} &= (eS_1)_{j+\frac{1}{2}}^n + V_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} \cdot (S_1)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} \cdot (\dot{\epsilon}_1)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} \cdot \Delta t^{n+1}, \\ (eS_2)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} &= (eS_2)_{j+\frac{1}{2}}^n + V_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} \cdot (S_2)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} \cdot (\dot{\epsilon}_2)_{j+\frac{1}{2}}^{n+1} \cdot \Delta t^{n+1}, \end{aligned} \quad (27)$$

где нижний индекс показывает номер ячейки ( $j = 1, 2, 3 \dots J$ ), верхний индекс – номер слоя по времени ( $n=0, 1, 2, \dots N$ ).

Приведенные конечно-разностные соотношения являются алгебраическими уравнениями для соответствующих величин, которые могут быть однозначно определены на данном временном слое, если они известны на предыдущем временном слое. Численное решение системы (13)–(28) осуществлялось слоями по времени, то есть при заданных значениях функции в момент  $t = t^n$  и соответствующих граничных условиях, все функции пересчитывались на момент времени  $t = t^{n+1}$ , где  $t^{n+1} = t^n + \Delta t$ . На нулевом временном слое ( $t = 0$ ) необходимые параметры и величины задаются через начальные и граничные условия. Начальные условия при  $t = 0$ :  $R_j = r_j$ ,  $u, P, S_1, S_2, S_3, q, \dot{\epsilon}_1, \dot{\epsilon}_2$ , равны 0 для всех  $j$ ;  $V = 1/\rho_0$  также для всех  $j$ .

Граничное условие на внутренней поверхности среды (границе с разрядным каналом) определяется из уравнения энергодобавки канала

$$\frac{W_{ch}^{n+1} - W_{ch}^n}{\Delta t} = \frac{P_{ch}^{n+1} + P_{ch}^n}{2} \cdot \frac{V_{ch}^{n+1} - V_{ch}^n}{\Delta t} + \frac{1}{\gamma - 1} \cdot \frac{(P_{ch}^{n+1} - P_{ch}^n) \cdot (V_{ch}^{n+1} - V_{ch}^n)}{\Delta t}. \quad (28)$$

Конечно-разностное уравнение (98) позволяет определить давление в канале в виде следующего алгебраического соотношения

$$P_{ch}^{n+1} = \frac{W_{ch}^{n+1} - W_{ch}^n - \frac{P_{ch}^n}{2} \left( V_{ch}^{n+1} - \frac{\gamma + 1}{\gamma - 1} V_{ch}^n \right)}{\frac{1}{2} \left( \frac{\gamma + 1}{\gamma - 1} V_{ch}^{n+1} - V_{ch}^n \right)}, \quad (29)$$

где  $V_{ch}^n = \pi (R^2)_{j=2}^n \cdot l_{ch}$ ,  $R_{j=2}^n$  – текущий радиус канала.

Граничное условие на внешней поверхности среды соответствуют условиям на свободной поверхности:  $(\sigma_1)_{j=J-\frac{1}{2}} = 0$ .

Контроль точности проводился с помощью проверки сохранения полной энергии системы. На каждом слое вычислялась величина дисбаланса энергии

$$\delta = \frac{W_{ws} - A_{ch}}{A_{ch}}; W_w = \pi l_{ch} \left( 2 \int_{r_{ch}}^{R_c} e \rho R dR + \int_{r_{ch}}^{R_c} u^2 \rho R dR \right);$$

$$A_{ch} = 2\pi l_{ch} \int_{r_{ch}}^{r_{ch}} P_{ch} r_{ch} dr_{ch}, \quad (30)$$

где  $W_w$  – сумма потенциальной и кинетической энергии волны;  $A_{ch}$  – работа расширения разрядного канала.

Условие текучести Мизеса

$$(S_1^2 + S_2^2 + S_3^2)^{n+1} - \frac{2}{3} Y^2 = K^{n+1}. \quad (31)$$

При  $K^{n+1} \leq 0$  элемент материала находится в упругой области. Если  $K^{n+1} > 0$ , то элемент материала находится в состоянии за пределом упругости и напряжения рассчитываются по формулам

$$(S_1^{n+1})_k = S_1^{n+1} \sqrt{2/3} \cdot Y / \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2}, \quad (32)$$

$$(S_2^{n+1})_k = S_2^{n+1} \sqrt{2/3} \cdot Y / \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2}, \quad (33)$$

где  $(S_1^{n+1})_k, (S_2^{n+1})_k$  – исправленные напряжения.

Уравнения состояния сред в соответствии

$$P_j^{n+1} = \rho_0 c_0^2 \left( 1 - \frac{\rho_0}{\rho_j^{n+1}} \right) / \left[ 1 - s \left( 1 - \frac{\rho_0}{\rho_j^{n+1}} \right) \right]^2, \quad (34)$$

$$P_j^{n+1} = \rho_0 c_0^2 \left( \frac{\rho_j^{n+1}}{\rho_0} - 1 \right) \left( \frac{\rho_j^{n+1}}{\rho_0} \right)^n, \quad (35)$$

На каждом временном шаге расчеты производятся в несколько этапов. На первом этапе из выражения (9) вычисляется ток  $i^{n+1}$  в цепи генератора, затем при известном  $i^{n+1}$  и начальных условиях определяется напряжение  $U_c^n$  согласно (8). С помощью уравнения (10) рассчитывается сопротивление разрядного канала  $R_{ch}^{n+1}$ . Далее рассчитываются энергетические характеристики: омические потери в цепи  $W_{\tau}^{n+1}$ , потери энергии на индуктивности  $W_L^{n+1}$ , энергия, выделенная в канале  $W_{ch}^{n+1}$ . На втором этапе из разностного уравнения энергобаланса рассчитывается давление в разрядном канале  $P_{ch}^{n+1}$  согласно (29). Рассчитанное давление является граничным условием для системы уравнений импульсного деформирования упруго-пластической среды. Определяются энергия плазмы  $W_{pl}^{n+1}$ , работа расширения канала  $A_{ch}^{n+1}$ . На третьем этапе из совместного решения

уравнений (13), (17), (18-33) определяются массовая скорость среды  $u_j^{n+1}$ , радиус канала  $r_j^{n+1}$ , удельный объем  $V_{j+1/2}^{n+1}$ , компоненты девиатора напряжений  $(S_1)_{j+1/2}^{n+1}, (S_2)_{j+1/2}^{n+1}, (S_3)_{j+1/2}^{n+1}$ , скорости деформаций  $(\dot{\epsilon}_1)_{j+1/2}^{n+1}, (\dot{\epsilon}_2)_{j+1/2}^{n+1}$ , механические напряжения в материале  $(\sigma_1)_{j+1/2}^{n+1}, (\sigma_2)_{j+1/2}^{n+1}$ . Затем рассчитывается внутренняя энергия единицы массы среды  $e_{j+1/2}^{n+1}$ . Алгоритм расчета приведен на рисунке 2.

### ВЫВОДЫ

Разработанная численная реализация физико-математической модели электровзрывного воздействия на горные породы и искусственные материалы обеспечивает возможность моделирования всех стадий электровзрыва:

- с разными параметрами емкостных импульсных генераторов;
- с разной геометрией разрядного промежутка;
- зарождение магистральных трещин в материалах с разными физико-механическими свойствами (горные породы, бетон).

Представленная в разделе численная реализация модели позволила разработать программу ЭВМ для проведения компьютерных экспериментов по электроразрядному разрушению твердых тел при разных условиях.

Работа выполнена в рамках бюджетной программы «Грантовое финансирование научных исследований на 2015-2017 годы» по теме: «Исследование электровзрывного воздействия на конденсированные среды для развития электроразрядных технологий откола и разрушения твердых материалов».



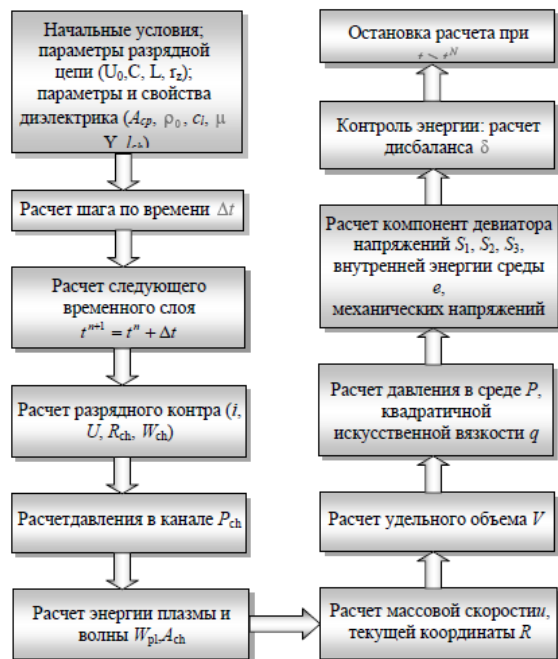


Рисунок 2 – Алгоритм расчета основных параметров электровзрыва

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Рихтмайер, Р., Мортон, К. Разностные методы решения краевых задач. – М. : Мир, 1972. – 418 с.  
 2 Уилкинс, М. Л. Расчет упруго-пластических течений. Вычислительные методы в гидродинамике / Под ред. Ф. Олдер. – М. : Мир, 1967. – 563 с.  
 3 Высокоскоростные ударные явления / Под ред. В. Н. Николаевского. – М. : Мир, 1973. – 533 с. (High-Velocity Impact Phenomena, Ed. by Ray Kinslow, Academic Press New York an London 1970).  
 4 Свойства конденсированных веществ при высоких давлениях и температурах: сборник статей / Центральный научно-исследовательский институт управления, экономики и информации; под ред. Р. Ф. Трунина. – Арзамас-16: Изд-во ВНИИЭФ, 1992. – 398 с.  
 5 Канель, Г. И., Разоренов, С. В., Уткин, А. В., Фортгов, В. Е. Ударно-волновые явления в конденсированных средах. – М. : Янус-К, 1996. – 408 с.

6 Коротков, П. Ф., Лобанов, В. С., Христофоров, Б. Д. Расчет взрыва в воде по опытным данным о расширении полости // Физика горения и взрыва. – 1972. – № 4. – С. 558-565.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

Н. Кузнецова<sup>1</sup>, Р. Мустафина<sup>2</sup>, Е. Сарсикеев<sup>3</sup>  
**Бапталған орталардағы электр жарылыстың физика-математикалық моделін санды іске асырылуы**

<sup>1</sup>Томбы саясы техникалық Ұлттық зерттеу университеті, Томбы қ.;  
<sup>2</sup>С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;  
<sup>3</sup>С. Сейфуллин атындағы Агротехникалық университеті, Астана қ.  
 Материал 16.09.16 баспаға түсті.

N. Kuznetsova<sup>1</sup>, R. Mustafina<sup>2</sup>, Ye. Sarsikeev<sup>3</sup>  
**Numerical implementation of mathematical electrical blasting model in condensed environments**

<sup>1</sup>National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia;  
<sup>2</sup>S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan;  
<sup>3</sup>S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Astana, Kazakhstan.  
 Material received on 16.09.16.

*Мақалада қатты орталардағы электроразрядтардың бөлініп нақты санды іске асыру келтірілген. Теңдеулер жүйесі келтірілген, олардың бастапқы және шекаралық шарттары, ақырлы-айырмалық аппроксимациясы бойынша екінші ретті дәлдікті түрлі сұлбалардың толқын фронтын есептеу үшін Нейман-Рихтмайердің жасанды тұтқырлығы пайдаланған.*

*In this paper the proper numerical implementation of electrical discharging splitting in solid environments is considered. There is reviewed the system of equations, their initial and boundary conditions, which are solved with using of finite difference approximation on the explicit difference scheme of the second accuracy order with applying artificial viscosity of Neumann-Richtmayer for wave front calculation.*

**Б. Е. Машрапов<sup>1</sup>, О. М. Талипов<sup>2</sup>, А. Н. Бергузинов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>доктор PhD, <sup>2</sup>докторант, <sup>3</sup>магистр, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар  
e-mail: <sup>1</sup>bokamashrapov@mail.ru

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ВНУТРИ ТОКОПРОВОДА**

*Существующие методики определения координат установки геркона вблизи шин электроустановки не учитывают влияние магнитных полей, созданных токами в оболочке комплектных токопроводов. Для того, чтобы учесть влияние этих полей, необходимо знать их величины. Цель работы – определить величины магнитных полей, созданных токами в оболочке токопровода. Для достижения цели были проведены натурные эксперименты на токопроводе типа ТЭНЕ. Результаты экспериментальных исследований показали, что магнитное поле, созданное током в оболочке токопровода, не превышает 7 % от магнитного поля, созданного током в шине.*

*Ключевые слова: геркон, индукция, величина, токопровод, оболочка.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последние десятилетия разработан ряд защит [1, 2, 3, 4, 5, 6], принцип действия которых основан на срабатывании геркона, помещенного вблизи токопроводов фаз электроустановки, от магнитного поля (МП), возникающего в электроустановке при коротком замыкании, а также конструкции для крепления герконов внутри комплектных распределительных устройств (КРУ) и токопроводов [7]. Имеется методика расчета тока срабатывания защит с учетом влияния МП, созданных токами в соседних фазах [8]. Однако влияние МП, созданных токами в оболочке комплектных пофазно-экранированных токопроводов, не учитываются. В данной работе предлагаются результаты экспериментального исследования распределения МП и его величины внутри токопровода типа ТЭНЕ-СЭЩ-20-11250-400 УХЛ1 в зависимости от расстояния от точки заземления его оболочки до места установки геркона.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

*Область применения комплектного токопровода ТЭНЕ.* Пофазно-экранированные токопроводы, как известно, применяются для соединений: в цепях электростанций; преобразовательных трансформаторов;

трансформаторных подстанций; турбогенератора (мощность до 500 МВт) с повышающими силовыми трансформаторами (рис. 1); трансформаторов тиристорного возбуждения генераторов и т.д.

Рассматриваемые токопроводы выполняются отдельными секциями разной конфигурации, стыковка которых осуществляется путем дуговой сварки. В пофазно-экранированном токопроводе может быть предусмотрена система наддува, которая повышает его надежность. По концам трасс токопроводов (например у генератора и повышающего трансформатора) оболочки трех фаз соединяют привариваемыми к ним перемычками, которые в большинстве случаев выполняются из алюминиевого листа того же сечения и марки, что и сама оболочка. Для заземления оболочки перемычку присоединяют к общему контуру заземления электрической станции. Места крепления каждого монтажного блока токопровода своими опорами надежно изолируются от опорных заземленных балок строительных металлоконструкций, переходных пластин и швеллеров при помощи изоляционных втулок и прокладок для возможности измерения электрического сопротивления изоляции без разборки узла крепления токопровода. При этом оболочки пофазно-экранированного токопровода образуют замкнутую трехфазную систему, в которой при работе токопровода индуцируются токи, приблизительно равные рабочим токам. Эти токи протекают вдоль оболочек, равномерно распределяясь по их образующей, и переходят по концам токопроводов из оболочки одной фазы в оболочки двух других фаз, создавая внутри токопровода дополнительное магнитное поле.

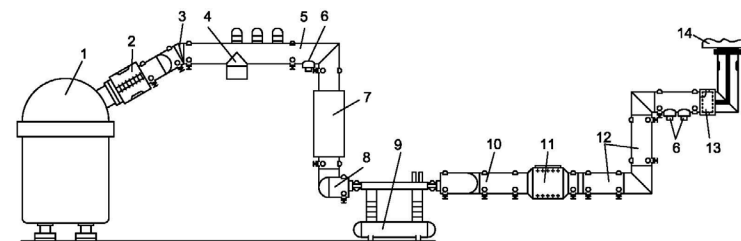


Рисунок 1 – Компоновка трассы пофазно-экранированного токопровода ТЭНЕ-20 энергоблока турбогенератора мощностью 300 МВт

1 – силовой трансформатор; 2 – разъемный элемент соединения со смотровым окном; 3 – элемент соединения под углом 150°; 4 – разрядник; 5 – блок отпайки к трансформатору с разрядниками; 6 – трансформатор напряжения; 7 – блок с разъединителем; 8 – элемент соединения с выключателем; 9 – выключатель воздушный; 10 – блок с заземляющим разъединителем; 11 – блок с трансформаторами тока; 12 – блок прямой; 13 – блок с проходными изоляторами; 14 – генератор

*Лабораторная установка.* Для измерения величины индукции магнитного поля внутри токопровода была собрана установка (рисунок 2а). К источнику переменного тока (1) напряжением 220 В через регулятор напряжения РНО-220-25 (2) подключена первичная обмотка нестандартного нагрузочного трансформатора (3). К вторичной обмотке этого трансформатора с помощью восьми соединительных кабелей (4) одинаковой длины присоединены шина (5) и оболочка (6) токопровода, причем и на шине и на оболочке имеется по четыре точки подключения, две на одном конце, две – на другом. При этом точки с одного конца располагаются диаметрально противоположно, а все восемь точек лежат в плоскости горизонтального продольного сечения токопровода. Токопровод установлен таким образом, чтобы его торец находился напротив нагрузочного трансформатора (3), а кабели пролегли вдоль него по бокам. Такое расположение токопровода и прокладка кабелей позволяют уравнивать внешние магнитные поля вокруг токопровода и, тем самым, уменьшить их влияние на результат измерений. Для измерения величины индукции магнитного поля внутри комплектного токопровода использовалась катушка индуктивности (7) (рис. 2б) с количеством витков  $W=10000$ . Для ее установки внутри токопровода разработана и собрана конструкция (8) в виде цилиндра с отверстиями для катушки индуктивности (КИ) и шины (6), причем его диаметр во много раз больше высоты. При этом отверстия для установки КИ расположены по окружности на расстоянии 5 и 12 см от внутренней стенки оболочки. Измерение токов в шине и оболочке осуществляется трансформатором тока (9) типа ТТЭ 125 с коэффициентом трансформации 4000/5 и мультиметром (10) типа Fluke 87V, величины ЭДС на выводах катушки индуктивности – мультиметром (11) типа Fluke 87V.

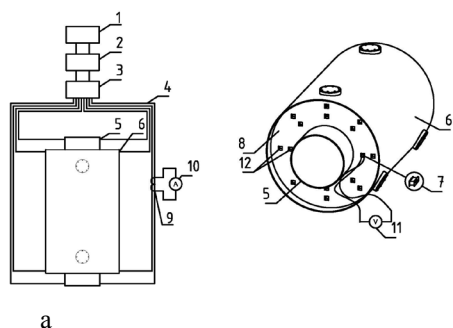


Рисунок 2 – Лабораторная установка для измерения магнитного поля внутри токопровода ТЭНЕ

2а – вид сверху; 2б – токопровод с надетой на шину конструкцией для крепления катушки индуктивности

*Эксперимент.* Разработанная конструкция (8) надевается на шину (рис. 2б) и устанавливается по середине ее длины, которая совпадает с серединой длины оболочки. Затем в одно из отверстий (12) конструкции устанавливается КИ, к выводам которой подключается мультиметр Fluke 87V. После указанных мероприятий в шину и оболочку подается ток 200 А и, переставляя КИ из одной ячейки в другую, определяется в какой из них ЭДС на ее выводах имеет максимальное значение на расстоянии 5 и 12 см от внутренней стенки оболочки. Конструкция перемещается вдоль шины на 100 мм и измерения повторяются, продолжая фиксировать максимальное значение ЭДС. Указанные операции осуществляются до тех пор, пока конструкция не достигнет конца оболочки токопровода. Затем отключается шина и все указанные выше операции повторяются, при пропускании тока 200 А только по оболочке, и наоборот. После этого шина и оболочка присоединяются к нагрузочному трансформатору, но изменяется направление тока в шине, т.е. кабели, подключенные к одному концу шины присоединяются к другому, и эксперимент повторяется. По измеренным значениям ЭДС определяется индукция магнитного поля и результаты сводятся в таблицу 1. Аналогично выполняются измерения при токе 600 А, и результаты сводятся в таблицу 2.

Таблица 1 – Величины индукции магнитного поля внутри комплектного токопровода при протекании по шине и оболочке тока 200 А

Расстояние от места установки КИ до середины токопровода, мм	Расстояние от оболочки до места установки КИ, мм	Индукция магнитного поля внутри токопровода при протекании токов в шине и оболочке, Тл	Индукция магнитного поля внутри токопровода при противоположном направлении токов в шине и оболочке, Тл	Индукция магнитного поля внутри токопровода при протекании тока только в шине, Тл	Индукция магнитного поля внутри токопровода при протекании тока только в оболочке, Тл
0	50	$1,05 \cdot 10^{-4}$	$1,03 \cdot 10^{-4}$	$0,96 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$
	120	$1,31 \cdot 10^{-4}$	$1,28 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$
100	50	$1,03 \cdot 10^{-4}$	$1,04 \cdot 10^{-4}$	$0,96 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$
	120	$1,29 \cdot 10^{-4}$	$1,29 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$
200	50	$1,02 \cdot 10^{-4}$	$1,02 \cdot 10^{-4}$	$0,96 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$
	120	$1,28 \cdot 10^{-4}$	$1,27 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$
300	50	$1,02 \cdot 10^{-4}$	$10,3 \cdot 10^{-4}$	$0,96 \cdot 10^{-4}$	$2,43 \cdot 10^{-6}$
	120	$1,28 \cdot 10^{-4}$	$1,28 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$
400	50	$1,02 \cdot 10^{-4}$	$1,02 \cdot 10^{-4}$	$0,96 \cdot 10^{-4}$	$2,82 \cdot 10^{-6}$
	120	$1,28 \cdot 10^{-4}$	$1,28 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$
500	50	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,05 \cdot 10^{-4}$	$0,96 \cdot 10^{-4}$	$4,27 \cdot 10^{-6}$
	120	$1,29 \cdot 10^{-4}$	$1,31 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$2,76 \cdot 10^{-6}$
600	50	$1,07 \cdot 10^{-4}$	$1,11 \cdot 10^{-4}$	$1,05 \cdot 10^{-4}$	$9,84 \cdot 10^{-6}$
	120	$1,33 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,31 \cdot 10^{-4}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$

750	50	1,02*10 <sup>-4</sup>	1,52*10 <sup>-4</sup>	1,21*10 <sup>-4</sup>	21,92*10 <sup>-6</sup>
	120	1,44*10 <sup>-4</sup>	1,72*10 <sup>-4</sup>	1,47*10 <sup>-4</sup>	13,6*10 <sup>-6</sup>

Таблица 2 – Величины индукции магнитного поля внутри комплектного токопровода при протекании по шине и оболочке тока 600 А

Расстояние от места установки КИ до середины токопровода, мм	Расстояние от оболочки до места установки КИ, мм	Индукция магнитного поля внутри токопровода при протекании токов в шине и оболочке, Тл	Индукция магнитного поля внутри токопровода при противоположном направлении токов в шине и оболочке, Тл	Индукция магнитного поля внутри токопровода при протекании тока только в шине, Тл	Индукция магнитного поля внутри токопровода при протекании тока только в оболочке, Тл
0	50	3,01*10 <sup>-4</sup>	3,0*10 <sup>-4</sup>	2,85*10 <sup>-4</sup>	5,57*10 <sup>-6</sup>
	120	3,77*10 <sup>-4</sup>	3,74*10 <sup>-4</sup>	3,54*10 <sup>-4</sup>	4,72*10 <sup>-6</sup>
100	50	3,02*10 <sup>-4</sup>	3,01*10 <sup>-4</sup>	2,85*10 <sup>-4</sup>	6,03*10 <sup>-6</sup>
	120	3,78*10 <sup>-4</sup>	3,8*10 <sup>-4</sup>	3,54*10 <sup>-4</sup>	5,18*10 <sup>-6</sup>
200	50	3,04*10 <sup>-4</sup>	3,01*10 <sup>-4</sup>	2,89*10 <sup>-4</sup>	6,3*10 <sup>-6</sup>
	120	3,8*10 <sup>-4</sup>	3,76*10 <sup>-4</sup>	3,57*10 <sup>-4</sup>	5,24*10 <sup>-6</sup>
300	50	3,06*10 <sup>-4</sup>	3,02*10 <sup>-4</sup>	2,95*10 <sup>-4</sup>	7,34*10 <sup>-6</sup>
	120	3,83*10 <sup>-4</sup>	3,79*10 <sup>-4</sup>	3,6*10 <sup>-4</sup>	5,73*10 <sup>-6</sup>
400	50	3,05*10 <sup>-4</sup>	3,09*10 <sup>-4</sup>	2,95*10 <sup>-4</sup>	8,26*10 <sup>-6</sup>
	120	3,8*10 <sup>-4</sup>	3,83*10 <sup>-4</sup>	3,66*10 <sup>-4</sup>	5,9*10 <sup>-6</sup>
500	50	3,14*10 <sup>-4</sup>	3,2*10 <sup>-4</sup>	3,03*10 <sup>-4</sup>	13,44*10 <sup>-6</sup>
	120	3,87*10 <sup>-4</sup>	3,97*10 <sup>-4</sup>	3,74*10 <sup>-4</sup>	8,72*10 <sup>-6</sup>
600	50	3,24*10 <sup>-4</sup>	3,44*10 <sup>-4</sup>	3,26*10 <sup>-4</sup>	27,6*10 <sup>-6</sup>
	120	3,95*10 <sup>-4</sup>	4,26*10 <sup>-4</sup>	3,99*10 <sup>-4</sup>	14,62*10 <sup>-6</sup>
750	50	3,36*10 <sup>-4</sup>	4,59*10 <sup>-4</sup>	3,88*10 <sup>-4</sup>	60,11*10 <sup>-6</sup>
	120	4,39*10 <sup>-4</sup>	5,33*10 <sup>-4</sup>	4,7*10 <sup>-4</sup>	37,17*10 <sup>-6</sup>

### ВЫВОДЫ

Таким образом, проведенные эксперименты показали, что при установке КИ на расстоянии 750, 600 и 500 мм от центра токопровода сильное влияние на величину индукции магнитного поля внутри него оказывают точки подключения к нему кабелей. При удалении КИ от конца токопровода (от места подключения кабелей) влияние точек подключения уменьшается и при расположении КИ на расстоянии меньше 350 мм от конца – практически отсутствует. При этом МП, созданное токами в оболочке, накладывается на МП, созданное током в шине, и увеличивает его на 5-7 % независимо от направления токов в них.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Клецель, М. Я., Мусин, В. В. О построении на герконах защит высоковольтных установок без трансформаторов тока // Электротехника, 1987. – № 4. – С. 11-13.

2 Клецель, М. Я. Свойства герконов при использовании их в релейной защите // Электричество, 1993. – № 9. – С. 18-21.

3 Клецель, М. Я., Майшев, П. Н. Особенности построения на герконах дифференциальнофазных защит трансформаторов // Электротехника, 2007. – № 12. – С. 2-7.

4 Клецель, М. Я. Основы построения релейной защиты на герконах. Современные направления развития релейной защиты и автоматии энергосистем // Сборник докладов конференции, CIGRE, Екатеринбург, 2013.

5 Клецель, М. Я., Жуламанов, М. А. Реле сопротивления на герконах // Электротехника, 2004. – № 5. – С. 38-44.

6 Клецель, М. Я., Принципы построения и модели дифференциальных защит электроустановок на герконах // Электротехника, 1991. – № 10. – С. 47-50.

7 Клецель, М. Я., Бергузинов, А. Н., Машрапов, Б. Е., Талипов, О. М. Инновационный патент. Устройство для крепления герконов в отсеках комплектных распределительных устройств (КЗ № 30578, Н02Н 3/08, 2014/1780.1, 02.12.2014, №11, 16.11.2015).

8 Клецель, М. Я., Мусин, В. В. Выбор тока срабатывания максимальной токовой защиты без трансформаторов тока на герконах // Промышленная энергетика, 1990. – № 4. – С. 32-36.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*Б. Е. Машрапов, О. М. Талипов, А. Н. Бергузинов*

**Токөткізгіштің ішіндегі магнит өрісінің шамасын анықтау**

С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*B. E. Mashrapov, O. M. Talipov, A. N. Berguzinov*

**Determination of the magnetic field inside an electrical pathway**

S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 16.09.16.

Электр қондырғылардың шиналарына геркондарды жақын орнату координаттарды анықтау әдістемелері бар, бірақ олар кешенді тоқоткізгіштерінің қабығында пайда болатын тоқтардың магнитті өрістерінің әсерін ескермейді. Бұл өрістерін ескеру үшін, олардың шамасын білу қажет. Жұмыс мақсаты – кешенді тоқоткізгіштерінің қабығында пайда болатын тоқтардың магнитті өрістерінің шамаларын анықтау. Мақсатқа қол жеткізу үшін ТЭНЕ түрлі тоқоткізгіште заттай эксперименттер жүргізілген. Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері көрсеткендей, шинаның қабығындағы токпен өңделген магнит өрісі 7 % аспайды.

*The existing methods of determining the coordinates of the reed switch installation near electrical tires do not take into account the effect of magnetic fields generated by the currents in the shell of complete conductors. The assessment of these fields' influence requires the knowledge of their values. The purpose of this work is the determination of the magnetic fields generated by the currents in the shell of the current lead. To achieve the goal the field experiments were carried out on electrical conductors such as kV TENE. The results of experimental investigations have shown that the magnetic field produced by the current in the shell of the electrical pathway does not exceed 7 % of the magnetic field produced by the current in the bus.*

УДК 621.313

**А. Н. Новожилов<sup>1</sup>, Е. М. Волгина<sup>2</sup>, Т. А. Новожилов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>д.т.н, профессор, кафедра «Электроэнергетика»; <sup>2</sup>магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан; <sup>3</sup>к.т.н., ассистент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», Омский государственный технический университет, г. Омск, Российская Федерация  
e-mail: <sup>1</sup>novozhilova\_on@mail.ru; <sup>2</sup>volgina.em@mail.ru; <sup>3</sup>timokvey@mail.ru

## **УСТАНОВКА ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАЩИТ НА МАГНИТНЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ ТОКА**

*Разработана и изготовлена установка для экспериментального исследования устройств релейной защиты с использованием магнитных трансформаторов тока. Предложен метод моделирования магнитных полей контура установки, на основе которого определены погрешности возможных экспериментальных исследований и предложены рекомендации по их уменьшению.*

*Ключевые слова: релейная защита, максимальная токовая защита, магнитный трансформатор тока.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В релейной защите традиционно в качестве первичных измерительных преобразователей тока используют трансформатор тока [1-3]. Он имеет ферромагнитный сердечник и две обмотки. Его первичная обмотка подключается к цепи измеряемого тока, а вторичная – к токовым обмоткам реле защиты. На основании опыта эксплуатации и теоретического анализа принято, что для обеспечения правильной работы большинства устройств релейной защиты погрешность трансформаторов тока не должна превышать по току  $\Delta I$  10 %, а по углу  $\delta$  – 7 % [1].

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Современные высоковольтные трансформаторы тока [1, 2] имеют значительные размеры и стоимость из-за обеспечения необходимого класса изоляции первичной обмотки относительно сердечника и вторичной обмотки. При этом в ряде случаев из-за конструктивных особенностей электротехнического оборудования и электрических машин трансформаторы тока установить не удается.

Решить эту проблему можно с помощью методов бесконтактного измерения токов в проводниках [4], которые позволяют использовать для этого более простые и дешевые устройства. При этом вопрос о переходе с трансформаторов тока на другие датчики тока настолько значителен, что в 2001 году он рассматривался специально на 38 сессии СИГРЭ в Париже на заседании, посвященном теме замены трансформаторов тока новыми датчиками тока и влиянию их на проектирование защит [5].

Одним и наиболее простых измерительных преобразователей тока являются магнитные трансформаторы тока [1-3]. Они осуществляют бесконтактное измерение тока и позволяют строить на их базе устройства защиты лишённые значительной части перечисленных выше недостатков традиционных защит. Однако вопрос реализации и использования защит на ММТ невозможен без экспериментального исследования. Для разработки различного рода защит на ММТ на кафедре «Электроэнергетика» Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова была разработана и изготовлена экспериментальная установка.

Электрическая схема экспериментальной установки приведена на рисунке 1. Контур 1 для формирования магнитного поля шин электроустановок имеет прямоугольную форму. Он выполнен из алюминиевых шин АТ-1200 и закреплен на вертикальной стене лаборатории. Размеры контура 1 ограничены размерами этой стены. В результате его высота  $H_k$  и ширина  $T_k$  оказались ограничены размерами 0,92 и 2,04 метра. Для обеспечения электрической безопасности персонала этот контур заземлен.

Плавная регулировка тока в контуре 1 осуществляется с помощью промышленного сварочного трансформатора TV марки ТДМ-317 У2. Этот трансформатор является двухступенчатый и способен обеспечить регулировку тока в пределах 100-400А в течении достаточно длительного времени. Кроме того, осуществляемая в настоящее время реконструкция трансформатора позволит не только расширить диапазон регулируемых токов, но и осуществлять скачкообразное изменение тока в контуре 1. Что даст возможность проверять работоспособность защит на ММТ при резком изменении тока, возникающем при возникновении коротких замыканий.

Соединение контура 1 с вторичной обмоткой трансформатора TV осуществлено при помощи кабеля марки КГ сечением 50 мм<sup>2</sup> и медными наконечниками.

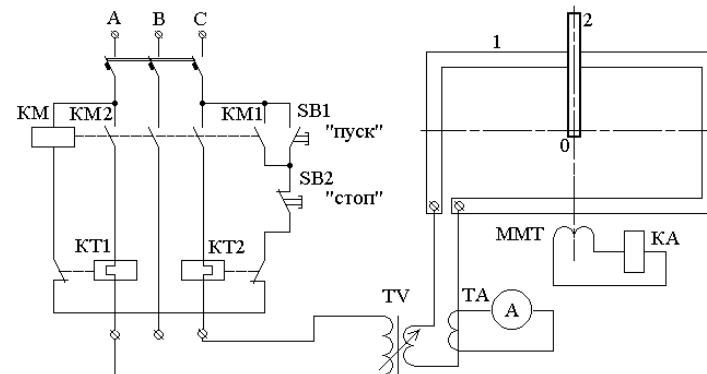


Рисунок 1 – Электрическая схема соединений экспериментальной установки

Для изменения тока в контуре 1 используется проходной трансформатор тока ТК-2 1000/5 и амперметр типа Э59 с классом точности 0,5.

Закрепление ММТ относительно контура 1 осуществляется с помощью рейки 2 из текстолита с нанесенной на ней шкалами расстояния (см) шины контура, величины магнитной индукции (Тл) и погрешностей измерения из-за воздействия на ММТ тока в нижней и боковых шинах. Рейка 2 закрепляется посередине верхней шины контура 1 вертикально, как показано на рисунке 1. Такое размещение линейки с ММТ позволяет достаточно точно оценить влияние магнитных полей от тока в нижней и боковых шинах. Шкалы на реке приведены для тока в контуре равного 100А. Что позволяет легко в определить параметры магнитного контура для других значений тока.

Подключение сварочного трансформатора TV к электрической сети осуществляется с помощью автоматического выключателя ПА-50 и магнитного пускателя КМ типа ПМЕ-200.

В качестве ММТ используются катушки индуктивности от промежуточных реле или изготавливаемые по расчетным данным вручную. В качестве реагирующего органа защит используется реле тока КА типа РТ-40/0,2.

Для регистрации результатов экспериментов используется двухлучевой осциллограф на базе персонального компьютера (ПК) с программным обеспечением «Елена 2012».

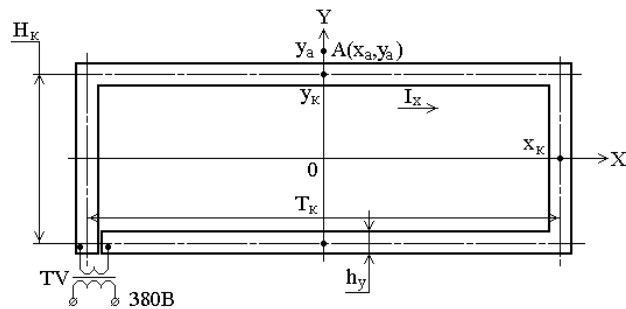


Рисунок 2 – Схема для расчета распределения индукции магнитного поля

Моделирование величины магнитных полей для нанесения шкал на рейке 2 от токов в горизонтальных и вертикальных шинах осуществляется по расчетной схеме на рисунке 2. Для этого применяется математическая модель, основанная на использовании закона Био-Савара-Лапласа [6,7]. Так по математической модели, приведенной в [7] индукция магнитного поля в точке A(x<sub>a</sub>, y<sub>a</sub>) на рейке 2 от шины длиной l<sub>x</sub> с током I<sub>x</sub> в системе координат на рисунке 2 может определяться как

$$B_z = \frac{\mu_0 I_x}{4\pi b_1} \left( \frac{r_1}{d_1} - \frac{r_2}{d_2} \right),$$

где b<sub>1</sub> = y<sub>a</sub> - y<sub>к</sub>; μ<sub>0</sub> = 4π10<sup>-7</sup> – магнитная постоянная вакуума. r<sub>1</sub> = l<sub>x</sub>/2 + x<sub>к</sub> + x<sub>a</sub>; r<sub>2</sub> = -l<sub>x</sub>/2 + x<sub>к</sub> + x<sub>a</sub>; d<sub>1</sub> = √(r<sub>1</sub><sup>2</sup> + b<sub>1</sub><sup>2</sup>); d<sub>2</sub> = √(r<sub>2</sub><sup>2</sup> + b<sub>1</sub><sup>2</sup>), x<sub>к</sub>(y<sub>к</sub>) и x<sub>a</sub>(y<sub>a</sub>) – координаты центра проводника контура и точки, в которой определяется индукция магнитного поля;

Так, при моделировании магнитного поля верхней горизонтальной шины контура в математической модели принимаются x<sub>к</sub> = 0, y<sub>к</sub> = H<sub>к</sub>/2, x<sub>a</sub> = 0, y<sub>a</sub> = 0 - H<sub>к</sub>, l<sub>x</sub> = T<sub>к</sub>, I<sub>x</sub> = -100А. Результаты расчета тангенциальной составляющей индукции B<sub>z</sub> магнитного поля на рейке 2 при T<sub>к</sub>=2,04 м, H<sub>к</sub>=0,92м и током I<sub>к</sub>=100А приводятся на рисунке 3 в виде линии 1.

Для остальных шин контура эти величины определяют по рисунку 2. Результаты моделирования магнитных полей нижней горизонтальной и двух вертикальных шин на рисунке 3 представлены линиями 2 и 3. Линия 4 представляет собой индукцию магнитного поля контура на рейке 2.

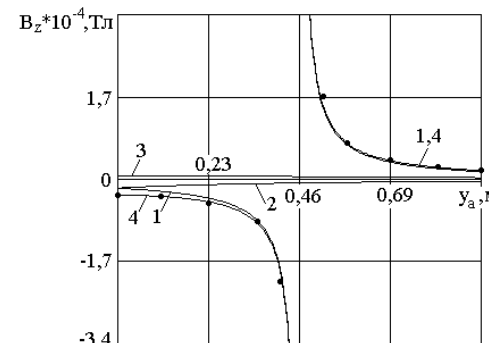


Рисунок 3 – Распределение тангенциальной составляющей индукции магнитного поля от контура с током

Экспериментальное значение распределения тангенциальной составляющей индукции B<sub>z</sub> контура на рисунке 3 показано точками. Сопоставление результатов расчета и экспериментов показывает, что погрешность моделирования с помощью математической модели [7] не превышает 2-5%. Есть все основания полагать, что такая погрешность вызвана неточностями в изготовлении контура экспериментальной установки и формой его проводников.

### ВЫВОДЫ

Таким образом, при расположении МТТ на внешней стороне контура с током, то есть в интервале y<sub>a</sub> = 0,46 - 0,92 м погрешность экспериментальных исследований не превысит 5%.

На рисунке 4 представлен внешний вид установки для экспериментального исследования защит на магнитных трансформаторах тока.

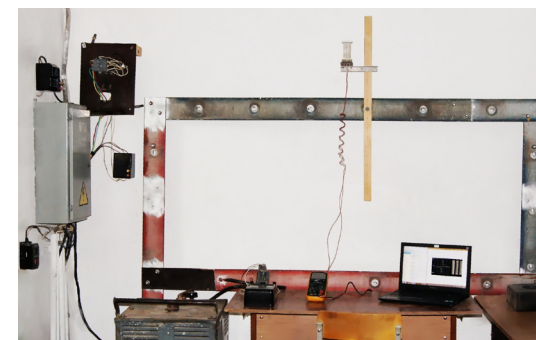


Рисунок 4 – Экспериментальная установка

- 1 **Федосеев, А. М.** Релейная защита электрических систем. – М. : Энергия, 1976. – 559 с.
- 2 **Беркович, М. А., Молчанов, В. В., Семенов, В. А.** Основы техники релейных защит. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 232 с.
- 3 **Казанский, В. Е.** Измерительные преобразователи тока в релейной защите. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 240 с.
- 4 **Новожилов, Т. А., Новожилов, А. Н., Волгина, Е. М.** «Измерение переменного тока в проводнике для нужд релейной защиты», Омский научный вестник, №3(147), 2016. – С. 67.
- 5 Отчет о результатах командирования специалистов России на 38-ю сессию Международной конференции по большим электрическим системам высокого напряжения (СИГРЭ). – М., 2001.
- 6 **Бессонов, Л. А.** Теоретические основы электротехники. – М. : Высшая школа, 1973. – 750 с.
- 7 **Новожилов, Т. А.** Развитие теории построения защит однофазных трансформаторов от витковых замыканий [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02: защищена 24.12.2015; утв. 15.04.2016 /Новожилов Тимофей Александрович. – 2016. – 130 с. – Библиогр.: С. 138-145.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*А. Н. Новожилов<sup>1</sup>, Е. М. Волгина<sup>1</sup>, Т. А. Новожилов<sup>2</sup>*

**Магниттік ток трансформаторларын қорғау жөніндегі пилоттық зерттеу үшін орнату**

<sup>1</sup>С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан;

<sup>2</sup>Омбы мемлекеттік техникалық университеті,

Омбы қ., Ресей Федерациясы.

Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*A. N. Novozhilov<sup>1</sup>, E. M. Volgina<sup>1</sup>, T. A. Novozhilov<sup>2</sup>*

**Installation for pilot studies on the protection of the magnetic current transformers**

<sup>1</sup>S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation.

Material received on 16.09.16.

*Магниттік трансформаторларды пайдалана жүйелерін табыстауда тәжірибелік зерттеу орнату үшін әзірленген және дайындалған. Эксперименттік зерттеулердің ықтимал қателер негізінде айқындалады және оларды азайту бойынша ұсыныстар жасалады: магниттік өрістері, орнату жолыдары, модельдеу әдісі.*

*The installation is designed and manufactured for an experimental study of relaying systems using magnetic transformers. There is proposed a method for modeling the magnetic fields of the installation path, which determines the possible errors of experimental studies and made recommendations to reduce them.*

УДК 621.311.25

**Е. Ж. Сарсикеев<sup>1</sup>, Р. М. Мустафина<sup>2</sup>, А. Ж. Сембиев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>к.т.н., ст. преподаватель, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана; <sup>2</sup>к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар; <sup>3</sup>магистрант, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана  
e-mail: <sup>1</sup>sarsikeev.ermek@yandex.ru

## **РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УЗЛА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АЗИМУТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ**

*В настоящей статье создана элементная база системы управления для ориентации солнечных батарей с востока на запад. Подробно приведены технические данные и спецификация электронных элементов с их размещением на монтажной плате, а также внешними подключениями. Результаты настоящей работы могут быть использованы при проектировании азимутального солнечного трекера на базе линейного электропривода.*

*Ключевые слова: солнечный трекер, ориентация, фотоэлектростанция, энергоэффективность, электроснабжение.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Внедрение автономных солнечных электростанций в сельской местности Казахстана осуществляется сравнительно очень медленными



темпами. Специализированные компании и предприятия, предоставляющие услуги в сфере монтажа автономных систем электроснабжения, в настоящее время недостаточно активно осуществляют внедрение солнечных электростанций в сельской местности, в том числе в связи с отсутствием специалистов, способных спроектировать и обосновать такую систему за умеренную плату. Услуги проектных организаций имеют большую цену и в большинстве случаев недоступны сельским жителям [1]. Важным сдерживающим фактором является недостаточная эффективность солнечных электростанций, вызванная отсутствием автоматической ориентации солнечных панелей по солнцу [2].

В последние годы широкое распространение получили солнечные трекеры, которые строятся на основе линейных приводов – актуаторов [3]. Системы слежения за Солнцем можно классифицировать по такому важному показателю, как количество осей. Одноосные трекеры имеют одну степень свободы, которая является осью вращения. Такие трекеры делятся на горизонтальные, вертикальные и наклонные [4, 5].

Ось вращения может быть вертикально ориентирована по отношению к земле. Эти трекеры вращаются с востока на запад в течение дня. Вертикальные одноосевые системы вращаются только вокруг вертикальной оси, панели на них закрепляются вертикально под фиксированным, регулируемым углом наклона.

Менее распространены трекеры с двумя осями вращения. Такие трекеры имеют две степени свободы, которые выступают в качестве осей вращения.

Учитывая назначение разрабатываемой системы и ее предполагаемое использование в фермерских хозяйствах Казахстана, необходимо ориентироваться на достижение наименьшей стоимости и простоты конструкции. Наиболее перспективным по минимальному соотношению цены и качества является применение в этих системах наиболее дешевых устройств линейного привода – актуаторов. Наибольшую популярность имеют конструкции на основе общей для группы панелей рамы, ориентированной по углу места, на которой монтируются поворотные платформы для панелей. Поворотные платформы панелей имеют общий линейный привод для их ориентации по азимуту [3].

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящей работе представлены результаты выбора электрической части системы управления ориентацией солнечных батарей.

Совокупность механических устройств системы управления ориентацией солнечных панелей в разработанной конструкции образована следующими составными частями (рисунок 1):

- 1 – опорной горизонтальной рамой с грунтовыми упорами;
- 2 – наклонной рамой с регулированием угла наклона;
- 3 – поворотной платформой для солнечной панели;
- 4 – верхним узлом вращения поворотной платформы солнечной панели;
- 5 – нижним узлом вращения поворотной платформы солнечной панели;
- 6 – регулируемым упором ( левым и правым);
- 7 – трехпозиционным сезонным регулятором наклона;
- 8 – силовым элементом механического управления поворотом платформ;
- 9 – механическим линейным приводом (актуатором).

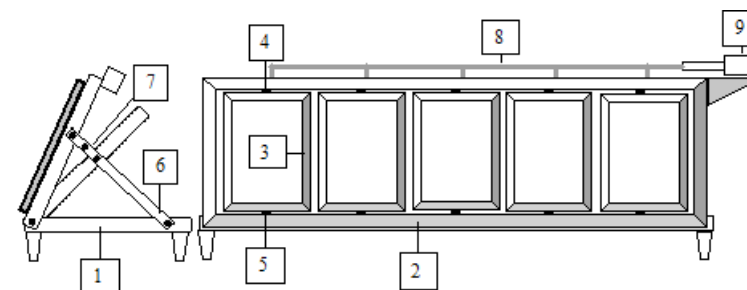


Рисунок 1 – Конструкция солнечных батарей с азимутальным трекером

Электродвигатель актуатора постоянного тока с номинальным напряжением 12 вольт подключен к системе управления по схеме H-моста, который позволяет коммутировать прямой и обратный ток до 20 А при изменении напряжения питания от 6 до 15 В.

Мостовая схема позволяет оперативно варьировать прямое и обратное вращение ротора двигателя в целях более точной ориентации на солнце. Наиболее распространенной нагрузкой, используемой с H-мостами, являются коллекторные моторы постоянного тока с независимым возбуждением от постоянных магнитов. К этому типу моторов относится большинство электродвигателей актуаторов. В данной системе используется актуатор с электродвигателем постоянного тока напряжением 12 В и мощностью 100 Вт. На рисунке 2 представлена схема H-моста на полевых транзисторах IRFZ40.

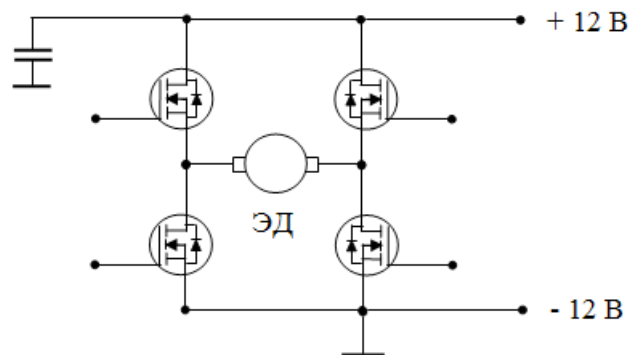


Рисунок 2 – Схема H-моста на полевых транзисторах IRFZ40

Управление МДП транзисторами осуществляется с использованием специальных микросхем, которые учитывают заряд затвора. Для управления мощными МДП транзисторами H-моста использована интегральная микросхема MAX620 производства компании Maxim Integrated Products. Схема подключения микросхемы для управления транзисторами H-моста представлена на рисунке 3.

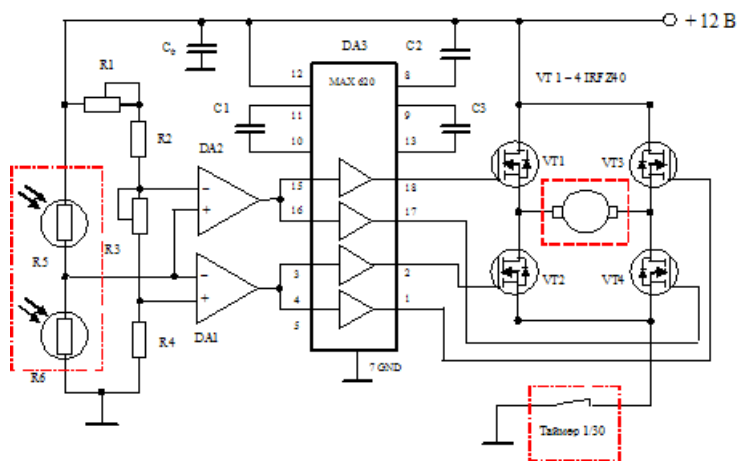


Рисунок 3 – Схема электронного узла

На схеме выделены красной пунктирной линией устройства, которые монтируются отдельно и дистанционно от основной схемы.

Это фоторезисторы, которые размещаются в оптическом датчике, электродвигатель актуатора, который размещен в его корпусе, силовая группа исполнительных контактов таймера, регулирующего режим работы поворотных устройств.

Для определения конфигурации схемы, которая может быть размещена на печатной плате, необходимо исключить указанные элементы с формированием мест их электрического дистанционного подключения электрическими кабелями.

Для сборки электронной схемы применяется технология печатного монтажа электронных компонентов. Печатная плата и внешние подключения для схемы электронного узла представлена на рисунке 4.

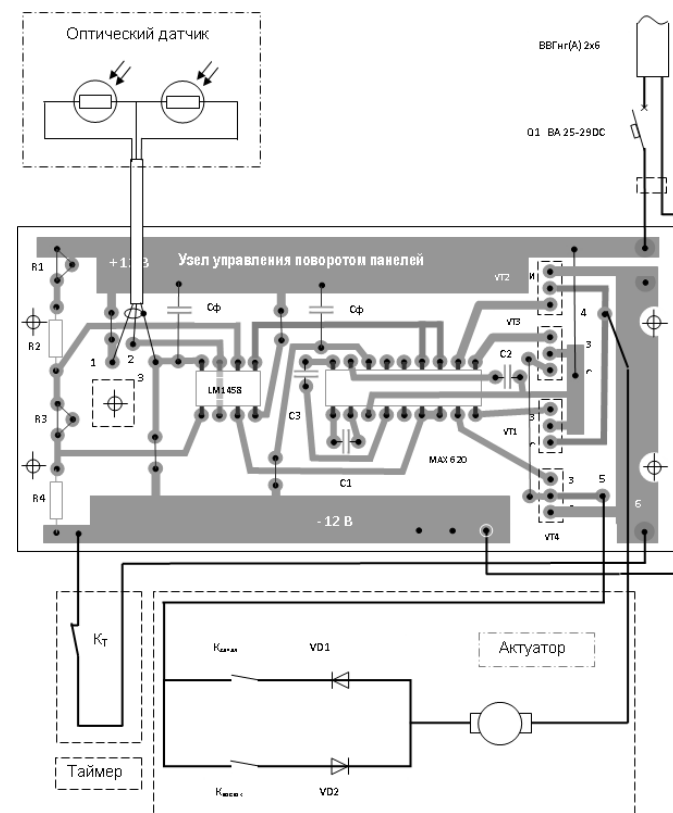
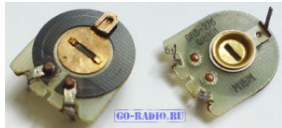


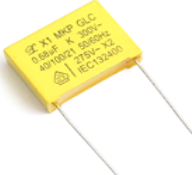


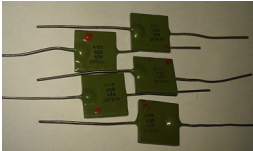

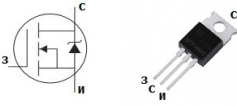

Рисунок 4 – Печатная монтажная плата электронного узла и внешние подключения

Внешние подключения печатной платы реализуются в соответствии с общей схемой. Подключение оптического датчика производится экранированным сигнальным кабелем с медными проводниками СБЗПу 2x2x 0.9 мм<sup>2</sup>. Экранирующий слой – алюминиевая лента, покрывающая контактную проволоку. Питающий медный кабель рассчитан на максимальную нагрузку 24 А и имеет сечение не менее 6 мм<sup>2</sup> из расчета плотности тока 4 А/мм<sup>2</sup>. Планируемые рабочие токи составят от 12А до 16 А. Запас по токовой нагрузке составит не менее 50 %.

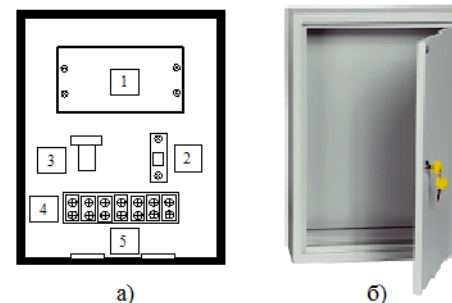
В качестве компонентов электронной схемы применяются серийные изделия с допуском точности номинала 5 % и предназначенные для использования в таких устройствах, спецификация которых представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Спецификация элементов электронной схемы

Схемное обозначение	Марка элемента	Внешний вид
R1	СПЗ-276 100 кОм	
R3	СПЗ-276 20 кОм	
R2	C2-33 15 кОм 0.5 Вт 1%	
R4	C2-33 47 кОм 0.5 Вт 1%	
R5	LDR 0.7 50кОм	
R6	LDR 0.7 50кОм	
C <sub>φ</sub>	МКР Х1 0.68 мкФ	

Схемное обозначение	Марка элемента	Внешний вид
C1	КМ-5А-Н90 0.047 мкФ 50 В	
C3	КМ-5А-Н90 0.047 мкФ 50 В	
C2	К50-35 1 мкФ 25 В	
VT 1-4	IRFZ40	
DA1	LM1458	

Для монтажа оборудования используется щит ИЕК ЩМП-2-1. План размещения оборудования в щите и его внешний вид показаны на рисунке 5.



1 – Печатная плата электронного блока, 2 – АВ ВА 25-29DC, 3 – Реле времени РЕГТАЙМ-3-60-1800, 4 – клемная колодка, 5 – герметичные вводы корпуса

Рисунок 5 – План размещения в щите (а) и его внешний вид (б)

Щит автоматического управления с электронным оборудованием закреплен на наклонной раме на кронштейне актуатора (рисунок 6):

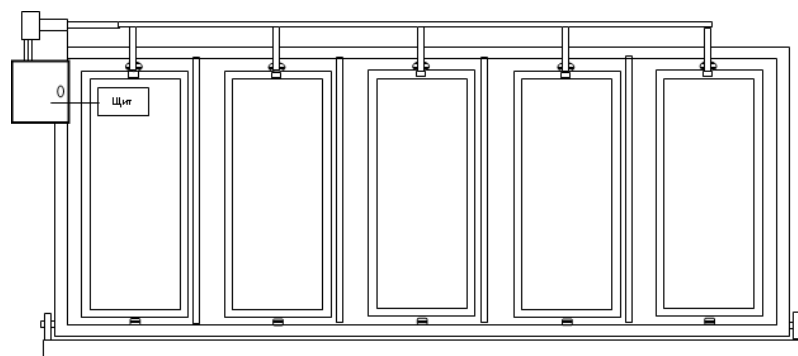


Рисунок 6 – Размещение щита управления на наклонной раме

Закрепление оптического датчика на вертикальном кронштейне на уровне выше верхней кромки поворотной панели обеспечивает видимость датчика с востока в любом положении панелей, в том числе ориентированных на запад. Подключение сигнального кабеля к датчику должно осуществляться с учетом требований к изгибам кабеля с применением двух петлевых витков кабеля, размещаемых над датчиком, и выполняющих функции демпфера защиты от повреждений кабеля в процессе многократных поворотов.

### ВЫВОДЫ

Таким образом, учитывая требования по энергетической эффективности системы, в конструкции использованы энергосберегающие технические решения:

1. Использован один общий электропривод для группы панелей.
2. Для питания электропривода использован номинальное напряжение аккумуляторов солнечной электростанции 12 В в целях исключения потерь энергии при преобразованиях в инверторе 12/220 В и выпрямителе 220/12 В.
3. Вместо возможного режима непрерывного отслеживания положения солнца использован режим периодической коррекции ориентации солнечной панели 1 раз в 30-40 минут. Продолжительность коррекции определяется и ограничена таймером.
4. В конце диапазона изменения ориентации панелей применяется концевой выключатель, блокирующий безуспешные попытки изменения ориентации панелей в период захода солнца, скрывающегося за горизонтом.
5. Разработанную систему управления можно использовать во все сезоны.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Расчет ресурсов солнечной энергетики / В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина, С. В. Кривенкова, В. А. Кузнецова, Н. К. Малинин; под. ред. В. И. Виссарионова. – М. : Изд-во МЭИ, 1998. – 61с.
- 2 **Виссарионов, В. И.** Солнечная энергетика / В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина, В. А. Кузнецова, Н. К. Малинин. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008. – 276 с.
- 3 **Ахметшин, А. Т.** Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук «Повышение эффективности автономных солнечных фотоэлектрических установок для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей». – Уфа, 2016.
- 4 **Петрусёв, А. С., Сарсикеев, Е. Ж., Ляпунов, Д. Ю.** Разработка технических средств повышения эффективности солнечных установок // Вестник науки Сибири, 2015 – № Спецвыпуск (15). – С. 77-82. – Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/1201>.
- 5 **Адрианова, Л. П.** Солнечная электростанция с азимутальным слежения за солнцем / Л. П. Адрианова, А. Е. Тукбаева // Труды международной научно-технической конференции, «Энергообеспечение и Энергосбережение в сельской местности», 2010. – № 4. – С. 98-103.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*Е. Сарсикеев<sup>1</sup>, Р. Мустафина<sup>2</sup>, А. Сембиев<sup>1</sup>*

**Күн батареялары бағытындағы азимуталды жүйесінде басқарудың электронды торабында әзірлеу**

<sup>1</sup>С. Сейфуллин атындағы Агротехникалық университеті, Астана қ.

<sup>2</sup>С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;

Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*E. Sarsikeev<sup>1</sup>, R. Mustafina<sup>2</sup>, A. Sembiev<sup>1</sup>*

**Development of the electronic control device for azimuth orientation system of solar panels**

<sup>1</sup>S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Astana;

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

Material received on 16.09.16.

Мақалада басқару желісінің күндік батарея бағытында шығыстан батысқа қарай бағытталған элементтік негізі құрылды. Техникалық мәліметтер, электронды элементтердің сипаттамасы және олардың орнату платасында орналасуы, сонымен қатар олардың ішкі қосылуы егжей-тегжейлі келтірілген. Осы жұмыстың нәтижелерін сызықты электр жетегі негізінде азимуталды күндік трекерді жобалау барысында қолдануға әбден мүмкін.

*In this paper the element base of control systems for the solar panel orientation from the east to the west is developed. The technical conditions and specifications of electrical components are properly considered with their placement on the circuit board as well as external connections. The results of the current work can be used in the development of azimuth solar tracker on the base of line electrical drive.*

УДК 691.5

**В. Т. Станевич<sup>1</sup>, А. Н. Жаканов<sup>2</sup>,  
Б. Ч. Кудрышова<sup>3</sup>, К. Жуманова<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>к.т.н., профессор, <sup>3</sup>к.т.н., асоц.профессор, <sup>4</sup>магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар; <sup>2</sup>преподаватель, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана  
e-mail: <sup>1</sup>svt\_18@mail.ru

### **ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОКСИТОВЫХ ШЛАМОВ ПАВЛОДАРСКОГО АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА В СТРОЙИНДУСТРИИ**

*В статье рассмотрены вопросы и технико-экономические перспективы использования в строительстве бокситовых шламов глиноземного производства.*

*Обоснована высокая потенциальная эффективность их применения в стройиндустрии.*

*Ключевые слова: промышленные отходы, бокситовый шлам, строительные материалы.*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Непрерывный рост промышленности влечет за собой увеличение техногенного воздействия на окружающую среду в виде накапливающихся отходов производства. Это делает актуальной проблему утилизации отходов путем использования их в строительных материалах.

В Казахстане накопление твердых отходов, прежде всего промышленных, связано с ресурсодобывающей и перерабатывающей специализацией промышленного комплекса. По разным оценкам в республике уже накоплено твердых отходов более чем 20-22 млрд. тонн, и ежегодный их прирост составляет 1 млрд. тонн.

Например, при производстве 1 тонны глинозема образуется 2-6 тонн шламовых отходов [1].

В связи с имеющейся тенденцией к увеличению объемов производства требуются дополнительно значительные площади под отвалы, что весьма проблематично. В результате удлиняются и усложняются трассы шламопроводов, растет стоимость их эксплуатации и содержания.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Так, капитальные затраты в гидрошламоудаление составляют в среднем 15-19 % от их общего уровня, а эксплуатационные издержки – порядка 12-16 %.

Кроме того, следует учитывать: шламовые отходы содержат значительное количество остаточных водорастворимых щелочных соединений, которые, просачиваясь в почву и попадая вместе с грунтовыми водами в естественные водные источники, загрязняют их и наносят непоправимый урон флоре и фауне. Необходимо также иметь в виду, что шламовые отходы глиноземных производств находятся в тонкодисперсном состоянии (размер частиц 10-25 мкм, и являются источником загрязнения окружающей среды пылевидными частицами.

Актуальность проблемы утилизации шламов глиноземного производства диктуется необходимостью хотя бы частичного решения экологических вопросов в местах их складирования.

В то же время, значительные объемы шламоохранилищ предполагают возможность организации предприятий по комплексной их переработке, экономическая эффективность которой должна определяться с учетом снижения стоимости основных видов продукции (глинозема) за счет сокращения затрат на транспортирование отходов, организацию и содержание отвалов, а также с учетом реализации дополнительной продукции.

Впервые исследования шламов глиноземного производства с целью их использования в строительных материалах были начаты в 30-е годы прошлого столетия в лаборатории вяжущих веществ Ленинградского отделения ВИСМ и получили дальнейшее развитие в работах ГипроЦемента, НИИЦемента, ВАМИ ЛТИ им. Ленсовета и др.

Исследователи Великобритании разработали технологию получения цемента на основе бокситового шлама и неочищенного мела.

Германская фирма «Ферайнигте алюминииум веерке» применяет шлам в производстве керамзита для снижения температуры спекания шихты. Строительные фирмы Японии получают на основе шлама бетонные смеси для дорожного строительства и различные композиции для производства прессованных стеновых изделий. Австралийские и Индийские исследователи определили, что бокситовый шлам в смеси с углистым сланцем пригоден для изготовления облицовочной плитки, пигментов, лаков. Имеющиеся на сегодняшний день разработки строительных материалов на основе шлама не связаны общим направлением, недостаточно систематизированы. Всё это вызывает настоятельную необходимость проведения целенаправленных комплексных исследований как самого шлама, так и материалов на его основе.

Химические составы проб шлама, отобранных из шламоотвалов Павлодарского Аллюминиевого завода, и химический состав свежего шлама, поступающего из производственного цикла приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав шламов Павлодарского аллюминиевого завода, %

Пробы шлама	R <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	всего
Отвального	2,0	4,3	19,5	23,0	42,7	3,2	95
Из шламопровода	2,6	6,3	16,3	27,29	34,87	3,88	99,5

Анализ приведенных данных показывает, что состав проб, отобранных с разных участков шламоотвала, значительно отличается от состава исходного шлама, что связано в основном с естественным фракционированием шлама при формировании шламоотвала, а также с процессами, происходящими непосредственно при хранении шлама на шламовом поле. Могут также происходить реакции между твердой фазой шлама и подшламовой водой, содержащей щелочных ионов до 10 г/л.

Гранулометрический состав шламов определяется особенностями технологии переработки бокситов и, в частности, передела выщелачивания. Для шламов байеровского процесса характерна высокая дисперсность, тогда как шламы от выщелачивания спеков имеют широкий диапазон фракционного состава – от микронных частиц до фракций песка.

Гранулометрический состав спекательного шлама Павлодарского Аллюминиевого завода характеризуется большим содержанием крупных фракций – частиц размеров > 58 мкм во всех пробах шлама более 92,5 %; диапазоны фракционного состава таковы, %: < 20 мкм 2,1-27,7; 20-67 мкм 2,6-19,9; 67-125 мкм 9,3-26,6; 125-400 мкм 11,4-31,4; 400-500 мкм 2,5-7,2; >500 мкм 2,7-8,3. Плотность такого шлама 3,00-3,16 г/см<sup>3</sup>.

Удельная поверхность высокодисперсных шламов байеровской ветви технологического процесса переработки бокситов, характеризующихся содержанием частиц < 5 мкм 50-75 %, составляет 10-20 м<sup>2</sup>/г, причем значение удельной поверхности коррелируется с содержанием частиц мелкой фракций. Для спекательных шламов наблюдается иная закономерность – при большом содержании крупных фракций значение удельной поверхности также велико, что объясняется высокой микропористостью шлама, сформировавшегося при выщелачивании спеков. Удельная поверхность отвальных шламов Павлодарского Аллюминиевого завода составляет 5,5-34,0 м<sup>2</sup>/г [2].

На базе «спекательных» бокситовых шламов могут быть получены бесклинкерные (или с минимальным содержанием клинкера) гидравлические вяжущие самой широкой номенклатуры: глиношламовый порошок,

белитовый цемент, гипсошлакобелитовые вяжущие, известково-шламовые низкомарочные цементы, смешанные гидравлические гипсы, зольно-шламовые и песчано-шламовые смеси для плотных силикатных бетонов и автоклавных ячеистых бетонов, местные шламокарбонатные портландцементы и др., возможность организации производства которых в настоящее время к сожалению, даже не обсуждается.

Одним из рациональных решений проблемы утилизации бокситового шлама является использование его для получения эффективных строительных материалов по безобжиговой технологии. Сущность ее заключается в осуществлении процесса, противоположного обжигу – углублении гидратации шлама в дисперсном состоянии с целью получения гидратов с нестабильной структурой т.е. создание вяжущих контактно-конденсационного твердения.

Вяжущее контактного твердения из бокситового шлама представляет собой порошкообразное вещество, получаемое путем мокрого помола шлама его гидратации в дисперсном состоянии при нормальных или повышенных температурах и последующего удаления физической воды. Помимо степени гидратации исходного шлама на свойства вяжущего оказывают влияние такие технологические факторы безобжиговой переработки шлама, как условия и температура его гидратации, влажность пресс порошка при прессовании, степень сближения частиц (усилие прессования). Установлено, что прочность камня после прессования возрастает практически пропорционально увеличению прилагаемого давления, например, с 10 МПа (при давлении 30 МПа) до 30 МПа (при нагрузке 100 МПа). С достижением максимальной степени предварительной гидратации бокситового шлама уменьшается и величина максимального давления прессования, сразу после снятия которого полученный камень обладает водостойкостью. Так камень из полностью гидратированного в дисперсном состоянии шлама становится водостойким сразу после прессования при давлении 2 МПа, а из гидратированного по поверхности – при 18 МПа. Регулируя влажность пресс порошка можно почти в 2 раза увеличивать прочность материала сразу после прессования. Для каждого усилия прессования и дисперсности существует своя оптимальная влажность которая находится в пределах 8-18 %. Прочность после прессования возрастает с течением времени. Интенсивность набора прочности зависит от условий последующего хранения материала и технологических параметров получения водостойкого камня при прессовании.

Путем введения в бокситовый шлам различных модифицирующих добавок и безобжиговой переработки смеси можно получить вяжущее обладающее способностью как к контактному, так и гидратационному твердению.

Наиболее эффективна эта технология при производстве мелкоштучных и фасонных строительных изделий. Себестоимость их будет находиться в пределах 20-30 тенге/шт., причем изделия будут иметь прочность 6-13 МПа, морозостойкость – не менее 35 циклов попеременного замораживания и оттаивания.

Определенный интерес представляют смеси для мелкоштучных изделий, состоящие на 99,3 % из молотого щелочного бокситового шлама и кислых золошлаковых смесей (или зол-уноса) от сжигания экибастузских углей. На основе этих смесей выпущены опытные партии безобжиговых неавтоклавных стеновых камней и кирпича прочностью при сжатии до 15 МПа, средней плотностью 1200-1600 кг/м<sup>3</sup>, морозостойкостью не менее 35 циклов и коэффициентом теплопроводности 0,4-05 Вт/м\*К. Отличительной особенностью кирпича и стеновых камней является способность к дополнительному набору прочности в процессе хранения и эксплуатации [3, 4, 5]. Себестоимость условного кирпича при годовой программе в 30 млн. штук и более составит 10-14 тенге за штуку при организации такого производства на ОАО «Алюминий Казахстана» в г. Павлодаре, где выбрасываются в отвалы два основных сырьевых компонента.

Следует отметить, что смеси с применением молотого бокситового шлама весьма чувствительны не только к химической, но и к физико-механической активации. К примеру дезинтеграторная обработка таких смесей перед прессованием кирпича и др. материалов приводит к увеличению прочности при сжатии в 3-5 раз, поэтому их технологии должны включать эту операцию.

Молотый бокситовый шлам рационально применять как один из составных компонентов силикатного кирпича, ячеистых бетонов автоклавного твердения и сухих строительных смесей (ССС) различного назначения [6]. Опыт практического применения бокситового шлама в бетонах автоклавного твердения имеется на бывшем КЖБИ-4 г. Павлодара [7].

Одной из актуальных проблем современного строительства является всемерное повышение уровня тепловой защиты зданий. В развитых странах Европы и Америки имеются прецеденты сокращения мощностей по обогреву жилья до 3 кВт-ч/м<sup>2</sup>, что адекватно сжиганию приблизительно 3 кг условного топлива. В странах СНГ со сходными климатическими условиями, этот показатель составляет около 90 кг (на 1 м<sup>2</sup> жилой площади).

Для улучшения существующего положения необходимо снижать теплопроводность стенового ограждения за счет:

- устройства многослойной стены с теплоизоляционной вставкой;
- устройства однослойной конструкции из легкого бетона с использованием эффективного пористого заполнителя.

Средняя насыпная плотность большинства природных и искусственных пористых заполнителей для легких бетонов превышает  $200 \text{ кг/м}^3$ , а коэффициент теплопроводности колеблется от 0,08 до 0,19 Вт/м °С. Исключением можно считать лишь пенополистирол, вспученные перлит и вермикулит. Однако и они не лишены ряда существенных недостатков. Так, своеобразная форма зерен и сильно развитая удельная поверхность вспученного перлита обуславливают высокую сорбционную способность, что приводит к увеличению водотвердого отношения. В результате плотность и теплопроводность бетонов повышаются, а прочность понижается. Существенными недостатками гранулированного пенополистирола являются его низкая термостойкость и горючесть.

Наиболее распространенным по объемам производства искусственным пористым заполнителем для легких бетонов является керамзит, насыпная плотность которого в среднем  $580\text{--}650 \text{ кг/м}^3$ , что позволяет получать бетон на его основе плотностью не менее  $1200\text{--}1250 \text{ кг/м}^3$ , а это уже не удовлетворяет современное строительство.

В то же время на базе отвалных шламов производства глинозема можно получить искусственный пористый заполнитель средней насыпной плотностью  $80\text{--}300 \text{ кг/м}^3$ , имеющий форму зерен близкую к сферической (с минимальной площадью поверхности), характеризующийся высокой адгезией к минеральным и органическим связующим, термостойкий и негорючий.

Рациональные области применения заполнителя следующие: производство высокоэффективных теплоизоляционных материалов и изделий на минеральных и синтетических связках для стенового ограждения зданий; изготовление акустических материалов, защитных покрытий, штукатурок, декоративных изделий и конструкций; изготовление ог-незащитных покрытий для тепловой изоляции промышленного оборудования, трубопроводов и специальных коммуникаций.

На базе этого заполнителя предполагается получение тепло- и конструкционно-теплоизоляционных материалов плотностью от 100 до  $600 \text{ кг/м}^3$ , теплопроводностью 0,07-0,10 Вт/м °С, что позволит уменьшить толщину наружных стен при обеспечении нормативного уровня термического сопротивления до 18 см, существенно снизить массу стен и на-грузку на фундаменты, сократить трудо-, энерго- и капиталоемкость строительства.

Преимуществом предлагаемой технологии можно считать существенное снижение энергоемкости производства, обусловленное относительно низкой температурой вспучивания шламового бисера, а также возможность организации выпуска продукции по двухстадийной схеме, согласно которой на первой стадии производится изготовление гранулята заданной

фракции, а на второй – его вспучивание (по аналогии с производством пенополистирола). Бесспорным достоинством технологии является возможность организации производства на существующих линиях без значительной реконструкции и переделки технологического оборудования. Практически все производственное оборудование может быть изготовлено на местных машиностроительных предприятиях.

Одной из особенностей фазово-минералогического состава бокситовых шламов глиноземного производства является относительно высокое содержание водорастворимых щелочных соединений, которые при определенных условиях могут проявить себя в виде «высолов» на поверхности изделий. Так, например, в шламе Павлодарского алюминиевого завода их количество составляет – 2,4-4,5 %.

Для удаления щелочей разработаны различные способы предварительной обработки шлама (например, многократная промывка шлама, прокаливание при  $T = 800\text{--}900 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Однако, они довольно трудо- и энергоемки к тому же не позволяют полностью избавиться от щелочей. Эффективной в этом плане является автоклавная обработка бетонов, изготовленных на шламобелитовом вяжущем или использование различных способов химического связывания щелочных соединений введением компонентов алюмосиликатного состава.

В связи с этим довольно перспективным оказывается использование бокситовых шламов в основаниях и нижних конструктивных слоях дорожных одежд. В этом случае «высолы» не играют столь существенной роли, как в ограждающих конструкциях зданий и сооружений. Не сказывается столь отрицательно и замедленная гидратация двухкальциевого силиката, содержащегося в шламе в большом количестве. Были проведены лабораторные исследования и опытно-производственные работы, показавшие возможность и экономическую целесообразность использования бокситового шлама глиноземного производства для устройства укрепленных оснований дорожных одежд. Опыт практического применения бокситовых шламов в дорожном строительстве имеется в Павлодарской и Омской областях.

Эффективно использование бокситовых шламов в качестве основного компонента смешанного вяжущего для закладки горных выработок. Соответствующие исследования в этих направлениях были выполнены еще в 70-80 годы прошлого века, однако, результаты их практического применения не нашли.

## ВЫВОДЫ

1. Отвалы шламы глиноземного производства относятся к группе отходов промышленности, характеризующихся комплексом ценных свойств. Любые задержки с их утилизацией приводят к росту капитальных



и эксплуатационных затрат на их удаление, хранение, а также на предотвращение вредных воздействий на окружающую среду.

2 Одним из главных направлений утилизации отвальных шламов глиноземного производства можно считать разработку и промышленное освоение технологий бесклинкерных (или с минимальным содержанием клинкера) гидравлических вяжущих в т.ч. и контактно-конденсационного твердения, а также эффективных добавок-разбавителей цементов, позволяющих увеличить ресурсы вяжущего в 3-5 раз.

3 Экономически целесообразна организация производства кирпича, стеновых камней, сухих строительных смесей, шпатлевок и других материалов на базе щелочного бокситового шлама и кислых золошлаковых смесей ОАО «Алюминий Казахстана» г. Павлодара. При разработке технологий материалов из сырьевых смесей на основе бокситовых шламов следует предусматривать операции по их химической и физико-механической активации.

4 На базе отвальных бокситовых шламов технически и технологически возможна организация широкомасштабного производства особо легкого искусственного пористого заполнителя для бетонов и высокоэффективных тепло- и звукоизоляционных материалов.

5 Широкие перспективы утилизации бокситового шлама раскрываются при использовании его в дорожном строительстве, тем более, что и в этом направлении имеется уже положительный опыт в Павлодарской и Омской областях.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Пальгунов, П. П., Сумароков, М. В. Утилизация промышленных отходов. – М. : Стройиздат, 1990. – 352 с.

2 Рекомендации по применению бокситовых шламов глиноземного производства в бетонах и строительных растворах. НИИИЖБ Госстроя СССР, ОНИП Госстроя Каз ССР. – М., 1990. – 28 с.

3 Пат. 13593 Республика Казахстан. МКИ<sup>3</sup> С 0,4 В 7/24, 40/00. Сырьевая смесь для изготовления мелкоштучных изделий / В. П. Михайловский, В. Н. Христенко (Республика Казахстан). – № 940419.1, Заявлено 11.04.94, Опубл. 16.06.97. Бюл. № 2. – 4 с.

4 Михайловский, В. П. Бесцементные, безавтоклавные строительные материалы на базе золошлаковых отходов ТЭЦ и бокситового шлама / Материалы XXIV Межд. конф. по бетону и железобетону 19-26 апреля, 1992 «Кавказ-92». – М. : Стройиздат, 1992. – С. 187.

5 Михайловский, В. П., Христенко, В. Н. Бесцементные, безавтоклавные строительные материалы на базе золошлаковых отходов ТЭЦ и бокситового шлама Павлодар-Экибастузского региона / Проблемы комплексного развития регионов Казахстана. Пленарные доклады: Материалы межд. науч. -тех. конф. 5-7 декабря, 1996. – Алматы : Казгос. ИНТИ, 1996. – 4.1 – С. 138-139.

6 Михайловский, В. П., Христенко, В. Н. Применение бокситового шлама и золошлаковых отходов для производства сухих смесей // Наука и новая технология в развитии Павлодар-Экибастузского региона. – Алматы : Гылым, 1993. – 4.2. – С. 55-56.

7 Паримбетов, Б. П., Требухина, Н. А. Бокситовые шламы – сырье для производства автоклавных бетонов Стройиздат. – Тула, 1980. – 105 с.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*В. Т. Станевич<sup>1</sup>, Ә. Н. Жақанов<sup>1</sup>, Б. Ч. Кудрышова<sup>1</sup>, К. Жуманова<sup>2</sup>*

**Павлодар Алюминий зауытының боксит шламын құрылыс индустриясында ықтимал бағытта пайдалану**

<sup>1</sup>С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

<sup>2</sup>Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ.

Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*V. T. Stanevich<sup>1</sup>, A. N. Zhakanov<sup>1</sup>, B. Ch. Kudrisha<sup>1</sup>, K. Zhumanova<sup>2</sup>*

**Possible areas of use of the bauxite slurries from Pavlodar aluminium plant in the construction industry**

<sup>1</sup>S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar;

<sup>2</sup>L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana.

Material received on 16.09.16.

*Бұл мақалада глинозем өндірісінің боксит шламын техника-экономикалық келешегінде құрылыста пайдалану сұрақтары қарастырылған. Құрылыс индустриясында оларды пайдаланудың жоғары потенциалды тиімділігі дәлелденген.*

*The article considers the questions and technical and economic prospects for use of bauxite slurries of alumina production in the construction. Justified the high potential efficiency of their application in the construction industry.*

**П. Ә. Таңжарықов<sup>1</sup>, Г. Б. Амангельдиева<sup>2</sup>, Т. Боранбаев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>т.ғ.к., профессор, <sup>2</sup>магистр, оқытушы, <sup>3</sup>магистрант, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университеті, Қызылорда қ.  
e-mail: <sup>1</sup>Pan\_19600214@mail.ru; <sup>2</sup>Amangeldieva74@mail.ru;  
<sup>3</sup>Toremurat-93@mail.ru

## **МҰНАЙ ГАЗ САЛАСЫНЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ СЕНІМДІЛІГІНІҢ СИПАТТАМАЛАРЫН БАСҚАРУ ЖӘНЕ БАҚЫЛАУ ӘДІСТЕРІ**

*Бұл жұмыста мұнайгаз саласында пайдалануға қабылданған заманауи өлшем және диагностикалық жүйелерінің техникалық мүмкіндіктері, өндірістік ақпаратты жинау мен өңдеу әдістері, мұнайгаз жабдықтарының сенімділік сипаттамалары және техникалық күйін болжау мен бақылау үшін математикалық модельдер салу әдістері келтірілген. Сонымен бірге берілген жұмыста көмірсутектерді өндіру мен тасымалдау жүйелеріне техникалық күтім мен жөндеу жасау іс-шараларын жоспарлау үшін оңтайландыру әдістерінің мүмкіндіктері қарастырылған.*

*Кілтті сөздер: мұнайгаз, техника, математикалық модель, энергия, кенорын.*

Техникалық игеру және пайдалану кезіндегі техникалық қондырғылардың қызмет етуінің сенімділігі мен тиімділігін жоғарылату өзекті мәселе болып табылады. Бұл осы саланың еліміздің экономикасындағы ерекше рөлімен, сондай-ақ өндірістің потенциалды қауіптілігі мен соңғы жылдары күшейген экологиялық талаптармен байланысты. Сонымен қатар, негізгі өндірістік қорлардың тозуы, кенорындары өнімдерінің азаюы, шикізаттың шығарылуының қиындауы жүйенің бүтіндей алғанда тепе-теңдігінің бұзылуына әкеледі. Бұл жұмыстық сипаттамалардың жобалық жұмыстардан ауытқуларымен көрсетіледі (құбырлық жүйелердің өндіргіштігі, энергетикалық объектілердің қуаты және басқалары). Қалыптасқан жағдайларда өндірістің сенімділігімен қауіпсіздігінің жоғары деңгейін ұстап тұру үшін төмендегідей мәселелерді шешу талап етіледі:

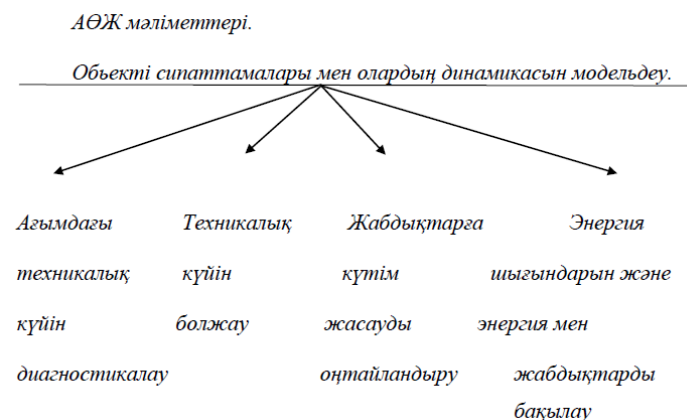
– Өндірістің барлық элементтерінің техникалық күйін тұрақты бақылауды қамтамасыз ету (құбырлар тораптар, энергетикалық қондырғылар);

– Статистикалық және ретроспективті талдау үшін бақыланатын сипаттамалар бойынша мәліметтер базаларын жасау;

– Техникалық элементтер, құрылғылар және жүйелер үшін жаңа диагностикалық сипаттамаларды жасау, сондай-ақ диагностикалық мәліметтерді өңдеудің әдістерін жетілдіру;

– Жүйенің және оны құрайтын бөлшектерінің дамуын болжай алу мүмкіндіктері бар математикалық модельдерді жасау.

Қазіргі уақытта аталып өткен мәселелерді шешу үшін объективті шарттар пайда болды. Бірінші кезекте олар мұнай газ технологияларына микропроцессорлық техниканы ендірумен түсіндіріледі, ол өндірістік ақпаратта 5-10 жыл бұрын қол жетімдігі қарағанда салыстыруға болмайтындай сапалық және сандық қатынастарды алуға мүмкіндік береді. Ақпараттық – өлшеу жүйелері (АӨЖ) шектеусіз уақыт ішінде өндірістік мәліметтерді алуға, жинауға және сақтауға, мүмкіндік береді. Олар жабдықтардың жұмысының тек қана ағымдағы сипаттамаларын ғана қарастырып қоймай диспетчерлік қызметтердің мәліметтерінің электрондық базалары да есепке алынады. Ерекше назар мәліметтерді өңдеудің жаңа математикалық әдістерін жасауға және олардың негізінде қазіргі уақытта қолданылуы мүмкін болған техникалық жүйелердің модельдерін жасауға қойылуы тиіс: оларға синергетика мен динамикалық бей-берекетсіздік әдістері, ілімдік-ойындық әдістер, нейрондық желілер және жасушалық (торкөздік) автоматтар және де экономика мен қаржылар, метеорология, геофизика, төтенше жағдайларды болжау секілді салаларда жемісті қолданылатын, алайда өнеркәсіптік салаларда кеңінен қолдануды таба алмаған басқа да әдістер пайдаланылуы тиіс [1]. Мұнайгаз саласы кәсіпорындарының сенімділігі мен тиімділігін жоғарылатудың мәселесінің жалпы құрылымы оңайлатылған схема түрінде келтірілген.



Мәселені қою мен шешу үшін АӨЖ бастапқы мәліметтері қажет болып табылады, олардың негізінде объектілер сипаттамаларын және олардың уақыт ішінде даму үдерістерін суреттейтін математикалық модельдер салынады. Мұндай модельдер ретінде жабдықтардың сенімділік көрсеткіштері, объектінің ағымдағы техникалық күйін сипаттайтын параметрлер немесе белгілі бір технологиялық үдерістің тиімділігін анықтайтын бөлек сипаттама (отынның немесе басқа да энергия қорының, ПЭК, жабдықтардың техникалық күйінің коэффициенті және т.с.с.) қарастырылады. Техникалық жүйенің, бөлек объектінің, жабдық бірлігінің немесе оның түйінінің адекватты моделін салудың мақсаты: техникалық сипаттамалардың өзгеруін немесе уақыт ішінде сенімділік сипаттамаларын болжауға қол жеткізу болып табылады. Өз кезегінде, болжау, техникалық күтім жасау, жөндеу іс-шараларын жоспарлау, жөндеу-техникалық қызметтерін қажетті жабдықтармен қамтамасыз ету және жабдықтардың резервті қорын жинақтау бойынша негізделген шешімдерді қабылдауға мүмкіндік береді. Кәсіпорындардың пайдаланылуының және энергетикалық тиімділігін жоғарылату мәселесінің ажырамас бөлігі болып, энергия мен жабдықтаудың тиімді әдістерін жасау болып табылады [2]. Көмірсутектік шикізаттың өзіндік құнындағы энергетикалық құраушысы 15 % жетеді, ал мұнайгаз саласындағы технологиялық үдерістердің үздіксіздігі энергиямен жабдықтаудың үздіксіздігімен тікелей байланысты.

Кәсіпорындардың тиімділігін жоғарылату мәселесі, тек қана аталып өткен мәселелердің бүкіл кешенін шешу жолы арқылы қол жеткізіледі. Солардың бірі УЦТЭС апаттарының өте кеңінен тараған типтері төмендегілер болып табылады:

- сораптың жұмыс органының құммен, тұздармен және парафинмен бітеліп қалуы;
- кабель мен муфтаньың ақаулары (қызып кету салдарынан балқу, түсіру кезінде зақымдануы, оқшаулау материалының сапасының төмендеуі);
- колонналардың герметикалығының бұзылуы;
- төменгі динамикалық деңгей (ағып келудің жеткіліксіздігі);
- біліктің сынуы;
- гидрокорғаудың ақаулары;
- жұмыс органдарының біржақты тозуы;
- ЭЦТС бұзылуы;
- сораптардың зауыттық жарамсыздығы;
- дұрыс пайдаланбау немесе режимге дұрыс шығармау.

Сораптық жабдықтардың істен шықпай жұмыс істеуінің уақыты кенорындары бойынша вариацияланады. Бұл ЭЦТС пайдалану шарттарының әртүрлілігімен байланысты (жасау кезеңі, динамикалық деңгей, субасу және сұйықтық құрамы, климаттық шарттар, құмның, тұздардың, парафиннің,

абразивті қосылыстардың және басқаларының бар болуы). Одан басқа, дәл бір кенорны үшін апаттардың әртүрлі типтерінің бөлінуі ұңғымаларды пайдаланудың технологиясы мен әдістеріне маңызды түрде тәуелді [3].

Кенорындарының көпшілігінде ЭЦТС қатардан уақытынан бұрын шығуының өте жиі себебі жұмыс органдарының бітеліп қалуы болып табылады. Сораптың жұмыс органдарының бітеліп қалуының мүмкіндігі, негізінен, өндіріліп жатқан сұйықтықта құмның, парафиннің және тұздардың мөлшеріне тәуелді. Алайда сұйықтықты алудың қарқыны, қабатқа су айдау көлемдері және қабат қасиеттері секілді факторлардың әсер етуі орын алады, бұл қабаттағы құмның шайылуымен және бітелуімен немесе сораптың жұмыс органдарының жеделдетілген абразивті тозуымен байланысты. Жұмыс органдарының бітеліп қалуы бірте-бірте орын алатын, уақыт ішінде дамиды ақау болып табылады. Алайда, бұрын аталып өткендей, бітеліп қалу кезінде орын алатын сораптың жеткізіп беруінің төмендеуі, электрқозғалтқыштың және кабельдің қызып кетуіне әкелуі мүмкін және сораптың толық тоқтауына дейін оқшаулау қабатының тесілуіне әкеледі. Апаттардың тараған типі ЭЦТС жетекші қозғалтқышының кабелінің ақаулары болып табылады. Бұл секілді апаттардың себептерін көбіне оқшаулау қабатының, қосқыш муфталардың және ток енгізу муфталарының қызуымен байланысты. Отандық өндірістің шығарған КПБК және КПБП маркалы кабельдері пайдаланудың 90 °С шекті температурасына ие және кенорындарының көбінде іс жүзінде температура бойынша артық шамасыз жұмыс істейді. Сондықтан ұңғыманың жұмыс режимінің кез келген кездейсоқ ауытқуы кабель немесе муфталардың оқшаулау қабатының зақымдануына әкелуі мүмкін.

Мұнай газ компанияларының көбінде пайдалануға қабылданған қазіргі автоматтандырылған компьютерлік жүйелер, пайдалану сипаттамалары, пайдалану үдерісі барысында жабдықтардың барлық номенклатурасы типтері мен қозғалысы, өнімді өндіруге энергетикалық қорлар шығындары және де басқа да көптеген өндірістік мәліметтер мен көрсеткіштер бойынша мәліметтер базасын іс жүзінде шексіз толықтыруға мүмкіндік береді. Мұнай газ компанияларында компьютерлік жүйелер кеңінен ендіру шамамен 8-10 жыл бұрын басталды және қазіргі уақытқа жинақталған ақпараттың көлемі (критикалық шамасына) жетті, олар мұнайгаз саласында сенімділік, диагностикалау және жорамалдар жасау мәселелеріне амалдар жасауда сапалық ілгерілеуге мүмкіндік береді. Мұнай өндіруден уақыт ішінде мәліметтерді «терең» жинақтаудың қажеттілігін көрсететін қарапайым үлгі қарастырайық. Масштабтары бойынша орташа кенорында 500 тереңдіктік сораптар пайдаланылсын, олардың орташа пайдалану қоры шамамен 500 тәулік. Сонымен, тәулігіне 1 сорап істен шығады. Сораптардың сенімділігін адекватты статистикалық талдау үшін сораптың нақты типтік

өлшемін және оның маркасын көрсету қажет, сондай-ақ ақау типі немесе істен шығуды есепке алу қажет. Сораптардың әртүрлі 30 типтерінде, істен шығулардың ұлғайтылған 5 типтерінде және 20 оқиғадан тұратын ең төменгі көлемдегі сұрыптама орын алған кезде бақылаулардың талап етілетін кезеңі 8 жыл құрайтындығын есептеу қиын емес. Осы кезең бойынша дебиттер, өнімдегі су құрамы, айдайтын ұнғымалардың сыйымдылығы және басқа да өндірістік мәліметтер жөнінде ақпарат қажет, оларсыз пайдаланудың шарттарының сораптардың сенімділігіне әсерін есепке алу мүмкін емес. Қарастырылған қарапайым үлгі, сенімділік сипаттамаларының адекватты есептеулерін компьютерлік технологияларды қолданусыз іс жүзінде жүргізу мүмкін еместігін көрсетеді. Басқа жағынан, технологиялық үдерістерді модельдеу әдістері мен жабдықтардың апаратын болжау әдістері сондай-ақ, ақпараттың, бірақта салыстырмалы қысқа мерзімдерде алынған және ақаулардың сипаттық даму уақытымен немесе пайдалану шарттарымен (дебиттер, сұйықтықтағы су мөлшері, динамикалық деңгейлер, қосымшалар мөлшері және басқалары) салыстыруға болатындай үлкен көлемін талап етеді. Тәжірибе көрсететіндей, бұл секілді кезеңдердің ұзақтығы 15 ... 30 тәулік құрайды [4]. Сонымен, пайдаланудың сипаттамаларын тәулік сайынғы өлшемдерінің қажеттілігі сөзсіз екендігі анық бола бастайды, ол тек қана мәліметтерді автоматтандырып жинау кезінде ғана мүмкін.

Жоғарыда айтылғанға байланысты, мұнай өнеркәсібінің ақпараттық жүйесінің қызметтік мүмкіндіктеріне жалпы талаптар жасалды (1 кесте).

Кесте 1 – Мұнай өнеркәсіп орнын пайдаланудың ақпараттық-өлшеу жүйесімен бақыланылатын технологиялық сипаттамалары және өлшемдердің тиімді мерзімділігі

1	2	3
1	Дебит, м <sup>3</sup> /тәулік	Әрбір ұнғыма бойыншатәулігіне бір реттен сирек емес
2	Коллектордағы қысым, атм	Сағатына бір реттен сирек емес
3	Әрбір айдау ұнғымасы бойынша сыйымдылық, м <sup>3</sup> /тәулік	Тәулігіне төрт реттен сирек емес
4	Су құбырындағы қысым	Сағатына бір реттен сирек емес
5	ЭЦТ қозғалқыштарының токтары, А	30 минутта бір реттен сирек емес
6	ТП – 380В кернеуі, В	30 минутта бір реттен сирек емес
7	Қуат беретін РУ35/Кв фидерлерінің токтары, А	30 минутта бір реттен сирек емес
8	РУ35/6Кв фидерлеріндегі кернеулер, кВ	30 мнутта бір реттен сирек емес

9	Сораптар күйі:	Сағатына бір реттен сирек емес ЭЦН үшін және алты сағатта бір реттен сирек емес УШГН
10	Динамограммаларды қашықтықтан алу	Тәулігіне екі реттен сирек емес
11	Сораптардың жұмыс уақытын есепке алу	Айына бір сағатқа дейінгі дәлдікте
12	Берілген кәсіпорынның әрбір КНС су құбырындағы қысым, атм	30 минутта бір реттен сирек емес
13	Өкетілетін әрбір су құбыры бойынша шығынды есептеу	30 минутта бір реттен сирек емес
14	Әрбір өнеркәсіптіктегі құбыр бойынша кіру орнындағы қысым, атм	30 минутта бір реттен сирек емес
15	Айдап шығарылатын сұйықтықты есепке алу, м <sup>3</sup> /тәулік	Әрбір құбыр бойынша
16	Әрбір ұнғыма бойынша су мөлшерін өлшеу, %	Дебитті әрбір өлшеу кезінде
17	Өнеркәсіп бойынша барлық фидерлерде электрэнергиясының шығынын есептеу, кВт сағат	Сағатына бір реттен сирек емес

Бұл жұмыста мұнайгаз саласында пайдалануға қабылданған заманауи өлшем және диагностикалық жүйелерінің техникалық мүмкіндіктері, өндірістік ақпаратты жинау мен өңдеу әдістері, мұнайгаз жабдықтарының сенімділік сипаттамалары және техникалық күйін болжау мен бақылау үшін математикалық модельдер салу әдістері келтірілген. Көмірсутектерді өндіру мен тасымалдау жүйелеріне техникалық күтім мен жөндеу жасау іс-шараларын жоспарлау үшін оңтайландыру әдістерінің мүмкіндіктеріне талдау жасалған, сондай-ақ, мұнайгаз кешені кәсіпорындары жұмысының тиімділігі мен байланысы және басқа да сұрақтар қарастырылған

## ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Байков, И. Р., Смородов, Е. А., Смородова, О. В. Применение методов теории самоорганизации в диагностике технического состояния механизмов. // Изв. ВУЗов. Проблемы энергетики, 2000. – № 1-2. – С. 96-100.

2 Байков, И. Р., Смородов, Е. А., Смородова, О. В. Моделирование отказов газоперекачивающих агрегатов методом Монте-Карло. // Газовая промышленность, 2000. – № 2. – С. 20-22.

3 Байков, И. Р., Смородов, Е. А., Деев, В. Г. Математическое моделирование отказов насосно силового оборудования нефтедобывающих промыслов.// Горный вестник, 2000. – № 3. – С. 51-54.

4 **Смородов, Е. А., Деев, В. Г.** Оценка качества фонда нефтедобывающих скважин. //Проблемы нефтегазовой отрасли. Материалы межрегион. Науч. – метод. конф. – Уфа, 2000. – С. 95-97.

Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*П. А. Танжариков, Г. Б. Амангельдиева, Т. Боранбаев*

**Характеристики нефтяной и газовой промышленности и технической надежности систем управления и методов контроля**

Кызылординский государственный университет  
имени Коркыт Ата, г. Кызылорда.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*P. A. Tanzharikov, G. B. Amangeldieva, T. Boranbaev*

**The characteristics of the oil and gas industry and the technical reliability of control systems and methods**

Korkyt Ata Kyzylorda State University, Kyzylorda.

Material received on 16.09.16.

*В этой работе рассмотрено использование современных измерений, диагностических систем и технических возможностей в нефтяной и газовой промышленности, а также сбора данных производств и методов обработки, построения математических моделей для прогнозирования и управления добычи нефти и газа. Для добычи и транспортировки углеводородов предоставляется возможность при повторной переработке оптимизации нефти по техническому обслуживанию и ремонту в выявленные нефтяные отходы для использования в дальнейшем.*

*In this paper, we consider the application of modern measurement, diagnostic systems and technical capabilities in the oil and gas industry, as well as production data acquisition and processing methods of constructing mathematical models for the prediction and management of oil and gas. For hydrocarbon production and transportation are given the opportunity during the second processing for the maintenance and repair of identified waste oil for application future.*

УДК 621.3

**Е. У. Темирханов<sup>1</sup>, Т. Я. Эрназаров<sup>2</sup>, Р. Б. Сартова<sup>2</sup>,  
А. Б. Кайдар<sup>3</sup>, М. Б. Кайдар<sup>4</sup>, Б. К. Шапкенов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>д.э.н., академик, Международная экономическая Академия «Евразия», заслуженный энергетик СНГ и Казахстана, зам. ген. директора АО «КазТрансГаз», член Правления, г. Астана; <sup>2</sup>к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар; <sup>3</sup>м.т.н., главный менеджер, АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу; <sup>4</sup>менеджер, ТОО «Амангельды газ», г. Астана  
e-mail: <sup>3</sup>argin\_intel@mail.ru; <sup>4</sup>m.kaidar@amangeldygas.kz

**АНАЛИЗ КЛЮЧЕВЫХ АСПЕКТОВ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЫНКА И СТРАТЕГИЯ  
ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМОСТИ**

*Системные исследования энергетических рынков предполагают детальное знакомство с ключевыми секторами энергетики, в том числе и с одним из самых динамично развивающихся сегментов – альтернативной энергетикой или энергетикой на основе возобновляемых источников энергии. Развитие энергетики и энергетических рынков как сложной совокупности больших систем обеспечивают базис для решения экономических и управленческих комплексных проблем в этой области. Поэтому знания по системным исследованиям энергетических рынков, методологии системного подхода в исследованиях энергетики, основным принципам системных исследований, их применение в практической деятельности является важнейшей составляющей знаний по экономике и управлению в энергетике.*

*Ключевые слова: энергетический рынок, энергонезависимость, энергетическая катастрофа, возобновляемые источники энергии, ветросолнечные электростанции, сезонный энергодефицит, микроэнергетика.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Глобализация мировой экономики и возрастающая роль торговли в обеспечении экономик энергетическими ресурсами определяет важность владения ситуацией в области национальных ресурсных режимов в странах-экспортерах энергоресурсов, а также политик энергобезопасности

и реструктуризации энергетических рынков в странах-импортерах энергоресурсов.

Принципиально меняющиеся условия развития экономики и энергетики, геополитической ситуации, появление новых технологий, возникающие новые проблемы и задачи, требуют полного понимания ситуации на энергетическом рынке [1]. Анализ энергетического рынка показывает, что Казахстан является как экспортером, так и импортером электрической энергии [1]. Ввиду изношенности оборудования большинства ТЭЦ правительство направляет на развитие энергетики значительные ресурсы на модернизацию, ремонт и строительство новых электростанций, в том числе и на один из самых динамично развивающихся сегментов – альтернативную энергетику или энергетику на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Энергетический рынок всегда развивался чрезвычайно динамично. Но особую стремительность эта динамика приобрела в последние годы. Все указывает на то, что в производстве энергии, особенно электричества, намечается скачок. И секрет этой революции заключается в использовании «микроэнергетики» – разделе энергетики, связанной с производством электроэнергии, тепла и холода при помощи источников различной природы [1].

Западные страны, Китай, Индия и др. сейчас активно развивают нетрадиционную энергетику. До последнего момента развитие нетрадиционной энергетики было актуально. Сейчас снижение цены на нефть несколько снизило остроту проблемы.

Но проблем в традиционной энергетике хватает. Это изношенность сетей, энергодефицит в одних регионах, переизбыток в других, зависимость от энергосистем сопредельных стран и др.

Ранее энергетические сети Центральной Азии были тесно связаны между собой и входили в колоссальную Единую энергосистему Союза. При этом сети Казахстана были разделены – была энергосистема Северного Казахстана, а южные сети входили в объединенную энергосистему (ОЭС) Средней Азии. ОЭС Северного Казахстана имела крепкие связи с системами Сибири, Урала, Средней Волги. Северный Казахстан гнал свою и сибирскую электроэнергию в центр, юг страны питался от среднеазиатской энергосистемы. Связь между северными и южными областями Казахстана обеспечивало сечение Север-Юг, состоявшее из трех линий – 500, 220, 110 кВ – общей пропускной способностью около 15 млрд. кВт·ч.

Координация перетоков в среднеазиатской ОЭС крайне важна – различные регионы отдельных стран являются поставщиками энергии

для соседей. Так, разделена энергосистема Таджикистана – южная часть избыточна, северная энергодефицитная, и почти всю электроэнергию она (4,5 млрд. кВт·ч) получает из Узбекистана. Юг же примерно столько же туда передает. Идет, по сути, обмен – без оплаты. Такая же ситуация и в Киргизии – юг обеспечивает Ферганскую долину Узбекистана, север питается узбекской электроэнергией через казахстанские сети, где дефицит около 300 МВт. Таким образом, ОЭС сейчас завязана в основном на энергетике Узбекистана. Такой порядок существовал до 2009 г. В 2009 г. Узбекистан в одностороннем порядке вышел из ОЭС. Даже после развала Союза, даже после того, как в 1998 году было объявлено о параллельной (в данном случае интегрированной) работе севера и юга Казахстана, перетоки из Средней Азии сохранились. Так, до 2008 года ежегодные поставки электроэнергии из Киргизии составляли около 2,5 млрд. кВт·ч (7 % производимой в Киргизии).

Учитывая, что до 70 % оборудования энергосистем изношено, возникновение аварий или сезонного энергодефицита существенно влияет на энергетическую безопасность Казахстана. Тем более что нередко из общих сетей идет аварийный или незаконный отбор дополнительных сверхлимитных мощностей.

Так 17 августа 2009 года произошла авария на Саяно-Шушенской ГЭС, превратившей электростанцию в потребителя электроэнергии, при этом большая часть сибирских регионов испытала резкий недостаток электроэнергии. Были полностью отключены алюминиевый завод в Саяногорске, сокращена подача электроэнергии на алюминиевые заводы в Красноярске и Новокузнецке, на Новокузнецкий завод ферросплавов. Из энергосистемы выбыло 4,4 тысяч МВт.

Но при этом ничего не говорилось о том, что в решающий момент большую роль сыграл Казахстан, и что именно за счет казахстанской генерации в Западной Сибири сумели ликвидировать энергетическую катастрофу, образовавшуюся от потери Саяно-Шушенской ГЭС. После аварии на Саяно-Шушенской гидроэлектростанции перетоки по транзитным линиям филиала АО «КЕГОС» – «Северные межсистемные электрические сети (МЭС)» увеличились почти в два раза. Переток энергии по линиям северного филиала АО «КЕГОС» резко увеличился и достигал 1200 МВт.

В настоящее время начинают появляться генераторы для ветровой энергии в 2 МВт, солнечные батареи 800 Вт/м<sup>2</sup>, на юге запущены газотурбинные электростанции.

Уже нередкость использование микроэнергетики и у нас в Павлодаре. Так в коттеджных городках «Зеленстрой» и «Лесозавод» начали устанавливать ветровые и солнечные источники энергии. То же наблюдается в ЮКО, Кызылординской области, Астане, Алматы.

На кафедре энергетики ПГУ (Павлодар, Казахстан) имеется собственная пилотная экспериментальная площадка с 4 ветрогенераторами и солнечной автономной миниэлектростанцией.

В настоящее время в ПГУ прорабатывается идея освещения части главного корпуса ПГУ и студенческой аллеи солнечными панелями.

В силу чрезвычайной привлекательности своей концепции и особенностей используемых технологий микроэнергетика способна проникать с одинаковой скоростью и на рынки промышленно развитых стран, и в неразвитые районы, где с ее помощью местная промышленность и население смогут получить доступ к энергии, не дожидаясь развития крупных станций и национальной энергосети [2]. Эффективность современной микроэнергетики подтверждается значительным интересом, проявляемым к ней гигантами современной индустрии. Так, например, швейцарский энергетический гигант АBB недавно объявил, что начинает сворачивать свой бизнес по созданию атомных электростанций и переключается на разработку возобновляемых источников энергии и небольших электростанций, расположенных поблизости от потребителей.

Поэтому бурное развитие микроэнергетики фактически означает, что естественная монополия, представляющая собой систему энергостанций, линий электропередач и теплотрасс, сегодня больше уже не является единственным возможным источником производства энергии [3]. Более того, энергетические корпорации, эксплуатирующие огромные и не безупречные в экологическом плане энергостанции, и дальше будут испытывать все большую конкуренцию со стороны микроэнергетических компаний, с их более компактными и «чистыми» источниками энергии. В прошлом, потери энергии при передаче ее от центральных энергостанций по сетям, с лихвой компенсировались огромной мощностью этих станций. Сегодня, с появлением микроэнергетики, чьи источники энергии зачастую обладают более высоким КПД, чем наиболее совершенные традиционные ТЭЦ, такой подход начинает утрачивать экономический смысл. Уже сейчас произведенная микроэнергетикой энергия зачастую дешевле, и разница в ценах будет продолжать увеличиваться [4-6].

Несколько слов об экологическом преимуществе микроэнергетики. Солнечные батареи и коллекторы уже сейчас являются эталоном экологически чистых источников энергии. Топливо (водород и природный газ), используемое микроэнергетикой, также сравнительно спокойно воспринимается экологами

Но что самое главное – микроэнергетика позволяет пользователю почувствовать себя независимым от состояния централизованных электрических и тепловых сетей, надежность которых стремительно падает, что подтвердили события в Крыму.

До сих пор электричество и тепло текло от крупных электростанций к розеткам и батареям домов. На такой односторонний поток энергии ориентированы все системы энергетических сетей. Появление микроэнергетики заставило специалистов задуматься о включении малых генерирующих мощностей в сети. Сейчас же для электросетей активно разрабатываются новые схемы релейной защиты и управления сетями, которые позволят включать «микрoгенераторы» в основную сеть, что сделает их похожими на телекоммуникационные сети. Уже разработаны устройства под названием FACTS (Flexible AC Transmission System – гибкие системы передачи переменного тока) являющиеся, по сути дела, маршрутизаторами для электричества, способные оперативно направлять требуемое количество электричества в нужное место [7-8]. В будущем это позволит избежать колебания рыночных цен на электроэнергию.

Сегодня по линиям электропередачи передается переменный ток, хотя большинство потребителей, в частности, цифровые устройства в своей работе используют постоянный электрический ток [8]. Ветровые и солнечные электростанции создают как раз постоянный ток, но у них есть один недостаток – нестабильность режима работы как следствие зависимости от природных условий. Первый выход – использовать современные аккумуляторы или конденсаторы, другой – создавать локальные «микросети» постоянного тока, работающих с эффективностью в «девять девяток». Первая такая сеть уже начала работать в Южной Калифорнии.

Несмотря на определенные успехи в настоящий момент полностью реализовать свой потенциал микроэнергетике не позволяют определенные препятствия. Прежде всего, это трудности, связанные с налогообложением, системой стандартов и государственным протекционизмом в отношении традиционных производителей энергии. Многие крупные энергетические компании дотируются государством в виде прямых субсидий или косвенным путем. В Европе такое дотирование происходит непосредственно за счет налогоплательщиков, в США оно носит косвенный характер и заключается в смягчении природоохранного законодательства в отношении крупных производителей энергии. Существует и прямая налоговая дискриминация микроэнергетики, заключающаяся, например, в установке невыгодных норм амортизации по тепловыделяющим элементам. Отсутствует также единая система стандартов в области микроэнергетики. Так, например, одно из преимуществ микроэнергетики заключается в возможности владельца источника энергии выступать как в роли потребителя, так и в роли поставщика энергии, продавая ее излишки через общую сеть. Это вполне может быть реализовано при помощи существующих средств управления сетями, однако это требует введения единой системы стандартов на энергию,

передаваемую подобным образом. В настоящее время такие стандарты приняты всего в нескольких странах. Таким образом, для реализации своего права на продажу энергии, владелец микроэнергетического источника будет вынужден разбираться с огромным числом часто противоречащих друг другу правил и инструкций. Это создает почву для дискриминации таких производителей традиционными компаниями, которые получают возможность препятствовать их выходу на рынок, ссылаясь при этом на якобы не соблюдаемые правила безопасности или требуя введения в отношении поставщиков «микроэнергии» длительных и дорогостоящих инспекционных и контрольных процедур.

Развитие микроэнергетики затрудняется также из-за значительного государственного регулирования в этой области. Наиболее благоприятна ситуация в США, где более половины штатов приняли законы, либерализующие их энергетические рынки. Однако, недостаточная координация в области продажи электроэнергии между отдельными штатами, отсутствие единого органа регулирования в этой области и существующее требование сохранять резервные мощности для удовлетворения потребностей пикового спроса, приводят к неопределенности, препятствующей выходу на рынок новых участников. В Европе регулирование рынка энергии является еще большей проблемой. Так, например, лоббирование компании «Electricite de France» привело к тому, что Франция так и не выполнила директивы Европейского Союза, предписывающие либерализацию энергетического рынка

Однако, несмотря на имеющиеся трудности, микроэнергетика стремительно развивается и особенно та ее часть, которая связана с альтернативной энергетикой. Согласно прогнозам Мирового Энергетического Конгресса к 2020 году в США, Германии, Японии, Великобритании и других развитых западных странах доля альтернативных экологически чистых источников энергии составит более 20 % всей производимой энергии. Среди альтернативных источников энергии особенно активно развивается ветроэнергетика – 24 % в год. Сейчас это наиболее быстро растущий сектор энергетической промышленности в мире. В Европе ветрогенераторы стали привычным элементом пейзажа. В Дании 13 % электроэнергии уже сейчас вырабатывается с помощью возобновляемых источников, половина ветровых турбин изготавливается именно в этой стране, отсюда их развозят по всему свету

Следующее перспективное направление микроэнергетики - солнечная энергетика. Проблема утилизации экологически чистой и притом «дармовой» солнечной энергии волнует человечество с незапамятных времен, но только недавно успехи в этом направлении позволили начать формировать реальный, экспоненциально развивающийся рынок солнечной энергетики.

К настоящему времени основными способами прямой утилизации солнечной энергии являются преобразование ее в электрическую и тепловую. Отличительной особенностью гибридных систем является возможность их функционирования в автономном режиме, без подключения к централизованным энергосистемам. Подобные источники энергии очень ждут, прежде всего, в Китае, Индии, Индонезии.

Следующая перспективная технология – водородные топливные элементы. Суть ее в том, что на специальных мембранах электрон отделяется от ядра атома водорода, в результате чего получается электрический ток, а в отходах – вода и тепло. Пять таких водородных элементов мощностью по 200 киловатт работают на Аляске, освещая и обогревая здание почты в городе Анкоредже.

Помимо ветрогенераторов, гелиосистем и водородных топливных систем достаточно перспективными для мини и микроэнергетики представляются и другие альтернативные источники энергии: тепловые насосы, энергетические системы на базе мини и микрогидрогенераторов электрической энергии

Очень большое значение в современной мини и микроэнергетике придается средствам и устройствам генерации энергии, работающим на традиционном топливе. К таким устройствам относятся, прежде всего, газогенераторы и другие мини и микро моторгенераторы, а также газовые инфракрасные излучатели. Особенно вырос в последнее время интерес к моторгенераторам, поскольку на их базе научились создавать так называемые когенераторные и тригенераторные установки, вырабатывающие одновременно электричество, тепло и холод. Заметим, что на больших тепловых станциях, вырабатывающих энергию, сопутствующее выделение тепла обычно попросту рассеивается в атмосфере. В то же время в небольших локальных генераторах тепло с успехом используется для обогрева жилищ и нагрева воды. Такая когенерация повышает КПД установок на 40 % и в два раза снижает выбросы окиси углерода в атмосферу. В Массачусетском технологическом институте 21-киловаттный газовый когенератор работает уже шесть лет, обеспечивая весь университетский кампус электричеством и теплом. Эта технология очень распространена в Европе, Австралии и Азии.

Развитие микроэнергетики на базе возобновляемой энергетики – не самоцель. Для обеспечения энергонезависимости необходимо в перспективе решение следующих задач:

- 1) обеспечение энергонезависимости, конкурентоспособности на энергорынках;
- 2) обеспечение статуса нетто-экспортера, стабильного транзита энергоресурсов в глобальном масштабе;



3) создание производственных мощностей с высоким переделом, основанных на чистых технологиях с получением продукции с высокой добавленной стоимостью;

4) создание условий для размещения на территории Казахстана энергоемких экспортно-ориентированных производств.

Комплексный анализ ключевых аспектов формирования и реализации Стратегии устойчивой энергетики будущего Казахстана до 2050 года включает: 1) состояние экономики Казахстана и вопросы энергетического обеспечения оптимальных темпов ее роста; 2) состояние окружающей среды как предмет для целенаправленных действий по развитию экологически безопасной энергетики; 3) состояние системы профессионального образования и перспективы подготовки кадров для устойчивой энергетики; 4) существующую проектную базу для начала реализации устойчивой энергетики.

#### ВЫВОДЫ

Для достижения энергетической безопасности необходима новая научно выверенная политика, которая позволила бы в ближайшие годы снять остроту этой ситуации, в среднесрочном плане – снизить ее опасность, а в стратегической перспективе – ликвидировать саму возможность ее появления. Эта политика должна заключаться в формировании доступной в каждой стране ресурсной базы устойчивого развития, в которую входят биологические, водные, земельные, минеральные и энергетические ресурсы. Энергетика является фундаментальной составляющей этой ресурсной базы. Она же представляет собой мощный сектор экономики, создающий основу для интеграции экономической, социальной и экологической составляющих устойчивого развития стран и национальных экономик.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, М. Б., Кайдар, А. Б., Эрнazarов, Т. Я., Сартова, Р. Б.** Системообразующие показатели Казахстана. «XIII Мәшһүр-Жүсіп оқулары» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары – Павлодар : С. Торайғыров атындағы ПМУ, 2016. – 434-440 б.

2 **Шапкенов, Б. К., Дробинский, А. В., Кайдар, А. Б.** «Перспективы развития микро энергетики в Казахстане». Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции им. Машхур Жусипа посвященной 20-летию Независимости Республики Казахстан, 2011. – Павлодар : ПГУ им. С. Торайғырова. – С. 231-240. – 0,25 п.л.

3 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, М. Б., Кайдар, А. Б., Эрнazarов, Т. Я., Сартова, Р. Б.** Тенденции энергетического сектора Казахстана. «XIII Мәшһүр-Жүсіп оқулары» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары. – Павлодар : С. Торайғыров атындағы ПМУ, 2016. – 425-434 б.

4 **Кайдар, А. Б.** Ғалым-энергетик, академик – Шапық Шөкинге 100 жыл. Сборник материалов XXXVIII научно-практической конференции МАН РК «Интеграция образования и науки – шаг в будущее» посвященной 100-летию академика Ш. Чокина, Павлодар : Инновационный Евразийский Университет, – 5-6 апреля 2012, 0,06 п.л.

5 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, М. Б., Кайдар, А. Б., Копырин, В. С., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Марковская, А. А., Файзулла, Д. Ф., Айтжанов, С. Е.** Диверсификация технологической базы инженерных систем жилья для минимизации энергопотребления. «XIII Мәшһүр-Жүсіп оқулары» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары. – Павлодар : С. Торайғыров атындағы ПМУ, 2016. – 415-425 б.

6 **Эрнazarов, Т. Я., Кайдар, М. Б., Кайдар, А. Б.** Ключевые тренды и факторы для развития энергетики. Международная научно-практическая конференция «VII Торайғыровские чтения». – Павлодар : ПГУ имени С. Торайғырова, 7-9 октября 2015 г. – С. 343-349. – ISBN 978-601-238-547-2 (общ.).

7 **Копырин, В. С., Шапкенов, Б. К., Кайдар, М. Б., Кайдар, А. Б., Кислов, А. П., Марковский, В. П.** Вопросы энергетической стратегии. «XIII Мәшһүр-Жүсіп оқулары» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары – Павлодар : С. Торайғыров атындағы ПМУ, 2016. – 390-396 б.

8 **Шапкенов, Б., Калиев, Б., Кайдар, А.** Теория и практика энергетических преобразователей. Монография для студентов, магистрантов, аспирантов и ИТР, руководящего и обслуживающего персонала электростанций. – Saarbrücken, Germany : Lap Lambert Academic Publishing, 2014. – 461 с.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*Е. У. Темирханов<sup>1</sup>, Т. Я. Эрнazarов<sup>2</sup>, Р. Б. Сартова<sup>2</sup>, А. Б. Кайдар<sup>3</sup>, М. Б. Кайдар<sup>4</sup>, Б. К. Шапкенов<sup>2</sup>*

**Энергетикалық нарықтың маңызды тұрғылардың талдау және энергия тәуелсіздіктер стратегиясы**

<sup>1</sup>«ҚазТранГаз» АҚ, Астана қ.;

<sup>2</sup>С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;

<sup>3</sup>«ХимПарк Тараз АЭА БК» АҚ, Шу қ.;

<sup>4</sup>«Амангелді газ» ЖШС, Астана қ.

Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*E. W. Temirhanov<sup>1</sup>, T. Y. Ernazarov<sup>2</sup>, R. B. Sartova<sup>2</sup>, A. B. Kaidar<sup>3</sup>,  
M. B. Kaidar<sup>4</sup>, B. K. Shapkenov<sup>2</sup>*

**Analysis of the key aspects of the energy market and the strategy of energy independence**

<sup>1</sup>JSC «KazTransGas», Astana;

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

<sup>3</sup>JSC «Management Company Free Trade Zone HimPark Taraz», Shu;

<sup>4</sup>LLP «Amangeldy gas», Astana.

Material received on 16.09.16.

*Энергетикалық нарықтардың жүйелік зерттеулер энергетикадан маңызды секторлармен толық танысу болжап жатыр, сол санда және бірен динамикалық дамитын сегменттерден – альтернативті энергетикамен немесе энергияда қайта басталатын көздерге негізделген. Үлкен жүйелердің күрделі жиынтықтың сияқты энергетиканың және энергетических нарықтардың дамытуы бұл облыста экономикалық жағдаят және басқару кешенді мәселелер шешім үшін негіз қамтамасыз етіп жатыр. Сондықтан энергетикаға зерттеулерде жүйелік тұрғы энергетических нарықтар, әдістемелік жүйелік зерттеулер бойынша білімдер, жүйелік зерттеулердің негізгі қағидаларға, жаттығу қызметінде олардың қолдануы энергетикада үнемдеулер және басқару бойынша ең маңызды құрайтын білімдерден туындап жатыр.*

*System studies of energy markets require detailed knowledge of the key energetics sectors, including one of the most effectively developing segments – alternative energetics or renewable energy sources. Energetics development and energy markets as a complex set of large systems provide a basis for the solution of complex economic and management problems in this area. Therefore, knowledge of the system on the research of the energy markets, the methodology of systematic approach to energy research, the basic principles of the system research and their application in practice is an essential component of the knowledge of economics and management in the energetics sector.*

УДК 621.3

**Е. У. Темирханов<sup>1</sup>, Б. К. Шапкенов<sup>2</sup>, А. Б. Кайдар<sup>3</sup>,  
М. Б. Кайдар<sup>4</sup>, А. П. Кислов<sup>2</sup>, В. П. Марковский<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>АО «КазТрансГаз», г. Астана; <sup>2</sup>Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар; <sup>3</sup>АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу;

<sup>4</sup>ТОО «Амангельды газ», г. Астана

e-mail: <sup>3</sup>argin\_intel@mail.ru

## **ЗАЩИТА И МОНИТОРИНГ РЕЖИМОВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ НА «KSP STEEL» И ТОО «КАСТИНГ» БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИМИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫМИ СИСТЕМАМИ БМРЗ-100**

*В статье рассмотрена статистика аварий на предприятиях черной металлургии г. Павлодара, вопросы применения микропроцессорных защит БМРЗ-100 для защиты от аварийных режимов сталеплавильных печей с резкопеременной нагрузкой. Показано, что применение БМРЗ-100 позволило существенно снизить аварийность и время простоя оборудования.*

*Ключевые слова: фидер, защита, системы контроля, токи короткого замыкания, автоматическое повторное включение*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Предприятия черной металлургии, особенно сталеплавильные, имеют специфические графики электрических нагрузок с резким изменением потребляемой мощности. Это обусловлено тем, что дуговые сталеплавильные печи обладают значительными мощностями, а электромагнитные переходные процессы, обусловленные горением дуги, отрицательно влияют на чувствительность, селективность защит. Поэтому, чтобы защита постоянно не срабатывала, уставки по току завышаются. Поэтому обслуживающий персонал при высоких значениях уставок рискует сжечь оборудование, при низких – страдает от постоянных отключений.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

В августе 2015 предприятием АО «Павлодарэнерго» был отключен один фидер первого казахстанского предприятия по производству стальных бесшовных труб для нефтегазовой отрасли ПФ ТОО «KSP Steel» ввиду задолженности в 300 млн. тенге [1]. Одна линия ЛЭП мощностью 110

кВ осталась в работе. Без электроэнергии осталось также предприятие АО «Кастинг», питающееся от энергосети ПФ ТОО «KSP Steel».

Однако, на промышленных предприятиях, в том числе и на металлургических, достаточно часто возникают отключения, обусловленные короткими замыканиями, перегрузками и перенапряжениями.

При анализе аварийности элементов электрических сетей низкого, среднего и высокого напряжения применяются методы теории вероятностей и математической статистики с учетом объемов и способов резервирования и количества резервного оборудования.

Важное значение имеет повреждаемость кабелей, являющихся основным способом средства связи в системе электроснабжения заводов и комбинатов. Такая статистика приведена в таблице 1.

Несмотря на высокую степень автоматизации электроснабжения, в сетях достаточно высока аварийность питающих линий. Для примера в таблице 1.5 приведены статистические характеристики числа отключений фидеров 0,38-110 кВ на KSP Steel из-за нарушений установленных режимов и коротких замыканий до внедрения микропроцессорных аппаратов защиты БМРЗ 100 [2-4] (рис. 1).

**Назначение** – защита, автоматика, управление, измерение, сигнализация на присоединениях от 0,4 до 35 кВ. Резервные защиты оборудования 110(220) кВ.

**Область применения** – КРУ собственных нужд электростанций, распределительные подстанции сетевых предприятий, линии электропередачи распределительных сетей, промышленные и коммунальные предприятия, объекты нефтегазового комплекса, тяговые подстанции железных дорог и метрополитена, предприятия горнодобывающей промышленности, подстанции с переменным током.

Таблица 1 – Повреждаемость кабелей низкого и высокого напряжения

Уном, кВ	Условия работы	Число повреждений на 1 км в год
до 1	При прокладке в земляной траншее	0,055
	В каналах или тоннелях	0,003
	В блоках	-
6	При прокладке в земляной траншее	0,078
	В каналах или тоннелях	0,02
	В блоках	0,04
10	При прокладке в земляной траншее	0,089
	В каналах или тоннелях	0,044
	В блоках	0,007

**Основные функции защиты:**

- МТЗ** – максимальная токовая защита;
- ОЗЗ** – защита от однофазных замыканий на землю;
- ЗМН** – защита минимального напряжения;
- ЗПН** – защита от повышения напряжения;
- ДТО** – дифференциальная токовая отсечка;
- ЗОФ** – защита от обрыва фазы и несимметрии нагрузок.

**Основные функции автоматики:**

- АВР** – автоматическое включение резерва;
- АПВ** – автоматическое повторное включение;
- УРОВ** – резервирование при отказах выключателей;
- ЛЗШ** – логическая защита шин;
- АЧР/ЧАПВ** – выполнение команд внешнего устройства частотной разгрузки. Контроль частоты.

Кроме указанных основных функций БМРЗ имеет еще около 50 других функций таких как:

- Измерение действующих значений токов и напряжений основной частоты (50±5 Гц или 60±6);
- Измерение действующих значений тока 3I0 в полосе частот от 5 до 1200 Гц;
- Измерение фазовых сдвигов между основными гармониками тока 3I0 и напряжения 3U0, фазными токами IA, IC и линейными напряжениями UBC, UAB соответственно;
- Вычисление симметричных составляющих тока и напряжения;
- Измерение частоты и cos φ;
- Вычисление активной и реактивной мощности;
- Технический учет электроэнергии;
- Регистрация и хранение осциллограмм общей длительностью до 180 с с дискретностью 48 выборок на период;
- Регистрация и хранение параметров не менее 4000 аварийных событий;
- 256 счетчиков накопительной информации с практически неограниченной емкостью;
- Вычисление расстояния до места КЗ (ОМП);
- Функция календаря и часов астрономического времени с энергонезависимым питанием;
- Сигнализация о состоянии блока, выключателя и о срабатывании защит осуществляется с помощью свободно назначаемых реле и светодиодов, а также по каналу АСУ.

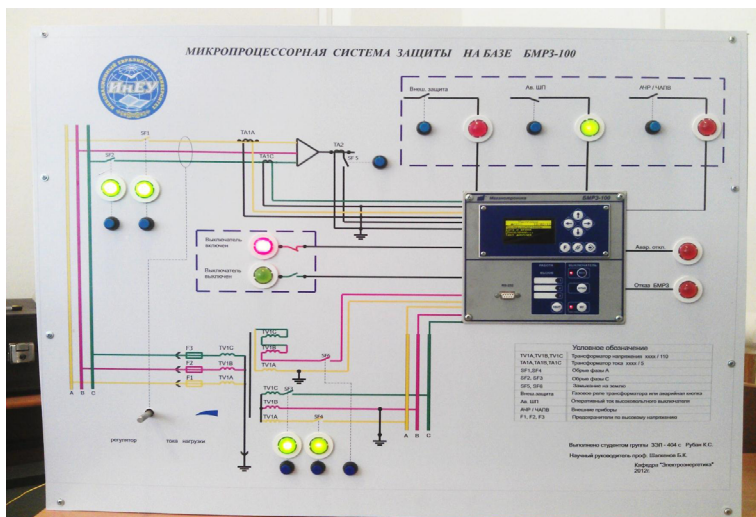


Рисунок 1 – Стенд «Экспериментальный комплекс по защите элементов системы электроснабжения» для отработки навыков работы с БМРЗ-100 (изготовлен авторами)

С помощью программы и инструкции «АРМ разработчика РЗА» потребитель может частично или полностью изменить базовое функциональное программное обеспечение (Про).

При перепрограммировании могут быть изменены наименования и назначения входных и выходных сигналов и алгоритмы функций РЗА. Возможно создание новых пусковых органов (компараторов).

Возможность свободного перепрограммирования блока пользователем делает БМРЗ-100 абсолютно универсальным устройством, снимающим практически все проблемы при заказе, проектировании, модернизации КРУ на объекте и при определении состава ЗИП, а также обеспечивает большой срок службы, решая проблему морального старения устройства.

Достаточно высокая аварийность электрооборудования по данным аудиторских обследований обусловлена в основном тяжелыми режимами работы печей. Среднее число повреждений на единицу оборудования распределительных устройств 3-10 кВ составляло:

- для трансформаторов -0,01;
- для выключателей 6 кВ-0,01;
- для выключателей 10 кВ-0,02;
- для разъединителей 3-10 кВ-0,0006;

- для трансформаторов тока 3-6 кВ-0,002;
- для трансформаторов тока 10 кВ-0,002;

Таблица 2 – Статистические характеристики числа отключений линий НН, СН и ВН

Уном, кВ	Среднее число отключений фидеров в год, шт.	Уном, кВ	Среднее число отключений фидеров в год, шт.
0,245	2251	10	849
0,38	873	35	52
6-10	850	110	76

- для трансформаторов напряжения 3-6 кВ-0,002;
- для трансформаторов напряжения 10 кВ-0,015;
- для токоограничивающих реакторов 3-10 кВ-0,004.

Эти статистические характеристики аварийности требуют разъяснений:

1) при анализе аварийности не учтены категории потребителей (для металлургических заводов и комбинатов приемники I категории составляют приблизительно 15 %, II категории – 80 %, III категории – 5 %);

2) в настоящее время на заводах и комбинатах широкое применение находят вакуумные выключатели 6-10 кВ, у которых аварийность меньше, чем у масляных и электромагнитных выключателей;

3) в настоящее время аварийность трансформаторов напряжения выпуска после 1985 года значительно выше, чем аварийность аналогичных измерительных трансформаторов выпуска до 1985 года [5];

4) в последние годы в металлургической промышленности вне-дрен ряд низковольтных и высоковольтных видов электрооборудования иностранных фирм, об аварийности которых в печати информация отсутствует [6].

Таким образом, на предприятиях черной металлургии электрооборудование и питающие фидеры имеют высокую аварийность, значительная часть которой вызывается перенапряжениями.

Значительно (почти в 3 раза) были сокращены аварии после внедрения отделом главного энергетика микропроцессорных защиты БМРЗ-100, в отработке функциональных возможностей и эффективности, авторы принимали участие в 2011-2012 г. [2, 7].

### ВЫВОДЫ

Анализ систем электроснабжения технологических агрегатов и электроприемников металлургических заводов позволяет сделать следующие выводы:

1) система электроснабжения содержит электрооборудование постоянного тока, переменного тока частотой 50 Гц, с повышенной частотой (0,5-60 кГц) и сверхповышенной частотой (свыше 60 кГц);

2) в системе электроснабжения применяются как стандартные (например, 0,4; 6; 10; 35; 110; 150 и 220 кВ), так и нестандартные напряжения (например, ниже 220 В для питания электропечей) по шкале напряжений;

3) для выполнения технологических процессов в отрасли применяется большое число электродвигателей высокого и низкого напряжения переменного и постоянного тока;

4) в отрасли, кроме трансформаторов 6-10/0,4 кВ, применяются специальные печные трансформаторы, которые практически работают в режиме короткого замыкания;

5) для выполнения различных операций в цехах используется специальная электронная и полупроводниковая техника;

6) кроме сетей 35-220 кВ, в сетях 0,4-10 кВ практически отсутствует защита от перенапряжений, а в сетях 35-220 кВ предусмотрена защита только от грозных перенапряжений.

В связи с вышеизложенным перед энергетиками для увеличения времени безотказной работы стоят следующие задачи:

1) исследование импульсных перенапряжений на изоляции электрооборудования переменного и постоянного тока металлургических заводов и комбинатов;

2) изучение уровня внутренних (дуговых, коммутационных и феррорезонансных) перенапряжений в электрических сетях отрасли;

3) выбор оптимального варианта защиты линий и электрооборудования металлургических заводов и комбинатов;

4) изучение электрических и неэлектрических воздействий на выбранное средство защиты от перенапряжений;

5) выработка технических требований к средствам защиты от перенапряжений элементов;

6) дальнейшее внедрение многофункциональных защит типа БМРЗ-100.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 www.pavlodarnews.kz

2 **Иванова, Е. В., Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Рубан, К. С.** «Разработка экспериментального комплекса по защите элементов системы электроснабжения» // Материалы международной 4 научной конференции молодых ученых, студентов и школьников XII Сатпаевские чтения, ПГУ, апрель 2012 г. – 0,35 п.л.

3 **Шапкенов, Б. К.** Обеспечение непрерывного функционирования предприятий при отключении электроэнергии // Междунар. научно-практич. конф. «Снижение рисков и ликвидация последствий ЧС природ. и техноген. характера – приоритетные направления социальной безопасности и устойчивого развития в северных регионах РК. – Павлодар, 2009. – С. 68-73. – 6 с.

4 **Шапкенов, Б. К.** Многоуровневая защита деятельности предприятий от аварий и негативных факторов» // Журнал «Комплексная безопасность» № 10, 2009. – С. 115-119. – 5 с.

5 **Шапкенов, Б. К.** Снижение рисков в системах электроснабжения и коммуникациях категоризованных предприятий // Материалы между-народ. науч-теоретич. конф. «III Торайгыровские чтения». – 3 Т. – 2009. – с. 466-475.

6 **Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б.** Бифункциональные системы промышленной и бытовой автоматики // Материалы международной научно-практической конференции «Индустриально-инновационное развитие на современном этапе: состояние и перспективы». – Павлодар, 2009. – С. 75-78. – 4 с.

7 **Shapkenov, B. K., Markovsky, V. P., Kaidar, A. B.** Erfahrung mit dem gerät mikroprozessor relais schutzes // Материалы третьей международной научно-практической конференции «Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии», 10-12 сентября 2012 г., Екатеринбург, Россия. – 0,25 п.л.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*Е. У. Темирханов<sup>1</sup>, Б. К. Шапкенов<sup>2</sup>, А. Б. Кайдар<sup>3</sup>, М. Б. Кайдар<sup>4</sup>, А. П. Кислов<sup>2</sup>, В. П. Марковский<sup>2</sup>*

**«KSP Steel» және ТОО «Кастинг» жылдам микропроцессорлық БМРЗ-100 жүйелермен болат балқыту пештердің тәртіптеріне мониторинг және қорғау**

<sup>1</sup>«ҚазТрансГаз» АҚ, Астана қ.;

<sup>2</sup>С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;

<sup>3</sup>«ХимПарк Тараз» АЭА БҚ» АҚ, Шу қ.;

<sup>4</sup>«Амангелді газ» АҚ, Астана қ.

Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*Е. У. Temirhanov<sup>1</sup>, В. К. Shapkenov<sup>2</sup>, А. В. Kaidar<sup>3</sup>, М. В. Kaidar<sup>4</sup>, А. P. Kislov<sup>2</sup>, V. P. Markovskiy<sup>2</sup>*

**Protection and monitoring of furnaces modes on «KSP Steel» and LLP «Casting» BMRZ-100 high-speed microprocessor-based systems**

<sup>1</sup>JSC «KazTransGas», Astana;  
<sup>2</sup>S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar;  
<sup>3</sup>JSC «Management Company Free Trade Zone HimPark Taraz», Shu;  
<sup>4</sup>LLP «Amangeldy gas», Astana.  
Material received on 16.09.16.

*Мақалада Павлодар қаласындағы қара металлургия кәсіпорындарында апаттардың статистикасы қарастырылған, БМРЗ-100 микропроцессорлық қорғауды қолдану болат балқыту пештердің тез өзгертін жүктеме тәртібінде қорғау. БМРЗ-100 қолдану жай құралдардың уақыты мен апаттардың болуын төмендетуге жәрдемдеседі.*

*The article deals with the accident statistics on iron and steel enterprises of Pavlodar, application of microprocessor protection BMRZ 100 for protection against emergency operation furnaces with abruptly variable load. It is shown that the use of BMRZ 100 allows to significantly reduce accidents and downtime.*

УДК 546:669.58

**Д. Т. Толегенов<sup>1</sup>, К. Х. Жапаргазинова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>магистрант; <sup>2</sup>к.х.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар  
e-mail: <sup>1</sup>www.dika-92@mail.ru; <sup>2</sup>gul\_0859@mail.ru

## **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИНКОВЫХ ПОКРЫТИЙ В ПРИСУТСТВИИ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

*Исследовано влияние водорастворимых поверхностно-активных веществ на электроосаждение цинка из цинкатоного электролита. На основе проведенных исследований выбраны наиболее эффективные добавки и разработан состав сернистого электролита цинкования.*

*Ключевые слова: цинкование, сернистый электролит, водорастворимые полимеры, поверхностно-активные вещества (ПАВ).*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Электролитическое цинкование является одним из наиболее распространенных технологических процессов в современной гальваностегии. Цинк относится к весьма активным металлам, легко реагирующим с кислотными и щелочными растворами. В паре с железом цинк является анодом, поэтому в результате коррозионных процессов, происходящих на поверхности оцинкованных деталей, растворяется цинк, а не основной металл, который не корродирует до тех пор, пока сохраняется цинковое покрытие. Средняя скорость разрушения цинкового покрытия в промышленных районах составляет около 1,0-1,5 мкм в год, причем по мере накопления на поверхности продуктов коррозии цинка скорость растворения цинкового покрытия уменьшается и пленка из продуктов коррозии толщиной до 20 мкм служит своего рода дополнительной защитой. Хорошие защитные свойства цинка и его низкая стоимость по сравнению с другими цветными металлами обуславливают широкое распространение цинкового покрытия, которое составляет более 60 % от всех видов гальванических покрытий [1].

Широкое применение цинковых покрытий обусловлено их высокими защитными свойствами и относительно низкой стойкостью. Цинковые покрытия применяются главным образом для защиты от коррозии изделий из черных металлов, работающих в наружной атмосфере различных

климатических районов, а также в закрытых помещениях, атмосфера которых загрязнена газами и продуктами сгорания. Цинк может находиться в контакте со многими химическими средами. Перспективность применения цинковых покрытий кроме того обеспечивается значительными природными запасами цинка. Для цинкования используются различного типа электролиты – кислые, цианистые, аммиакатные, цинкатные, пирофосфатные. Во всех электролитах цинк двухвалентен, и, следовательно, его электрохимический эквивалент равен 0,339 мг/Кл. В промышленности применяются преимущественно цианидные электролиты цинкования для покрытия сложнопрофилированных изделий и кислые – для осаждения цинка на изделия простой геометрии. Основным недостатком цианидных электролитов является их высокая токсичность и нестабильность в работе [2].

В последнее время отдается предпочтение кислым электролитам цинкования, содержащим различные поверхностно-активные вещества (ПАВ), позволяющим получать блестящие покрытия с хорошими защитными свойствами. Такие электролиты являются менее токсичными и не требуют больших затрат на очистку сточных вод [3].

#### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Добавки – органические вещества, вводимые в кислые электролиты цинкования, улучшают структуру, внешний вид покрытий и равномерность распределения его на катодной поверхности. При цинковании с высокими плотностями тока органические вещества к электролиту не добавляют.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) являются и блескообразователями. К ним относятся фталиндисульфокислота, тиокарбамид, полиакриламид, морфин, пиперидин и столярный клей, органические вещества на основе соединений алифатического и ароматического ряда.

Все добавки (коллоиды и ПАВ) ухудшают качество осадка при повышенной температуре электролита. Поэтому в присутствии добавок в кислом электролите необходимо поддерживать комнатную температуру (18-25 °С).

Для электроосаждения цинковых покрытий наиболее перспективными по технико-экономическим показателям являются цинкатные электролиты с добавками органических поверхностно-активных веществ (ПАВ), что обусловлено простотой их состава, легкостью нейтрализации сточных вод, высокими эксплуатационными показателями растворов. Введение в эти электролиты таких органических добавок как полиэтиленполиамин (ПЭПА), полиэтиленмин (ПЭИ), азотсодержащие полимеры и гетероциклы, альдегиды, кетоны, спирты, ароматические соединения и их многокомпонентные

композиции позволяет получать полублестящие и блестящие покрытия цинком при комнатной температуре, повысить предельно допустимую катодную плотность тока и значительно улучшить равномерность распределения металла по поверхности деталей [4]. В цинкатном электролите, как показано в [5], содержатся коллоиды оксида или гидроксида цинка. При потенциалах электрода от минус 1,25 до минус 1,30 В, когда потенциал восстановления оксидных соединений не достигнут, коллоиды включаются в покрытие и способствуют образованию темных, рыхлых покрытий [4]. Для улучшения качества покрытий в этой области потенциалов необходимо вводить ПАВ, адсорбирующиеся на катоде и тормозящие процесс восстановления ионов цинката. Для предотвращения коагуляции образующихся за счет подщелачивания прикатодного слоя коллоидных частиц и их стабилизации вводимые ПАВ, как показано в [4], должны адсорбироваться на коллоидах. Коллоидные частицы в цинкатном электролите заряжены отрицательно, а, следовательно, ПАВ должны быть катионоактивными, чтобы обеспечить электрофоретический перенос коллоидов к катоду и участие их в процессе.

ПАВ широко используются в гальванотехнике и гидроэлектрометаллургии в качестве добавок к электролитам для улучшения эксплуатационных свойств получаемых покрытий и технологических показателей процесса электроосаждения (скорость осаждения, рассеивающая способность и др.) [4-7]. Применение органических добавок в экологически приемлемых электролитах на основе простых солей и комплексов металлов позволяет отказаться от токсичных цианидных электролитов, значительно сократить использование драгоценных или токсичных металлов, упрощает очистку сточных вод [7-8]. Использование новых высокоэффективных ПАВ дает значительный экономический эффект. Например из 250 млн м<sup>2</sup> цинковых покрытий, ежегодно осаждаемых в СНГ, примерно половина наносится из щелочных электролитов с добавками ПАВ.

Введение в эти электролиты таких органических добавок позволяет получать полублестящие и блестящие покрытия цинком при комнатной температуре, повысить предельно допустимую катодную плотность тока и значительно улучшить равномерность распределения металла по поверхности деталей. Под влиянием поверхностно-активных органических веществ изменяется кинетика электроосаждения металлов, структура и свойства осадков и электролитов (коррозионная стойкость, пористость, внутренние напряжения, твердость, блеск; рассеивающая, выравнивающая способность и стабильность электролитов). При электроосаждении сплавов добавки поверхностно-активных веществ могут оказывать влияние также и на состав сплава вследствие неодинакового действия на процессы восстановления разряжающихся ионов различных металлов.

Для изучения механизма действия водорастворимых ПАВ на процесс электроосаждения цинка приготовили сернокислый электролит цинкования различного состава (таблица 1).

Таблица 1 – Состав сернокислого электролита цинкования

Компонент	Концентрация, г/л
ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	80-130
NH <sub>4</sub> Cl	180-200
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	30-50
М-ПАА(МЭА)	0,5-2,5

К примеру, для приготовления 1 л электролита брали 80 г сульфата цинка семиводного, 180 г хлорида аммония, 30 г борной кислоты и 0,5 мл М-ПАА (МЭА) и все это растворяли в воде, доводя объем раствора до 1 л.

Электроосаждение проводилось на медную пластину. Пластина подвергалась чистке до блеска от оксидов. Рабочая поверхность электродов перед электроосаждением подвергалась механическому шлифованию, обезжириванию в органическом растворителе, химическому травлению в растворе HCl – 50 г/л. Площадь рабочей поверхности электрода составляла 1-2 см<sup>2</sup>. Нерабочая поверхность изолировалась кислотостойким лаком МЛ-92. Очищалась контактирующая часть медной проволоки. После проволока подвергалась взвешиванию, обезжириванию сухой содой и активированию 1М раствором H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Осаждение цинка на стальном электроде проводилось в стеклянной ячейке при 20-25 °С из растворов исследуемых электролитов в гальваностатическом режиме при плотностях тока  $i=0,5 - 4$  А/дм<sup>2</sup> и при толщине покрытия  $h=50$  мкм. Полимеры серии М-ПАА были использованы для изучения их влияния в качестве ПАВ на гальваностатическое осаждение цинковых покрытий [9].

При использовании в качестве ингибиторов полимеров серии М-ПАА(ТЭА), М-ПАА(ПВ) различных концентраций осаждение происходит некачественное, в результате образуется неравномерное покрытие темно-серого цвета.

Среди использованных добавок полимеры серии М-ПАА(МЭА) могут быть рекомендованы в качестве ингибиторов для получения цинковых покрытий в количестве 0,05-2,5 мг. Толщина покрытий относительно однородная, цвет покрытий варьируется от матового до серого (рисунок 1).

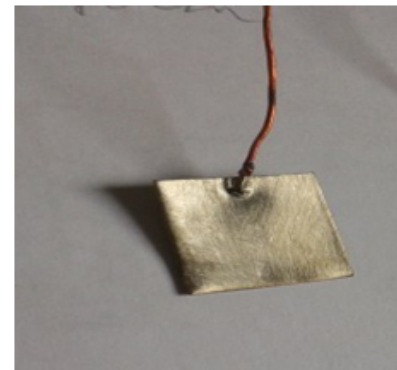


Рисунок 1 – Пластина с цинковым покрытием

Рассеивающую способность определяют по методу Херинга и Блюма. Полученные результаты показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика электролитов цинкования и покрытий

Электролит цинкования	Катодная плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	Рассеивающая способность, %	Предел прочности на разрыв, кг/мм <sup>2</sup>	Внутреннее напряжение, кг/см <sup>2</sup>	Вид покрытия
М-ПАА(ПВ)	2	52	25	160-180	Полублестящий с питтингом
М-ПАА(ПВ)	2	60	29	140-160	Крупнокристаллический
М-ПАА(ТЭА)	3	62	33	150-170	Мелкокристаллический
М-ПАА(ТЭА)	3	58	37	120-140	Полублестящий с питтингом
М-ПАА(МЭА)	4	70	43	100-120	Полублестящий
М-ПАА(МЭА)	4	73	48	90-100	Полублестящий

### ВЫВОДЫ

Таким образом, результат, получаемый при использовании предлагаемого электролита [10], заключается в повышении рассеивающей способности (52-73 %) и производительности (рабочая плотность тока – 0,5-4 А/дм<sup>2</sup>), что позволяет получать мелкокристаллические, полублестящие покрытия. Осаждаемые из этого электролита покрытия обладают высокими прочностными свойствами. Высокая рассеивающая способность позволит наносить покрытия на детали сложной конфигурации. Также установлено, что при потенциалах положительнее равновесного значения при электровосстановлении цинка из сульфатного электролита протекает процесс его дофазового осаждения с внедрением атомов цинка в поверхностные



слои электрода. Содержание цинка в поверхностном слое зависит от природы вводимых поверхностно-активных веществ. Образующийся сплав нестабилен, способен самопроизвольно растворяться.

В ходе исследовательской работы обоснован выбор оптимальной концентрации вводимых добавок полимеров: при использовании в качестве ингибиторов полимеров серии М-ПАА(ТЭА), М-ПАА(ПВ) различных концентраций осаждение происходит некачественное, в результате образуется неравномерное покрытие темно-серого цвета. Среди использованных добавок полимеры серии М-ПАА(МЭА) могут быть рекомендованы в качестве ингибиторов для получения цинковых покрытий в количестве 0,05 мг/л. Полученные осадки имеют однородный, матовый, серый вид, сплошное покрытие. Рассеивающая способность покрытий с добавкой МЭА, составляет от 2 % до 10 %. На основании исследований разработаны технологические рекомендации электроосаждения цинка из сульфатного электролита состава:  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  80 г/л +  $NH_4Cl$  180 г/л +  $H_3BO_3$  30 г/л + М-ПАА(МЭА) 0,05 мг/л.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Медведев, Г. И.** Исследование кинетики процесса электроосаждения цинка из сернокислых электролитов в присутствии продуктов конденсации и буферизирующих добавок / Г. И. Медведев, Е. А. Янчева // *Электрохимия*, 1991. – № 10. – С. 1231-1235.

2 **Наливайко, Е. В.** Интенсификация электроосаждения сплава цинк-никель из аммонийного электролита // *«Инженерный вестник Дона»*, 2012. – № 3.

3 **Плохов, С. В.** Электроосаждение цинка из сернокислых ионообменных электролитов / С. В. Плохов, И. Г. Матасова, В. М. Воротынцев, И. Ю. Харитоновна // *Известия вузов. Химия и химическая технология*, 2001. – № 5. – С. 171-174.

4 А.с. 4739542/02 СССР. Басова И. С., Войцеховская Р. Н., Тугушев А. Р., Сафиуллина Г. И., Шамгунова С. В., Гришина В. И. Электролит цинкования. – 30.04.1995.

5 **Gorlich, Z. Z.** Influence de la thiouree sur les propriétés de dépôts cathodiques de cuivre // *Ann Chim(France)*. – 1979. – V. 4. – № 3. – P. 215-222.

6 **Лебедева, В. Н., Поперека, М. Я.** Влияние органических веществ на электроосаждение меди // *Электрохимия*, 1968. – Т. 4. – № 1. – С. 79.

7 **Veberreitor, K. J.** *Coil. And Polym.Sci.*, 687, 490, 256, № 5, 1978.

8 **Кульман, Р. А.** О причинах длительного изменения поверхностного натяжения белковых растворов. *Коллоидный журнал*, 1969. – Т. 31. – С. 305-311.

9 **Ившин, Я. В.** Особенности электромеханохимических процессов нанесения цинкового покрытия / Я. В. Ившин // *Вестник Казанского технологического университета*, 2011. – № 22. – С. 132-136.

10 А.с. 2015/04432 РК Джакипбекова Н. О., Наурызбаев М. К., Нурманова Р. А., Иса А. Б., Тасбалтаева А. Б., Торошина Д. А., Толегенов Д. Т., Елтаева А. А., Махашов Е. Ж. Электролит цинкования. – 20.11.2015.

11 **Кочергин, С. М., Хонина, Л. Л.** Изучение механизма действия ПАВ при электроосаждении металлов методом радиоактивных индикаторов // *Журн. прикл. химии*, 1963. – Т. 36. – № 3. – С. 673-677.

12 А.с. 836233 СССР. Сернокислый электролит меднения стали // *Лошкарев Ю. М., Лошкарев М. А., Малыхова Л. И.* – ДСП от 07.06.1981.

13 **Негай, М. В., Игнатенко, Е. Х., Ницевич, В. С.** О микроструктуре медных покрытий, осажденных металлополимерные слои // *Вестник Киевского политехнического машиностроения и технологии*, 1979. – № 6. – С. 55-57.

14 **Антропов, Л. И., Негай, Н. В., Игнатенко, Е. Х., Ницевич, В. С.** О влиянии добавки КПИ-К2 на процесс электроосаждения меди // *Защита металлов*, 1979. – Т. 15. – № 4. – С. 474-476.

15 **Никулина, Н. П., Малькова, Л. И., Рысакова, Л. В.** Влияние некоторых азотсодержащих веществ на катодное выделение металлов // *Тр. 2-ой Укр. респ. конф. по электрохимии.* – Новомосковск, 1977. – «Электродные процессы и методы их изучения». – Киев, 1978. – С. 48-49.

16 А.с. 2001121463/02 РФ Медведев Г. И. Электролит цинкования. – 20.10.2002.

17 **Городецкий, Ю. С., Романов, А. М., Игнатова, Л. Ф.** Поляризация некоторых катодов присутствии меди и формалина // *Деп. в ВИНТИ №3069-79*, *Инст. прикл. физики АН МССР.* – 1979. – 19 с.

18 *Гальванические покрытия в машиностроении* / Под ред. М. А. Шлугера. – М. : Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 161 с.

19 *Гальванотехника* / Под ред. А. М. Гинберга. – М. : Металлургия, 1987. – 736 с.

20 **Ильин, В. А.** Цинкование, кадмирование, оловянирование и свинцевание. – Л. : Машиностроение, 1983. – 87 с.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*Д. Т. Толегенов, К. Х. Жапаргазинова*

**Суда ерігіш беттік-активті заттардың қатысуымен мырыш жабындылардың алу тәсілі**

С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*D. T. Tolegenov, K. H. Zhapargazinova*

**Methods of producing zinc coatings in water-soluble surface-active agents presence**

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.  
Material received on 16.09.16.

*Мырыштық электролиттен мырышты электрлік тұндыруға кейбір суда ерігіш беттік-активті заттардың (БАЗ) әсер етуі зерттелді. Жүргізілген зерттеулердің негізінде негұрлым тиімді қоспалар таңдалды және мырыштаудың күкіртқышқылды электролиті алынды.*

*The effect of water-soluble surfactants on zinc electrodeposition from zincate electrolyte is investigated. Selection of the most effective supplements and engineering of galvanizing sulphate electrolyte are based on the conducted researches.*

УДК 621.3

**Б. К. Шапкенов<sup>1</sup>, А. Б. Кайдар<sup>2</sup>, М. Б. Кайдар<sup>3</sup>,  
А. П. Кислов<sup>1</sup>, В. П. Марковский<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар; <sup>2</sup>АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу; <sup>3</sup>ТОО «Амангельды газ», г. Астана  
e-mail: <sup>1</sup>kislovpsu@mail.ru

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ УЗЛОВ**

*В статье рассмотрены причины аварийности транспортно-логистических узлов мегаполисов. Предложена система оценки безопасности и организационно-технические мероприятия на базе интеллектуальных систем контроля и управления дорожным движением.*

*Ключевые слова: дорожно-транспортные происшествия, матрично-растровое изображение, индикация пешехода, коэффициент безопасности, интеллектуальные системы контроля.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Существенно повысить безопасность на пешеходных переходах и снизить риски для участников движения возможно применением интеллектуальных систем управления движением. Это доказали эксперименты, проведенные по заказу Комитета дорожной полиции МВД Республики Казахстан на десяти участках дорог в шести крупных городах. Количество ДТП удалось снизить на 28 %. Аварий с участием пешеходов, велосипедистов и мотоциклистов стало меньше на 68 %, а несчастных случаев – на 45 %.

**ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Для обеспечения безопасности движения пешеходов к числу приоритетных мер относятся дорожные знаки «Пешеходный пере-ход»; островки безопасности с желто-белыми подсвеченными сигнальными столбиками на оси проезжей части; дополнительное искусственное освещение; табло обратного отсчета времени; пешеходные вызывающие устройства – кнопки; устройства, издающие звуковые сигналы для слабовидящих людей на светофорных объектах, имеющих пешеходную фазу.

Ряд указанных элементов имеется и в Павлодаре, но один из гарантов защиты пешеходов – островки безопасности, в 2013 году в Павлодаре почему-то были убраны.

– Не проходило и недели, чтобы кто-то из водителей не налетел на этот «островок» и не сносил бы его, – объясняет начальник отдела ЖКХ, пассажирского транспорта и автомобильных дорог города Павлодара Рыбас И.Н. [2]. – Нам постоянно приходится изыскивать средства на их восстановление.

Особо опасными участками являются участки улиц Естая – Кутузова, Кутузова – Толстого, Бекхожина в районе 42 школы, Ткачева в районе 25 школы, Торайгырова – Сатпаева, ак. Чокина в районе 9 школы и ПГУ, Лермонтова – Бектурова, Лермонтова – Кутузова и др. Взамен на некоторых участках дорог были установлены лежачие полицейские, однако они не решают проблемы, тем более что на улице Кутузова нет ни одного лежачего полицейского.

В Павлодаре за первые четыре месяца 2015 года в регионе произошло 236 ДТП [1], в которых 12 человек погибли и 292 получили различные травмы. 41 авария произошла по вине пешеходов, а это примерно 30 процентов от общего числа ДТП. В основном несчастья случались, когда люди переходили дорогу в неполюженном месте, чаще всего вечером и ночью. С начала года за нарушения правил дорожного движения административную ответственность в области понесли более трех тысяч пешеходов. Большинству из них пришлось заплатить штраф 5 МРП.

В то же время, в 2015 году в населенных пунктах совершено 80 % от всех ДТП или 18 678 (+88 %, 2014 год – 9 952) ДТП, в которых погибли 1 220 (+8 %, 2014 год – 1 131) и получили травмы 22 337 (+97 %, 2014 год – 11 344) человек. В среднем на улично-дорожную сеть населенных пунктов республики приходится 40 % от всех погибших и 75 % раненных в ДТП людей.

Указанные тенденции свидетельствуют о недостаточности принимаемых мер местными исполнительными органами по обеспечению безопасности дорожного движения. Как показывает опыт развитых стран, усиление надзора за дорожным движением, без соответствующего развития дорожно-транспортной инфраструктуры не позволит обеспечить надлежащий уровень дорожной безопасности в стране.

Не сказать, что профилактическая работа не ведется нельзя. Так [3] по пяти мероприятиям Отраслевой программы обеспечения безопасности дорожного движения в Республики Казахстан на 2013-2015 годы в 2014 году были освоены средства из республиканского бюджета на сумму 1 млрд. 254,126 млн. тенге, в т. ч. на внедрение на улично-дорожной сети городов

интеллектуальных систем контроля за дорожным движением, совмещающих функции по фиксации нарушений правил дорожного движения и интегрируемых с системами видеонаблюдения центров оперативного управления органов внутренних дел (25 ед.) – 505,125 млн. тенге;

В настоящее время в 7-ми городах республики установлены интеллектуальные системы контроля над дорожным движением, подписаны соответствующие акты. Приобретение и установку систем выявления нарушений скоростного режима и проезда на красный сигнал светофора (3 полосы движения в одну сторону, 5 ед.) – 64,742 млн. тенге;

На данный момент интеллектуальные системы контроля над дорожным движением функционируют в полном объеме, проведена интеграция с центрами оперативного управления ОВД, центрами по обработке правонарушений выявленных автоматическими системами, а также с учетами угнанных транспортных средств интегрированного банка данных МВД.

В ДВД Алматинской, Карагандинской и Павлодарской области установка и ввод в эксплуатацию 5 ед. комбинированных систем выявления нарушений скоростного режима и проезда на красный сигнал светофора завершены полностью.

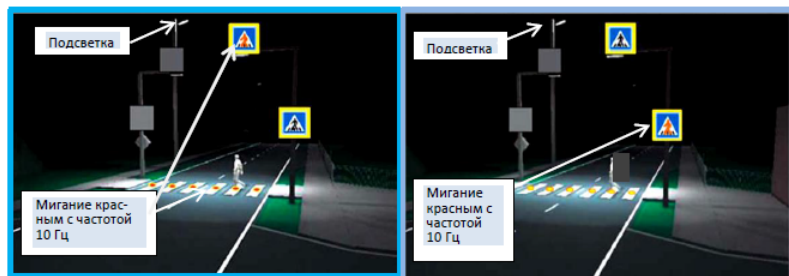
Тем не менее, статистика показывает, что количество жертв на пешеходных переходах растет.

Поэтому необходимо разработать и внедрить более эффективную систему обеспечения безопасности пешеходов (СОБПП).

#### **Состав и функции разработанной СОБПП**

Набор технических средств и дополнительно выделенная система дорожных знаков образуют систему «Безопасный переход». Рис. 1–3 дают представление об общем виде СОБПП, ее функциональных возможностях и схемах решения [4–10]. СОБПП выполняет следующие функции:

- обнаружение пешеходов (постоянно);
- индикация «Пешеход на переходе» (постоянно);
- дополнительное специальное освещение перехода (ночью);
- дополнительное выделение ПП (постоянно).



а) б)

Рисунок – 1 Оснащение перекрестка элементами обеспечения безопасности: а – режим «Пешеход на переходе»; б – режим «Нет пешехода»

**Режимы работы разработанной СОБПП**

В режиме «Нет пешехода»:

- ПП выделяется встроенными светодиодными светильниками белого цвета (постоянно);
- переход и входы на него подсвечиваются прожекторами (ночью);
- подсвечивается знак перехода (ночью);
- функционирует рамка знака из светоотражающей пленки (постоянно).

В режиме «Пешеход на переходе»:

- система выделяет фактическое присутствие (нет временных установок или кнопок) пешехода в зоне входа, при этом встроенные светодиодные светильники мигают красным (постоянно);
- светодиоды, выделяющие идущего человека на знаке перехода, начинают мигать с частотой 10 Гц (постоянно);
- переход подсвечивается прожекторами;
- функционирует рамка знака из световозвращающей пленки (постоянно).

**Коэффициент безопасности**

Для выявления опасных участков дорог вводится общий оценочный коэффициент безопасности ( $K_B$ ) ПП, характеризующий условия движения пешеходов на конкретном участке дороги и подходе к нему

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} k_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^{n-1} w_i},$$

где  $i$  - количество средневзвешенных оценок [0, n-1];

- $w_i$  - весовые коэффициенты;
- $k_i$  - оценочные коэффициенты, которые могут быть следующими:

- наличие знаков ПП -  $k_3$ ;
- дорожная разметка -  $k_p$ ;
- наличие действующего светофора -  $k_c$ ;
- зеленые фазы светофора только для пешеходов -  $k_{СП}$ ;
- освещенность зоны ПП (в сумерки и темное время суток) -  $k_{от}$ ;
- освещенность зоны ПП (в светлое время суток) -  $k_{со}$ ;
- интенсивность движения транспорта вблизи ПП -  $k_{ит}$ ;
- интенсивность движения пешеходов вблизи ПП -  $k_{ип}$ ;
- наличие остановки общественного наземного транспорта -  $k_{но}$ ;
- наличие пешеходного островка безопасности на длинном переходе -  $k_{ноб}$ .

Оценку каждой переходной зоны желательно проводить по уровням:

1 – «очень хорошо», 2 – «хорошо», 3 – «приемлемо», 4 – «плохо», 5 – «очень плохо». Для корректной оценки существующих пешеходных зон предполагается заполнить таблицу, в которой показателями являются весовые коэффициенты  $w_i$ , полученные по вышеприведенной формуле.

В результате внедрения предлагаемой СОБПП в практику дорожного движения:

- ПП будет отчетливо выделен для всех участников движения;
- удастся достичь четкого выделения фактического присутствия пешехода на переходе или в смежной зоне входа;
- будет производиться индикация, непосредственно и точно связанная с фактическим присутствием пешеходов: люди, движущиеся медленно, быстро или с нормальной скоростью, с детскими колясками, дети и т. д. получат достоверное обозначение [4-10];
- ситуация на переходе независимо от возможных помех (едущие машины, припаркованные автомобили, здания, мешающие обзору, и т. д.) станет легко понимаемой для водителя.

**Усовершенствование средств безопасности**

Безопасность пешеходных переходов и разработанная система обеспечения безопасности пешеходов, будет эффективной не в полной мере, если пешеходный переход не оснастить средствами вызова экстренной технической (спасатели, ЧС, ГИБДД) и медицинской помощи.

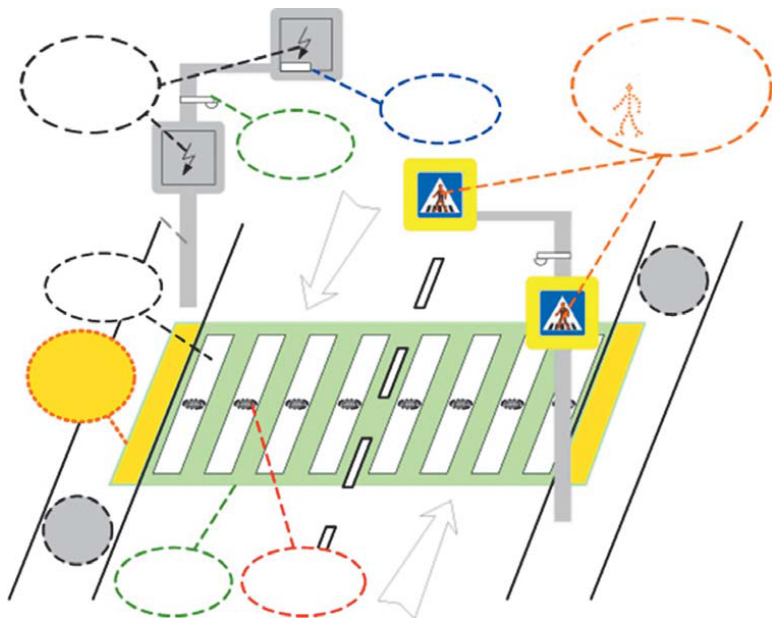


Рисунок – 3 Формирование матрично-растрового изображения несколькими излучателями

Для обеспечения безопасности пешеходных переходов и уменьшения числа ДТП предлагаем изменить внешний вид пешеходных переходов в соответствии с предлагаемыми решениями. Действующий в РК ГОСТ Р 52766-2007 «Дороги автомобильные общего пользования элементы обустройства. Общие требования» допускает наличие дорожной разметки и знаков, предупреждающих о приближении к пешеходному переходу, по сторонам дороги; установка знаков над переходом не регламентирована, но и не запрещена. Переходы предполагается оснастить датчиками движения, специальными знаками и спецпокрытием с ультрафиолетовой подсветкой, работающей на солнечных батареях или от ветряков (для экономии электроэнергии).

#### Рекомендуемые организационно-технические мероприятия

Для снижения числа потерпевших в дорожно-транспортных происшествиях на пешеходных переходах необходимо:

1) внедрение на улично-дорожной сети городов интеллектуальных систем контроля над дорожным движением на базе микропроцессорных модулей, совмещающих функции по фиксации нарушений правил дорожного

движения и интегрируемых с системами видеонаблюдения центров оперативного управления органов внутренних дел.

2) Местным исполнительным органам необходимо акцентировать внимание на приоритетности жизни и здоровья граждан, на развитие дорожно-транспортной инфраструктуры населенных пунктов, а не ориентироваться на финансовые затраты и их окупаемость для местных бюджетов.

3) Учитывая, что усиление надзора за дорожным движением, без соответствующего развития дорожно-транспортной инфраструктуры не позволит обеспечить надлежащий уровень дорожной безопасности, местным исполнительным органам совместно УДП ДВД для снижения травматизма в ДТП на пешеходных переходах области необходимо изыскать из средств местного и республиканского бюджета средства для оснащения особо опасных пешеходных переходов системой обеспечения безопасности.

#### ВЫВОДЫ

Внедрение на улично-дорожной сети городов интеллектуальных систем управления и контроля над дорожным движением на базе микропроцессорных модулей, повысит безопасность пешеходов, снизит аварийность транспорта, упорядочит движение транспорта, снизит пробки на дорогах.

Визуализация матрично-растрового предупреждающего изображения дорожной разметки на пешеходных переходах повысит комфортность работы водителей общественного транспорта в любую погоду, а визуализация излучателями изображения островка безопасности или бетонного препятствия заставит водителя автотранспорта объехать препятствие или затормозить.

Массовое внедрение такой технологии позволит более рационально использовать электроэнергию, снизить ее потери; обеспечивать тех же потребителей (группы электроприемников) меньшим количеством электроэнергии; снизить затраты на электроэнергию, затраты на топливо, масло, охлаждающую жидкость при питании от генератора; продлить срок службы электроприемников, уменьшить их износ, обеспечить безотказную работу электроприемников; снизить расходы на источники электроэнергии, так как для той же группы электроприемников возможно использование генератора меньшей мощности.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 <http://pavlodarnews.kz/kazhdoe-vtoroe-dtp-v-pavlodarskoj-oblasti-svyazano-s-naezdami-na-peshexodov.html>

2 <http://www.automan.kz/402359-v-pavlodare-ubrali-peshekhodnye-ostrovki.html>

3 [http://www.analyt\\_db\\_kaz](http://www.analyt_db_kaz)

4 **Shapkenov, B. K., Markovskiy, V. P., Kaidar, A. B.** Erfahrung mit dem gerät mikroprozessor relaisschutzes // Материалы третьей международной научно-практической конференции «Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии», 10-12 сентября 2012 г., Екатеринбург, Россия. – 0,25 п.л.

5 **Шапкенов, Б. К., Калиев, Б. З., Кайдар, А. Б.** «Синтез систем автоматического управления объектов с дрейфом параметров и их анализ». Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию Независимости Республики Казахстан «III Аймауыттар тағылымы», 22-23 ноябрь 2011 г. – Павлодар : ПГУ им. С. Торайғырова. – С. 296-307. – 0,35 п.л.

6 **Шапкенов, Б. К., Калиев, Б. З., Кайдар, А. Б., Садықов, А. К.** Анализ и параметрический синтез стохастических систем управления. Сборник докладов X Международной НПК «Проблемы и достижения в промышленной энергетике» в рамках выставки «Энергетика и электротехника – 2011» 16-18 ноября 2011 г. – г. Екатеринбург, ЗАО «Уральские выставки», ЗАО «Энергопромышленная компания». – 0,35 п.л.

7 **Шапкенов, Б. К., Қайдар, А. Б.** Элементы автоматики для энергосбережения в системах освещения // Наука и техника Казахстана, 2011. – № 1-2. – С. 77-83.

8 **Kaidar, A. B., Martines, C., Singh, H., Shapkenov, B. K.** Advantages of microprocessor intell`s X86. // Материалы международной научной конференции молодых ученых, студентов и школьников «XIII Сатпаевские чтения». – Павлодарский государственный университет им. С. Торайғырова, 11-13 апреля 2013 года. – Т. XIII. – С. 68-69.

9 **Shapkenov, B. K., Kaidar, A., Martines, C., Singh, H.** Using the microprocessor intel`s x86 in electrical engineering // Материалы XXXIX научно-практической конференции Малой Академии Наук Республики Казахстан «Интеграция образования и науки – шаг в будущее». – Павлодар : Инновационный Евразийский Университет, 4-5 апреля, 2013.

10 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Ашимова, А. К.** ШИМ и МРРТ контроллеры // Материалы международной научной конференции молодых ученых, студентов и школьников «XV Сатпаевские чтения». – Павлодар : ПГУ, апрель 2015. – Т. 15. – С. 54-59.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*В. К. Шапкенов<sup>1</sup>, А. Б. Кайдар<sup>2</sup>, М. Б. Кайдар<sup>3</sup>, А. П. Кислов<sup>1</sup>, В. П. Марковский<sup>1</sup>*

**Көлік-логистикалық түйіндердің басқарулар микропроцессорлық жүйелердің әбден жетілдіру**

<sup>1</sup>С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

<sup>2</sup>АҚ «БС ЕЭЖА ХимПарк Тараз», Шу қ.

<sup>1</sup>АҚ «Амангельды газ», Астана қ.

Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*В. К. Shapkenov<sup>1</sup>, А. В. Kaidar<sup>2</sup>, М. В. Kaidar<sup>3</sup>, А. Р. Kislov<sup>1</sup>, V. P. Markovskiy<sup>1</sup>*

**Improvement of microprocessor control systems of transport and logistics junctions**

<sup>1</sup>S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar;

<sup>2</sup>JSC «Management Company Free Trade Zone HimPark Taraz», Shu;

<sup>3</sup>LLP «Amangeldy gas», Astana.

Material received on 16.09.16.

*Мақалада көлік-логистикалық мегаполистер түйіндердің апаттық себептері қарастырылған. Жол қозғалысты бақылауға және басқаруға зияткерлік жүйелер базасында қауіпсіздіктер және ұйымдастыру-техникалық шаралар бағалардың жүйесі ұсынылған.*

*The article describes the causes of the accidents at the transport and logistics junctions in megacities. It proposes the system safety assessment, organizational and technical measures on the basis of intelligent control systems and traffic management.*

**Б. К. Шапкенов<sup>1</sup>, А. М. Акаев<sup>2</sup>, А. Б. Кайдар<sup>3</sup>,  
А. Ж. Динмуханбетова<sup>4</sup>, М. Б. Кайдар<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Т.ғ.к., қауымд. профессор, «Электрэнергетика» кафедрасы; <sup>2</sup>докторант, «Электрэнергетика» кафедрасы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.; <sup>3</sup>Техника және технология магистры, бас менеджері, «УК СЭЗ «ХимПарк Тараз» АҚ, Шу қ., Қазақстан; <sup>4</sup>техника және технология магистры, аға оқытушы, «Электрэнергетика» кафедрасы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.; <sup>5</sup>менеджер, «Амангелды газ» ЖШС, Астана қ.  
e-mail: <sup>1</sup>argin\_intel@mail.ru; <sup>2</sup>aybek.akaev.vko\_81@mail.ru; <sup>3</sup>argin\_intel@mail.ru; <sup>4</sup>ardi100909; <sup>5</sup>m.kaidar@amangeldygaz.kz

## ТУРА САҢДЫҚ БАСҚАРУМЕН ИНВЕРТОРЛАР

*Мақалада үш фазалы қозғалтқыштар жылдамдықты реттеу үшін жиілік түрлендіргіштер синусоидалы орталықты (симметриялы) кең-импульсты модуляция режимдерде кернеу инверторлармен басқару орындалды.*

*Кілтті сөздер: кең-импульсты модуляция, инверторлар, күштік кілттер, базалы векторлардың модуляциясы.*

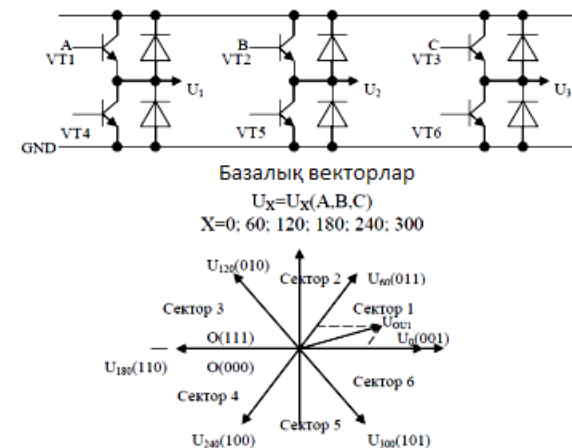
### КІРІСПЕ

Үш фазалы қозғалтқыштар жылдамдықты реттеу үшін қазіргі көбінесе шығарылатын жиілік түрлендіргіштер синусоидалы орталықты (симметриялы) кең-импульсты модуляция режимдерде кернеу инвертормен басқарылады.

### НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Әдістің маңызы берілген жиілікте (10-20 кГц) инвертордың барлық алты кілтпен бір уақытта басқаруы, инвертор әрбір тіркеу ортаңғы нүктелерде бір бірден 120 градусқа жылжыған синусоидалы шығу кернеулер  $U_p$ ,  $U_2$ ,  $U_3$ , тербелістер пайда болып орындалады, 1 сурет.

Осы кезде жоғары мен төменгі кілттер фазаға қарсы коммутациялайды және шығу сигналдың максимал амплитудасы тұрақты ток звенода кернеу жартысына тең болып табылады  $U_{dc}/2$ . Егер  $U_{dc}$  кернеуді жасалу үшін басқару емес стандартты түзеткішті пайдаланып, онда қозғалтқыш кернеу бойынша 15 % шамамен толық емес пайдалануы болып қалады.



Сурет 1 – КИМ (кең-импульсты модуляция) – базалы векторлардың модуляциясы

Бүгінде барлық теориялық сұрақтар шешілген деп айтуға болады және де КИМ – генераторларға салынған бір неше арналған микроконтроллер құрылғыларда аспапты жасалған.

Базалы векторлардың кең-импульсты модуляция атауы әдістің маңызы, инвертордың барлық кілттер бір уақытта коммутациясынан қарсынан және алдын ала инвертор жағдайымен таңдалып, осының әрбірі қозғалтқышқа салынған нәтижелі кернеу анықтамалы кеңістік векторына сәйкесті бірнеше арасындағы коммутациясына көшуіне болып табылады.

1 кестеде күштік кілттердің қосу сұлбасы және 6 – тақты стандартты коммутацияға сәйкесті 1; 0,5; 0,5 (жоғарғы кілт, екі төменгі немесе екі жоғарғы, төменгі) жие пайдаланатын базалы векторлар үшін векторлық диаграммалар келтірілген.

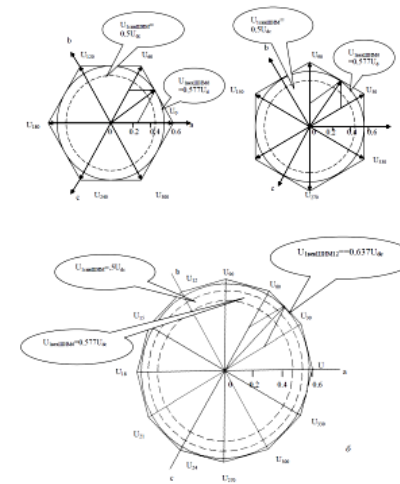
Кесте 1 – Күштік кілттердің қосу сұлбасы және векторлық диаграммалар

Базалы вектор		Қосу сұлбасы және векторлық диаграммалар	Фазды кернеулер $U_{\phi}/U_{dc}$		
Белгі	Код		$U_c$	$U_b$	$U_a$
O(000)	000		0	0	0
$U_0(001)$	001		-1/3	-1/3	+2/3
$U_{60}(011)$	011		-2/3	+1/3	+1/3
$U_{120}(010)$	010		-1/3	+2/3	-1/3
$U_{180}(110)$	110		+1/3	+1/3	-2/3
$U_{240}(100)$	111		+2/3	-1/3	-1/3

$U_{300}(101)$	101		-1/3	+2/3	-1/3
0(000)	000		0	0	0

КИМ векторда инвертордың сегіз мүмкін жағдайын көрсетеді және оларды 000 ден 111 дейін екі сандықпен нумерация жасайды. Әрбір разряд, қазіргі уақытта стойканың қандай кілтті іске қосылған. Бірге тіреуінің жоғары кілт қосу жағдайы және төменгінің қосу жағдайы, нолге төменгі кілт іске қосылған және жоғары ажыратылғанына сәйкесті болып табылады.

Графикалық мүмкін жағдайын алтыгранник түрінде көрсетуі мүмкін, сурет 2.



Сурет 2 – КИМ-модуляция базалық векторлар әртүрлі әдістердің салыстыра талдау



Сегіз базалы векторлар бар болғанда, олардың екеуі «нолді» кернеу ажыратуынан (0), ал басқалар кеңістікте 60 градуска ығысу, 2 сурет, КИМ периодта екі базалы векторлар ағынды сектор  $U_x$  мен  $U_{x+60}$  және O(000) мен O(111) нолдік векторлар арасында кез келген шығу кернеудің керекті векторды көрсетуі мүмкін болады.

2 суретте көрсетілген (сол жақ жоғары), шекті жағдайда, нолдік векторлар пайдаланған емес кезінде, нәтиже кернеу вектор годографы базалы векторлар аймағында жазылған алтыбұрыштық көрсетеді. Базалы вектордың амплитудасы  $2/3 U_{dc}$  есебімен, нәтижелі кернеу айнымалы годограф векторы  $0,577 U_{dc}$  амплитудасымен болады, ол орталықты КИМ классикалық синусоидалы жағдайы үшін шығу кернеу амплитудасынан 15 % үлкен болып табылады.

Векторлы КИМ негізгі кемшілігі «өшірілген» уақыт әсерінен секторлар шегінде векторлар орындау мүмкін еместігі болып табылады [1, 2]. Оның болғаны аз айналу жылдамдық (кернеу вектор аз амплитудасы) істе ток регуляторлар сызықты еместігімен кездескенде және берілген токты істе алмайды. Мысал келтіреміз. Егер жоғары кілттің фазасы нолге қарай, ал ток фазаға құйылса, онда фазаның ортаңғы потенциал эффекті мәні берілгеннен жоғары болады, ол «өшірілген» уақыт ағын есебімен ток жоғары кері диод арқылы ағады. Сонымен вектор, сектор шегіне «қалығымен» келеді, яғни потенциал фаза нолге келігімен, кернеу фазасы «өшірілген» уақыт шамасымен анықталады. Егер кернеу векторы әрі қарай бұрылса, онда жұмыс секторы көршісіне ауысуы болады (2 сурет), сонда осы фазасы толық ажыратылған, яғни тұрақты ток минусуы шина звено салыстырмалы оның потенциалы нолге тең болып табылады.

Әр авторлар осы өзгерген потенциалды жою үшін әр түрлі әдістер келтіреді, 12-секторды КИМ векторға көшуі [3]. Бірақ мәселе қалады, бірақ басқа доғалы электрлік бұрышта осы жағдайда фазаның реттеу тоғы сызықты еместігімен істе болады. Осы КИМ векторлық кемшілігі кернеу аз амплитудасында көрінген және аз өшірулімен байланысты, оны кернеу жасау жаңа әдісте жою қажетті болады [4, 5].

Жасалған әдісі тұрақты ток кері мен оң шина звено арасындағы фазды потециал салмағында негізделген. Кернеу векторлар полярды координаттан үшфазалы жүйеге немесе екіфазалы үшфазалы жүйеге кері фазда түрлендіру уақытта векторлы басқару жүйесінде түрлендіру кезінде фазды потенциал болып табылады.

Егер барлық алынған фазды потенциал мәндеріне тұрақтылығын қосып немесе алып, онда сызықты кернеу мәні өзгермейді, себебі олар фазды потенциал айырмасын көрсетеді.

Керекті қосындысы фаза арасындағы потенциал максимал айырмасынан шешіледі.

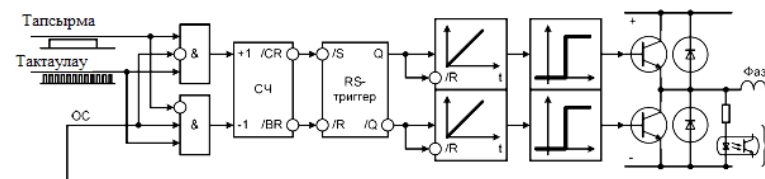
Бір период бойынша инвертордың барлық алты кілттер комутациялайды КИМ вектормен салыстырғанда тұрақты ток кернеу звено пайдалануы бойынша осы КИМ әдісі тең эффектігін алады. Ол кілттерде динамикалық шығындарды көтереді, бірақ жүйе анықтамалы артықшылықтарды алады.

Амплитудамен нолге тең кернеу векторлар 50 % скваждау кезінде орындалады, ол саңылауы мен қозғалтқыштың сызықты кернеу арасында сызықты байланысын қамтамасыз етеді [5]. Сызықты еместігі, синусоидалы мен векторлы КИМ болған жағдайда, «өшірілген» уақыт әсері болуымен фаза тоғы белгісін өзгеру кезінде ғана пайдалынады. Ток белгісін талдап бағдарламалы немесе берілген сигнал мен қосылған инвертор арасында айырмасын талдау үшін бағдарламалы логикалық матрицасын қолданып аспапты деңгейде [6] осы әсермен күресуге болады.

Бағдарламалы жағдайларда аз токтармен және нол арқылы ток өткен кезде көп мәселелер тұдырады. Осы кезде жүйе сызықты емес жерін өткен кезде (ток нол өткен кезде) коррекция үшін пайдалынатын ток белгісі туралы ақпарат жойылады.

Бағдарламалы логикалық матрица базасында «өшірілген» уақыт аспапты компенсатор осы кемшілігі болмайды, себебі ол толық ақпаратты оптрон датчигі көмегімен кернеу вектор жасау туралы алады.

Басқару сигналды тапсырмамен салыстырғанда ПЛМ логика қателігін интегралдайды, одан қарай оны қосып бақару импульс көлденең үлкейтіп, артыңғы фронты кешіптіру немесе азайтып алдыңғы фронты кешіп қалу. «Өшірілген» уақыт аспап компенсатор бар құрылғының функционалды сұлбасы 3 суретте келтірілген.



Сурет 3 – «Өшірілген» уақыт аспап компенсатор бар құрылғының функционалды сұлба нұсқасы

### ҚОРЫТЫНДЫ

Синусоидалы КИМ алты ауыстырып қосумен салыстырғанда КИМ уақытта кілттердің төрт коммутациясы болады, ол инверторда динамикалық шығындарды кемітеді. Векторлық КИМ тұрақты токтың звеноның кернеу

қорын максималды толық пайдаланады, ол синусоидалы КИМ салыстырғанда 15% үлкен болып табылады. Жоғарғы кілттердің драйверлер бутстрепты қоректендіру бар инверторлар үшін, яғни төменгі шинаға бекітіп пайдалануы бутстрепты сыйымдылықтан немесе «өзгерген» көзінен қоректендіру алатын, яғни инвертор нолді жағдайды 000 қолдану кезінде базалы векторлардың айналдыру бағытын таңдау қажетті.

## ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **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 International native scientific and technical conference «YI reading of Sh. Shokin», October 10, 2014. – P. 134-140.

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

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

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

5 **Kislov, A. P., Kaidar, A. B., Shapkenov, B. K.** Diagnosis of inverter drives' faults. Scopus and Web of Science «Applied Mechanics and Materials», 15-18 Juni 2015. Zürich, Schweiz. – P. 258-271.

6 **Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Govorun, V. F., Shapkenov, B. K., Volgin, M. E., Padrul', N. M., Zhumadirova, A. K.** Fault reconfiguration paradigm for the cascaded H-bridge multilevel inverter drive // Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии: Сборник докладов 4-й международной научно-практической конференции в рамках выставки «Энергосбережение. Отопление. Вентиляция. Водоснабжение» (27-29 мая 2015 г.). – Екатеринбург : ЗАО «Уральские Выставки, 2015. – 23-28 с.

Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*Б. К. Шапкенов<sup>2</sup>, А. М. Акаев<sup>1</sup>, А. Б. Кайдар<sup>1</sup>, А. Ж. Динмуханбетова<sup>1</sup>, М. Б. Кайдар<sup>3</sup>*

### **Инверторы с прямым цифровым управлением**

<sup>1</sup>Павлодарский государственный университет

имени С. Торайгырова, г. Павлодар;

<sup>2</sup>АО «УК СЭЗ ХимПарк Тараз», г. Шу;

<sup>3</sup>ТОО «Амангельдыгаз», г. Астана.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*Б. К. Шапкенов<sup>2</sup>, А. М. Акаев<sup>1</sup>, А. Б. Кайдар<sup>1</sup>, А. Ж. Динмуханбетова<sup>1</sup>, М. Б. Кайдар<sup>3</sup>*

### **Inverters with direct digital control**

<sup>1</sup>S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar;

<sup>2</sup>JSC «Management Company Free Tradezone HimPark Taraz», Shu;

<sup>3</sup>LLP «Amangeldy gas», Astana.

Material received on 16.09.16.

*В статье рассмотрены преобразователи частоты для регулирования скорости вращения трехфазных двигателей обеспечивающих управление инвертором напряжения в режиме синусоидальной центрированной (симметричной) широтно-импульсной модуляции.*

*In the article there are considered the frequency converters for the speed regulation in three-phase motors that control the voltage inverter in sinusoidal centered (symmetric) mode of pulse width modulation.*

**К. Д. Юсупов<sup>1</sup>, Д. С. Туркбенова<sup>1</sup>, У. С. Дюсекенова<sup>2</sup>,  
М. А. Сулейменов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>магистранты; <sup>2</sup>преподаватель; <sup>3</sup>д.х.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар  
e-mail: <sup>2</sup>umsunduk@mail.ru

## **ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА МОТОРНЫХ ТОПЛИВ**

*В настоящей статье авторы дают анализ промышленному каталитическому производству моторных топлив из светлых фракций нефти, основным достоинствам и отличительным особенностям.*

*Ключевые слова: моторные топлива, каталитическая нефтепереработка.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

До конца 70-х годов за выход суммы светлых нефтепродуктов принимали 95-97 % ее потенциала, определяемого как сумма фракций 28-350 °С по кривой ИТК. В 80-е годы во ВНИИ НП разработан и широко вошел в промышленную практику метод определения потенциала светлых нефтепродуктов, сущность которого заключается в определении ПССН не как постоянной величины для нефти, а как функции качества нефти и ассортимента нефтепродуктов. Представление о суммарном потенциале как о переменной величине для каждой нефти служит основой для исследования принципиальной возможности увеличения выработки суммы светлых нефтепродуктов из одного и того же сырья за счет оптимизации структуры выхода дистиллятов на установках АТ и АВТ. При наличии на НПЗ нескольких АТ и АВТ оптимизация структуры выходов должна выполняться для каждой установки отдельно, что даст суммарный результирующий эффект.

### **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

ВНИИ НП разработано математическое описание «Потенциал светлых» (МО «ПСВ»), позволяющее максимизировать выход целевых продуктов при переработке на одном НПЗ нескольких различных нефтей на отдельных АТ и моделировать возможные колебания в качестве нефтей. В частности,

сравнение фактических балансов переработки товарных нефтей на Орском НПЗ в расчете за один квартал с оптимальными, рассчитанными по МО «ПСВ» (таблица 1), показывает, что рекомендуемые выходы отдельных продуктов могут в 2-5 раз отличаться от фактических.

Таблица 1 – относительный выход топливных продуктов (рекомендуемый к фактическому) для различных нефтей на Орском НПЗ, % отн.

Товарная нефть	Выход топливных дистиллятов			Потенциал суммы светлых, % на нефть	
	бензина	дизтоплива зимнего	дизтоплива летнего	фактический	рекомендуемый
Смесь западно-сибирской и шкаповской	107	20	123	50,1	50,9
Западно-сибирская	108	0	129	60,4	61,3
Мартышинская	29	247	0,0	39,0	39,9
Жирновская	42	288	25	50,8	50,3
Казахстанская	61	247	69	42,5	43,7
Среднее значение для перерабатываемого ассортимента нефтей	100	100	100,3	49,0	49,8

В результате более полного учета качества нефтей потенциал светлых по всем установкам первичной перегонки нефти возрос на 0,8 % на нефть, выход дизельного топлива летнего – на 3,1 % [1].

Внедрение данной методики дало возможность нефтеперерабатывающим заводам значительно увеличить выработку светлых нефтепродуктов. Предложенный метод получил широкое применение в практике НПЗ и применяется до настоящего времени.

Возможности расширения ресурсов и увеличения выработки моторных топлив зависят от требований к их качеству. Поэтому необходима критическая оценка этих требований, в первую очередь к топливам массовых сортов. Следует выявить те показатели качества, уровень которых сдерживает отбор топлив от нефти, и, изменив их с учетом обеспечения нормальной работы двигателей, расширить ресурсы этих топлив. Так, для прямогонных бензиновых фракций – сырья каталитического риформинга – их выход, определяемый концом кипения, зависит от требований к сырью этого процесса. Как правило, верхний предел выкипания бензиновых фракций изменяется в интервале температур 150-180 °С. При этом, чем больше тяжелых фракций вовлекается в сырье каталитического риформинга, тем меньше их остается для использования в составе керосиновых дистиллятов. Каких-либо лимитирующих показателей качества прямогонных бензинов не отмечается, и объем их производства определяется в основном мощностью установок каталитического риформинга, имеющихся на конкретном нефтеперерабатывающем предприятии.

Деструктивные процессы переработки нефти за счет разложения высококипящих фракций позволяют существенно увеличить выход светлых нефтепродуктов. С точки зрения максимального повышения выхода высококачественных компонентов моторных топлив наиболее эффективна каталитическая и гидрогенизационная переработка вакуумных дистиллятов, т.е. освоение процессов каталитического крекинга и гидрокрекинга.

Процессы деструктивной переработки нефтяного сырья могут быть условно подразделены на каталитические, термические и гидрогенизационные, которые в ряде случаев сочетаются со стадией предварительной подготовки сырья методами деасфальтизации, адсорбционной очистки и гидроочистки, а также комбинированные (гидровисбрекинг, термический гидрокрекинг и др.) [2].

К процессам, направленным на облагораживание нефтяных остатков, следует отнести также сольвентные и адсорбционные технологии. Под каталитическими процессами понимается совокупность различных вариантов каталитического крекинга нефтяного сырья в присутствии расщепляющего катализатора, приводящая к образованию значительного количества бензиновых и дизельных фракций, а также углеводородного газа с высоким содержанием олефиновых углеводородов.

В качестве сырья в основном используются вакуумные дистилляты, а в последнее время – также и мазуты (непосредственно или после их облагораживания).

Сырье превращается при непрерывном контакте с движущимися или «кипящим» (псевдооживленным) слоем катализатора. В последнем случае чаще всего применяется микросферический цеолитсодержащий катализатор, подвергаемый непрерывной регенерации для выжигания коксовых отложений в отдельно расположенном регенераторе.

Под термическими процессами понимается совокупность технологий переработки различного нефтяного сырья в условиях высокой температуры без применения катализаторов и водорода.

Под гидрогенизационными процессами понимается многообразие различных технологий переработки нефтяного сырья в присутствии катализаторов под повышенным давлением водорода, сопровождаемое глубоким разложением углеводородных компонентов с одновременным протеканием реакций гидрогенолиза гетеросоединений, насыщения водородом ароматических, нафтенно-ароматических и олефиновых углеводородов в качестве сырья могут использоваться вакуумные дистилляты, мазуты и гудроны, а также газойлевые фракции различных термических и каталитических процессов.

Контакт сырья и катализатора осуществляется в стационарном или «кипящем» слое. Эти процессы могут быть ориентированы либо

преимущественно на облагораживание сырья без значительной деструкции (гидроочистка), либо на глубокую деструкцию сырья с получением моторных топлив (гидрокрекинг). Гидрогенизационные процессы облагораживания вакуумных дистиллятов – сырья для каталитического крекинга – проводятся при давлении 4-5 МПа. При облагораживании мазутов и гудронов применяют, как правило, давление 15-20 МПа. Процесс гидрокрекинга вакуумных дистиллятов осуществляют в широком диапазоне давлений водорода, как правило, от 5 до 17 МПа.

Каталитический крекинг – типичный пример гетерогенного катализа. Реакции протекают на границе двух фаз: твердой (катализатор) и паровой или жидкой (сырье). В этой связи решающее значение имеют структура и поверхность катализатора [3].

Алюмосиликатные катализаторы обладают очень пористой и развитой поверхностью, что в существенной степени объясняет их активность. Кроме того между строением этих катализаторов и углеводородов существует геометрическое подобие. Так, расстояние между смежными атомами кислорода в решетке монтмориллонита составляет  $2,55 \text{ \AA}$ , что соответствует расстоянию между четным и нечетными атомами углерода в углеводородных цепях. Можно предположить, что адсорбированные цепи углеводородов располагаются вдоль ряда кислородных атомов монтмориллонита, параллельно или под углом  $90^\circ \text{C}$ , перекрещиваясь при этом, что облегчает разрыв цепей и образование разветвленных структур.

При каталитическом крекинге протекают реакции деструкции, алкилирования, изомеризации, ароматизации, полимеризации, гидрогенизации и декларирования углеводородов. Некоторые из них являются первичными, но большинство – вторичными.

Карбоний-ионный механизм каталитического крекинга исходит из кислотного характера алюмосиликатного катализатора, имеющего условную формулу  $n\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot m\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . На поверхности катализатора имеются каталитические центры двух видов: протонные, где каталитическая функция принадлежит протонам (кислоты Бренстеда), и апротонные (кислоты Льюиса), где координационные ненасыщенный атом алюминия служит акцептором электронов.

Склонность карбоний-ионов к изомеризации при последующем разрыве  $\beta$ -связи приводит к образованию легких изопарафинов и олефинов, присутствующих в значительных концентрациях в газах и легких бензиновых фракциях каталитического крекинга. Таким образом, наиболее активными углеводородами в условиях контакта с алюмосиликатным катализатором являются непредельные.

Полимеризация олефинов начинается при комнатной температуре; с повышением температуры возникает обратная реакция деполимеризации, равновесие которой при температурах промышленного процесса сдвигается в сторону разложения. Высокая активность непредельных углеводородов, на несколько порядков превышающая таковую при термическом крекинге, в первую очередь объясняется их высокой адсорбируемостью на катализаторе [4].

Парафиновые углеводороды в присутствии катализатора подвергаются крекингу значительно быстрее, чем при термическом крекинге, причем особенно легко происходит распад высокомолекулярных углеводородов. Специфическими особенностями каталитического крекинга парафинов являются:

1) тенденция к расщеплению молекул в нескольких местах, благодаря чему получают углеводороды с низкой молекулярной массой. Газообразные углеводороды в основном состоят из трех и более атомов углерода (главным образом, пропан, пропилен, бутан, бутилены), а содержание метана и этана незначительно;

2) повышенное содержание ароматических углеводородов в жидких продуктах;

Значительно содержание изопарафинов, что является результатом полимеризации, изомеризации, гидрирования олефинов.

Олефиновые углеводороды подвергаются каталитическому крекингу легче, чем парафиновые. Если каталитический распад парафинов парафинов примерно в 10 раз быстрее, чем термический, то олефины распадаются каталитически в 1000-10000 раз быстрее, причем скорость крекинга нарастает с увеличением молекулярной массы. Первичные реакции так же, как и для парафинов, протекают с образованием осколков из 3-4 атомов углерода. Процесс усложняется тем, что происходят перераспределение водорода, изомеризация и циклизация. Реакции изомеризации протекают достаточно легко. Образующиеся изоолефиновые углеводороды насыщаются водородом с образованием изопарафинов. Одновременно получают значительные количества ароматических углеводородов и высокомолекулярных соединений.

Реакции каталитического крекинга протекают на поверхности катализатора. Направление реакций зависит от свойств последнего, качества сырья и условий процесса. В результате крекинга на поверхности катализатора отлагается кокс, поэтому важной особенностью каталитического крекинга является необходимость непрерывной регенерации катализатора (выжигание кокса).

Современные катализаторы крекинга содержат в своем составе 3-20 % мас. цеолита, равномерно распределенного в матрице. Преобладающей

формой цеолитсодержащего катализатора являются микросфероиды со средним диаметром частиц около 660 мкм для установок КФК и шарики диаметром 3-4 мм – для установок с движущимся слоем [5].

Цеолиты, используемые в составе катализаторов, должны иметь высокую активность и селективность в крекинге нефтяных фракций, стабильность при высокотемпературных воздействиях в среде воздуха и водяного пара, необходимые размеры входных окон в полости структуры. Таким требованиям в наибольшей степени соответствуют цеолиты типа X и Y в редкоземельной обменной форме или в ультрастабильной форме, и поэтому они находят преимущественное применение при синтезе катализаторов крекинга. Матрица, в качестве которой применяют синтетический аморфный алюмосиликат, природные глины с низкой пористостью и смесь синтетического аморфного алюмосиликата с глиной (полусинтетическая матрица), выполняет в цеолитсодержащих катализаторах ряд функций:

- обеспечение оптимального предела активности, так как цеолиты в чистом виде могут обладать чрезмерной активностью;
- стабилизирующее воздействие на цеолитный компонент;
- создание оптимальной вторичной пористой структуры, необходимой для диффузии реагирующей смеси к цеолитному компоненту и вывода продуктов реакции в газовую фазу в циклах крекинга и регенерации;
- отвод тепла от цеолитного компонента при регенерации;
- обеспечение заданной формы и механической прочности катализатора.

В настоящее время известно 34 природных и около 100 разновидностей синтетических цеолитов, однако практическое применение имеют пока только несколько типов.

На каталитический крекинг влияет не только состав катализатора, но и условия проведения реакции. Температура каталитического крекинга и время контакта сырья и катализатора являются основными факторами, определяющими результаты крекинга. Наиболее важным параметром для систем КФК следует считать температуру процесса, с повышением которой при постоянной конверсии сырья выход бензина несколько снижается. Значительно увеличивается выход сухого газа и бута-бутиленовой фракции, заметно уменьшаются выход кокса и практически неизменным остается выход циркулирующего газойля. В составе газа резко возрастает содержание олефинов C3-C4, метана и водорода, и несколько снижаются выход изобутан и n-бутана. Отношение изобутан: n-бутан уменьшается по мере роста температуры крекинга.

В составе бензина снижается содержание парафиновых углеводородов и повышается содержание олефиновых; концентрация ароматических углеводородов проходит через максимум, а нафтеновых – изменяется

незначительно. Увеличение в составе бензинов доли олефинов обуславливает рост октановых чисел по исследовательскому методу (от 81, 3 до 92,4); однако октановое число по моторному методу сохраняется практически неизменным.

Повышение температуры реакции преимущественно влияет на октановое число тяжелых бензинов и в меньшей мере – на октановое число легких бензинов, что определяется значительным содержанием олефиновых и ароматических углеводородов в тяжелых бензинах при глубоких видах крекинга [6].

### ВЫВОДЫ

В этой статье мы представили особенности каталитической переработки светлых фракций нефти на современном производстве.

Таким образом, можно сказать, что для каждого сочетания вида сырья и катализатора существует оптимальный температурный режим крекинга, обеспечивающий равновесие между десорбцией промежуточных молекул сырья, быстрое удаление продуктов деструкции и минимальный выход кокса.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Липкин, Г. И. // Мир нефтепродуктов, 2000. – № 3. – С. 18.
- 2 Каминский, Э. Ф., Хавкин, В. А. // Нефтепереработка и нефтехимия, 1995. – № 3. – С. 9.
- 3 Каминский, Э. Ф., Хавкин, В. А. Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты. – М.: Издательство «Техника»; ООО «Туман ГРУПП», 2001. – 384 с.
- 4 Осипов, Л. Н., Каминский, Э. Ф. и др. // Нефтепереработка и нефтехимия, 1995. – № 8. – С. 8.
- 5 David, V. Law // Petroleum Technology Quarterly. Winter 2000-2001. – P. 55
- 6 Степанов, В. Г., Ионе, К. Г. // ХТТМ, 2000. – № 1. – С. 8.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*К. Д. Юсупов, Д. С. Туркбенова, У. С. Дюсекенова, М. А. Сулейменов*  
**Мотор жанармайының компонентті құрамын үйлесімділеу**

С. Торайғыров атындағы  
 Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
 Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*К. Д. Юсупов, Д. С. Туркбенова, У. С. Дюсекенова, М. А. Сулейменов*  
**Optimization of the component composition of motor fuels**

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.  
 Material received on 16.09.16.

*Берілген мақалада авторлар негізгі артықшылығы мен ерекшеліктеріне, мөлдір мұнайдың фракциясынан моторлы жанармайдың өнеркәсіптік каталитикалық өндірісіне талдау берілді.*

*In this paper, the authors give the analysis of industrial catalytic production of motor fuel from light oil fractions, the main advantages and distinctive features.*

УДК 665.644

**К. Д. Юсупов<sup>1</sup>, Д. С. Туркбенова<sup>1</sup>, У. С. Дюсекенова<sup>2</sup>,  
 М. А. Сулейменов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>магистранты; <sup>2</sup>преподаватель; <sup>3</sup>д.х.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар  
 e-mail: <sup>2</sup>umsunduk@mail.ru

### **ПРИМЕНЕНИЕ ЦЕОЛИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ В НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ**

*В настоящей статье авторы рассмотрели особенности цеолитных каталитических систем, преимущества их промышленного применения в нефтепереработке.*

*Ключевые слова: цеолитные катализаторы, каталитическая нефтепереработка.*

### ВВЕДЕНИЕ

Цеолитный катализ – стремительно развивающееся направление, связанное с созданием более экономичных и экологически чистых процессов в нефтехимической промышленности и органическом синтезе. Данное направление базируется на применении достаточно новых каталитических систем – кристаллических бинарных окислов со строго детерминированной системой каналов молекулярных размеров (цеолитов).

В промышленных процессах нефтехимии и нефтепереработки цеолиты вначале нашли широкое применение в качестве катализаторов реакций превращения углеводородов. В последнее время они находят применение и в качестве катализаторов синтеза и превращения всевозможных гетероциклических соединений. Совокупность свойств цеолитов позволяет создавать промышленные процессы, отличающиеся:

- малым объемом отходов, как жидких, так и газообразных;
- отсутствием экологически опасных выбросов;
- пониженными по сравнению со старыми действующими производствами эксплуатационными материальными расходами;
- меньшим объемом первоначальных инвестиций.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Каталитические свойства цеолитов были открыты в конце пятидесятых годов 20-го века. Вскоре после этого стало понятно, что основные закономерности каталитических превращений углеводородов на цеолитах можно объяснить особенностями их кристаллической структуры, и, в первую очередь, наличием обменных катионов. С химической точки зрения, цеолиты – это соли твердых полиалюмосиликатных кислот. После перевода их в каталитически активную водородную форму они, по сути своей, становятся твердыми кислотами.

В присутствии цеолитов протекают каталитические превращения таких углеводородов, как олефины, алкилароматические соединения, нафтены, парафины и их смеси. Кроме того, на цеолитах, модифицированных различными металлами, могут протекать реакции гидрирования, дегидрирования, окисления и т.д. [1].

В настоящее время существует огромное количество синтетических цеолитных систем, большинство из которых находят применение в качестве адсорбентов и катализаторов. Исследователи всего мира по-прежнему ведут интенсивные исследования, направленные на синтез все новых и новых цеолитных и цеолитоподобных систем.

Все синтетические цеолитные системы изготавливаются методом гидротермального синтеза. Цеолитные кристаллы имеют микронные размеры и по этой причине в чистом виде использоваться в качестве катализаторов не могут. Со времени первого применения цеолитов в составе катализаторов крекинга в начале шестидесятых годов прошлого века, основное внимание разработчиков катализаторов уделялось скреплению и объединению функциональных (цеолиты) и нефункциональных (связующее) ингредиентов в форме твердых частиц.

Имамура с сотрудниками провел обширные исследования жидкофазного окисления пропилена. При 145-220 °С и давлении 2-10 кгс/см<sup>2</sup> нафтенат марганца является наилучшим по селективности катализатором для образования окиси пропилена. Индукционный период сокращают повышением парциального давления кислорода и концентрации пропилена, а также добавкой ранее полученного оксидата. Увеличение температуры реакции оказывает аналогичное действие (продолжительность индукционного периода при 145 °С составляет 6 ч, при 220 °С – 1 мин). Окисление протекает по радикальному механизму, обрывают цепь перекисные соединения типа  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{O}_2$ . Ниже 190 °С энергия активации составляет 16,1 ккал/моль, выше 190 °С – 0 ккал/моль. Скорость поглощения кислорода не зависит от его парциального давления (при 2-5 кгс/см<sup>2</sup>) и пропорциональна количеству растворенного в бензоле пропилена в 1,3-1,4 степени, добавка пропана не оказывает никакого влияния.

На сегодняшний день найден ряд катализаторов процесса окисления углеводородов, таких как, хлорид платины [2], комплексы ванадия (5V) [3], Pd, Pt, Co, Fe нанесенные на носитель, например, на цеолита [4, 18 с], система на основе Ti, Zr, V, Cr, Mo, W, Mn, Fe [5]. Для окисления в жидкой фазе предложены самые различные катализаторы, например разлагающиеся при нагреве соли Co, Cu, Mn, V [6] или Cr с карбонатом или ацетатом свинца или бария в качестве промотора. Предложен еще ряд растворителей: эфир борной кислоты в присутствии ацетата ртути (180 °С, 3 кгс/см<sup>2</sup>); катализаторы кобальта, например каприлат Co, и частично смешанный с водой растворитель, например смесь хлорбензола и ацетона (при 150 °С и 49 кгс/см<sup>2</sup> получают 62,4 % окиси пропилена наряду с пропиленгликолем и другими продуктами). Окисление пропилена в метилацетате в присутствии ацетальдегида при 200 °С привело к получению 49,4 мол. % окиси пропилена. Ультрафиолетовое облучение и перекисные алкильные и ацильные соединения ускоряют окисление в присутствии ацетальдегида. Добавки перекиси водорода или алкилгидроперекисей в присутствии солей Cu, Mn, Ni или Co также ускоряют окисление. Известны каталитические системы ведущие процесс окисления углеводородов селективно. К данным каталитическим системам относится Ag-W оксидный катализатор, который используется для прямой и селективной конверсии пропилена в окись пропилена. Указанный способ обеспечивает прямое одностадийное селективное окисление пропилена в оксид пропилена в паровой фазе с использованием молекулярного кислорода над Ag-W оксидных катализаторов. Способ обеспечивает конверсию пропилена 10-50 % и селективность по окиси пропилена до 100 % [7].

В некоторых патентах предлагается проводить окисление пропилена окисью пропилена перекисными соединениями по аналогии с эпоксицированием по Прилежаеву. Рекомендуются следующие перекисные соединения: альдегидмоноперацетаты при 70 °С; надуксусная кислота в ацетоне и уксусной кислоте или в метилате под давлением и при 30-80 °С; перекись трет-бутила в трет-бутиловом спирте при 80 °С и 28 кгс/см<sup>2</sup> в присутствии нафтената Мо (выход окиси пропилена 86 %) или МоО<sub>3</sub> при 170 °С (селективность 86,7 %); аралкилгидроперекиси в присутствии катализатора Мо, V или W (при использовании гидроперекиси кумола и нафтената Мо конверсия при 90 °С через 1 ч составляет 92,7 %, селективность 98 %); образующаяся из ацетальдегида надуксусная кислота без катализатора или в присутствии СоСl<sub>2</sub>, FeСl<sub>3</sub> или CuBr<sub>2</sub> (при 56-200 °С и 31-42 кгс/см<sup>2</sup> образуется максимально 73,5 % окиси пропилена) [8].

Процесс получения углеводородов бензиновой фракции из индивидуальных алкенов С<sub>2</sub>-С<sub>3</sub> проводят в присутствии катализатора, содержащего в матрице из окиси алюминия, окиси кремния или алюмосиликата борсиликат в Н-форме в количестве 10-80 %. Катализатор может содержать активные компоненты – латан, медь, цинк, которые готовят ионным обменом с растворами нитратов и ацетатов соответствующих металлов [9].

Известны способы получения углеводородов бензиновой фракции из синтез-газа. Подавляющее количество углерода, выбрасываемого в атмосферу, связано с кислородом в виде СО<sub>2</sub>. Основное количество выбросов диоксида углерода в окружающую среду приходится на тепловые электростанции, металлургические комбинаты, химические и нефтехимические объединения. Зачастую на тех же предприятиях сжигаются газообразные продукты, состоящие более чем на 80 % из Н<sub>2</sub>. Более того, в настоящее время для производства водорода, используемого в азотной промышленности, перерабатывается большое количество природного газа. При этом основным побочным продуктом является диоксид углерода, часть которого используется для различных нужд предприятия, а также отпускается потребителям, а часть товарного СО<sub>2</sub> не находит сбыта и его приходится выбрасывать в атмосферу. Смесь «лишнего» диоксида углерода с Н<sub>2</sub>-содержащими факельными газами могла бы быть использована для производства дополнительной химической продукции и при этом была бы сэкономлена часть сырьевых ресурсов предприятия. Большинство СО<sub>2</sub>- и Н<sub>2</sub>-содержащих промышленных выбросов содержит в качестве сопутствующих компонентов монооксид углерода, метан или азот, концентрация которых в газах может даже превышать содержание диоксида углерода. При этом в условиях промышленной реализации с целью переработки СО<sub>2</sub>- и Н<sub>2</sub>-содержащих газов в бензиновую

фракцию углеводородов не требуется дорогостоящая очистка данных газов от присутствующего в них монооксида углерода.

Известен способ получения различных органических продуктов, в том числе углеводородных бензиновых фракций из синтез-газа или смеси диоксида углерода и водорода. Согласно данному способу для превращения синтез-газа или смеси СО<sub>2</sub> и Н<sub>2</sub> используют бифункциональный катализатор, содержащий цеолит в форме деалюминированного морденита, и композицию по крайней мере из двух переходных элементов, таких как медь, цинк и хром.

Газовая смесь СО<sub>2</sub>+Н<sub>2</sub> (Н<sub>2</sub>:СО<sub>2</sub> 4:1) контактирует с катализатором при атмосферном давлении, температуре 175-350 °С и объемной скорости 3300 ч<sup>-1</sup>. Основными углеродсодержащими продуктами превращения диоксида углерода являются монооксид углерода, метанол, диметиловый эфир и метан. В продуктах реакции С<sub>2</sub>+ углеводороды полностью отсутствуют. При раздельном размещении в реакторе металлоокисной композиции и цеолита газовая смесь СО<sub>2</sub>+Н<sub>2</sub> контактирует с оксидами металлов при температурах 200-250 °С, и далее без разделения полученная газовая смесь проходит слой деалюминированного морденита при температурах 250-450 °С. Давление в реакторе не превышает 1 атм, скорость подачи смеси СО<sub>2</sub>+Н<sub>2</sub> (Н<sub>2</sub>:СО<sub>2</sub> 4:1) поддерживают на уровне 3300 ч<sup>-1</sup>. В результате конверсии диоксида углерода образуются органические продукты, состоящие из метанола, диметилового эфира и смеси углеводородов. Содержание бензиновой фракции в сумме всех образовавшихся углеводородов не превышает 30 мас., а мольное количество образовавшегося метанола в 5-10 раз больше мольного количества образовавшейся бензиновой фракции углеводородов. Основным недостатком способа является невысокая селективность процесса по углеводородной бензиновой фракции и низкая степень превращения газовой смеси в органические продукты (менее 1), что практически не позволяет в промышленных условиях выделить в товарном виде бензиновую фракцию углеводородов.

Наиболее близким к данному способу по своей технической сущности является способ конверсии синтез-газ в смеси углеводородов. Согласно выбранному прототипу для превращения синтез-газа используют механические смеси Zn-Cr (или Zn-Cu-Cr(Al) или Zn-Cu-Cr-La), содержащие катализаторы синтеза метанола и цеолита ZSM-5(11, 12, 35, 38). Синтез-газ (Н<sub>2</sub>:СО 0,2-6,0) превращают в смесь С<sub>1</sub>-С<sub>6</sub> углеводородов (преимущественно С<sub>1</sub>-С<sub>4</sub> парафинов) при давлениях 1-1000 атм, температурах 260-600 °С и объемных скоростях исходного синтез-газа по отношению к объему загруженного катализатора 500-50000 ч<sup>-1</sup>. Описанный способ является наиболее оптимальным для получения бензиновой фракции. В качестве катализатора используют механическую смесь Cu-содержащего катализатора



синтеза метанола цеолита ZSM-5 с объемным отношением Cu-катализатор/ZSM-5 1/4. Синтез-газ ( $H_2$ :CO 2:1) контактирует с катализатором при давлении 53 атм, температуре 364 °C, объемной скорости исходного синтез-газа по отношению к объему загруженного катализатора 1210 ч<sup>-1</sup>. Конверсия CO и  $H_2$  в процессе составляет 80 и 38 соответственно. На выходе получают углеводороды состава (мас.): метан 4, этан 21, пропан 21, бутаны 17, пентаны 10, остальные углеводороды ( $C_{6+}$ ) 27. При этом  $C_{6+}$  фракция углеводородов содержит 34 мас. ароматических углеводородов, что в пересчете на фракцию  $C_{5+}$  составляет 25 мас. Данным способом получают углеводородную бензиновую фракцию с относительно низким содержанием ароматических углеводородов, а содержание  $C_{5+}$  углеводородов в сумме образовавшихся углеводородов не превышает 37 мас. В итоге основными углеводородными продуктами превращения CO являются  $C_2$ - $C_4$  углеводороды [10].

Суть всех термокаталитических процессов состоит в облагораживании исходных топлив, т.е. в получении высокооктановых бензинов с лучшими качественными характеристиками, и сырья для нефтехимии. Проводят термокаталитические процессы при различных температурах и в присутствии катализаторов (алюмосиликатов).

Продукт каталитического крекинга – это целевой высококачественный бензин с октановым числом по исследовательскому методу 90-92. Кроме того, получают газ и легкий газойль – компонент дизельного топлива. В среднем при каталитическом крекинге выход бензина составляет 50-55 %, газа – около 5 %, остаток – крекинг газойль (компоненты, добавляемые в дизельное топливо). Антидетонационные свойства бензина значительно выше, чем при термическом крекинге, так как в его составе содержится до 85-90 % изопарафиновых и ароматических углеводородов. В бензинах каталитического крекинга содержится очень мало непредельных углеводородов, поэтому они высокостабильны. Наибольшее распространение процессы каталитического крекинга получили при производстве авиационных бензинов.

Каталитический риформинг является неотъемлемым элементом нефтеперерабатывающего завода. Продукты каталитического риформинга – целевое высококачественное топливо с октановым числом по исследовательскому методу около 100, а также индивидуальные ароматические углеводороды – бензол, толуол, ксилол, этилбензол. Риформинг проводят при температурах 470-520 °C на платинорениевом и при 480-530 °C на платиновом катализаторах. В отечественной нефтеперерабатывающей промышленности риформинг занимает важное место и является основным способом производства высококачественных бензинов (в частности, бензинов АИ-93 и АИ-98). Все эти продукты широко применяют как добавки к товарным бензинам для повышения их детонационной стойкости. В

нефтеперерабатывающей промышленности широко внедряются комплексные автоматизированные установки. В перерабатывающие комплексы включаются установки по вакуумной перегонке мазута и висбрекинга (легкого термического крекинга) гудронов, а также установки гидрокрекинга. Это позволяет значительно увеличить выход светлых нефтепродуктов.

## ВЫВОДЫ

В этой статье мы представили особенности каталитической переработки светлых фракций нефти на современном производстве.

Таким образом, катализаторы на основе цеолитов используются и могут использоваться практически во всем спектре промышленных процессов нефтехимии и нефтепереработки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Ечевский, Г. В.** Курсы повышения квалификации по катализаторам и каталитическим процессам. – Новосибирск, 2002. – С. 288.
- 2 U.S. Pat. 6,274,765 November 10, 1999, Borchert Holger etc.
- 3 Catalytic Shilov chemistri: Plaiimnn chloride-catalyzed oxidation of terminal methyl groups by dioxigen /Lin Minren, Slien Chengyu, Garsia-Zayas Eduardo A. etc. // J. Amer.Chem, Soc., 2001. – № 5. – P. 1000. –100 L.
- 4 **Laszlo, J.** Csanyl. Investigation of the catalytic behavior of ion-pair complexes of vanadium (5+) in the liquid- phase oxidation of hydrocarbons with molecular  $O_2$  / Csanyl Laszlo J.Jaky Katoly, Galkaes Gabor // J.Mol. Catal. – 2000. – № 1-2. – P. 109-124.
- 5 **Артемов, А. В.** Новые высокоэффективные катализаторы жидкофазных окислительных процесс / А. В. Артемов // Катализ и промышленность, 2000. – № 2. – С. 18-23.
- 6 Пат. 5981420 США, МПК В 01 J 31/00. Oxidation catalytic system and oxidation process / Nakano T. Isitt Y; заявитель и патентообладатель Daicel Chemical Ind. Ltd.; Yasutaka Isitt. – №09/024514; заявл.17.02.98; опубл. 09.11.99. – 3 с.
- 7 Пат. 2014364636 (A1) США, МПК С 07 D 301/10. Process for preparation of ag-w oxide catalyst for the selective conversion of propylene to propylene oxide with molecular oxygen / Roby Anne K., Kingsley Jeffrey P.; заявитель и патентообладатель Council Scient Ind Res; опубл. 11.12.2014. – 3 с.
- 8 Пат. 2397977 РФ, МПК С 07 D 301/12. Способ производства окиси пропилена / Шиндлер Г.-П., Вальсдорфф К., Кернер Р., Геббель Х.-Г.; заявитель и патентообладатель Басф Акциен Гезельшафт, Дзе Дау Кемикал Компани; заявл. 20.06.2006; опубл. 27.08.2010. – 3 с.

9 Патент США 4451685, от 29.05.84

10 Пат. RU 2089533. Способ получения углеводов бензиновых фракций / Мысов В. М., Ионе Г.К.; заявитель и патентообладатель Конструкторско-технологический институт каталитических и адсорбционных процессов на цеолитах «Цеосит» СО РАН.

Материал поступил в редакцию 16.09.16.

*К. Д. Юсупов, Д. С. Туркбенова, У. С. Дюсекенова, М. А. Сулейменов*

**Мұнай өндеуінде цеолитті катализаторларды қолдану**

С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 16.09.16 баспаға түсті.

*K. D. Yusupov, D. S. Turkbenova, U. S. Dyussekenova, M. A. Suleymenov*

**The use of zeolite catalysts in oil refining**

S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar.  
Material received on 16.09.16.

*Берілген мақалада автор цеолитті катализатор жүйесінің ерекшелігі оның өнеркәсіпте мұнай өндеуіндегі сыйымдылығы қарастырылған.*

*In this article, the authors examined the particular zeolite catalyst systems, the advantages of their industrial application in oil refining.*

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА  
«ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»,  
«КРАЕВЕДЕНИЕ»**

Редакционная коллегия просит авторов руководствоваться следующими правилами при подготовке статей для опубликования в журнале.

Научные статьи, представляемые в редакцию журнала должны быть оформлены согласно базовым издательским стандартам по оформлению статей в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», пристатейных библиографических списков в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

**Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:**

– В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям в 1 экземпляре, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа 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».

– Общий объем статьи, включая аннотации, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы не должен превышать **10-12 страниц печатного текста**. *Текст статьи: кегль – 14 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка).*

Статья должна содержать:

1. **УДК** по таблицам универсальной десятичной классификации;
2. **Инициалы и фамилия** (-и) автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках (*прописными буквами, жирным шрифтом, абзац 1 см по левому краю, см. образец*);
3. **Ученую степень, ученое звание, место работы** (учебы), **город** (страна для зарубежных авторов);
4. E-mail;
5. **Название статьи** должно отражать содержание статьи, тематику и результаты проведенного научного исследования. В название статьи необходимо вложить информативность, привлекательность и уникальность (*не более 12 слов, заглавными прописными буквами, жирным шрифтом, абзац 1 см по левому краю, на трех языках: русский, казахский, английский, см. образец*);
6. **Аннотация** – краткая характеристика назначения, содержания, вида, формы и других особенностей статьи. Должна отражать основные и ценные, по мнению автора, этапы, объекты, их признаки и выводы проведенного исследования. Дается на казахском, русском и английском языках (*рекомендуемый объем аннотации – 30-150 слов, прописными буквами, нежирным шрифтом 12 кегль, абзацный отступ слева и справа 1 см, см. образец*);

7. **Ключевые слова** – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования (*оформляются на языке публикуемого материала: кегль – 12 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 3 см.*). Рекомендуемое

количество ключевых слов – 5-8, количество слов внутри ключевой фразы – не более 3. Задаются в порядке их значимости, т.е. самое важное ключевое слово статьи должно быть первым в списке (см. образец);

8. **Основной текст статьи** излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

– слово ВВЕДЕНИЕ / КІРІСПЕ / INTRODUCTION (нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре см. образец).

Необходимо отразить результаты предшествующих работ ученых, что им удалось, что требует дальнейшего изучения, какие есть альтернативы (если нет предшествующих работ – указать приоритеты или смежные исследования). Освещение библиографии позволит отгородиться от признаков заимствования и присвоения чужих трудов. Любое научное изыскание опирается на предыдущие (смежные) открытия ученых, поэтому обязательно ссылаться на источники, из которых берется информация. Также можно описать методы исследования, процедуры, оборудование, параметры измерения, и т.д. (не более 1 страницы).

– слова ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ / НЕГІЗГІ БӨЛІМ / MAIN PART (нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре).

Это отражение процесса исследования или последовательность рассуждений, в результате которых получены теоретические выводы. В научно-практической статье описываются стадии и этапы экспериментов или опытов, промежуточные результаты и обоснование общего вывода в виде математического, физического или статистического объяснения. При необходимости можно изложить данные об опытах с отрицательным результатом. Затраченные усилия исключают проведение аналогичных испытаний в дальнейшем и сокращают путь для следующих ученых. Следует описать все виды и количество отрицательных результатов, условия их получения и методы его устранения при необходимости. Проводимые исследования предоставляются в наглядной форме, не только экспериментальные, но и теоретические. Это могут быть таблицы, схемы, графические модели, графики, диаграммы и т.п. Формулы, уравнения, рисунки, фотографии и таблицы должны иметь подписи или заголовки (не более 10 страниц).

– слово ВЫВОДЫ / ҚОРЫТЫНДЫ / CONCLUSION (нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре).

Собираются тезисы основных достижений проведенного исследования. Они могут быть представлены как в письменной форме, так и в виде таблиц, графиков, чисел и статистических показателей, характеризующих основные выявленные закономерности. Выводы должны быть представлены без интерпретации авторами, что дает другим ученым возможность оценить качество самих данных и позволит дать свою интерпретацию результатов (не более 1 страницы).

9. **Список использованных источников** включает в себя:

– слово СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ / REFERENCES (Нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре).

Очередность источников определяется следующим образом: сначала последовательные ссылки, т.е. источники на которые вы ссылаетесь по очередности в самой статье. Затем дополнительные источники, на которых нет ссылок, т.е. источники, которые не имели место в статье, но рекомендованы вами для кругозора читателям, как смежные работы, проводимые параллельно. Рекомендуемый объем не более чем из

20 наименований (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).

10. **Иллюстрации, перечень рисунков** и подрисуночные 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.

11. **Математические формулы** должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

#### **На отдельной странице (после статьи)**

**В бумажном и электронном вариантах приводятся полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);**

#### **Информация для авторов**

**Все статьи** должны сопровождаться двумя рецензиями доктора или кандидата наук для всех авторов. Для статей, публикуемых в журнале «Вестник ПГУ» химико-биологической серии, требуется экспертное заключение.

**Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи.** При необходимости статья возвращается автору на доработку. За содержание статьи несет ответственность Автор. **Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.** Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

Статьи публикуются по мере поступления.

**Периодичность издания журналов – четыре раза в год (ежеквартально).**

Статью (бумажная, электронная версии, оригиналы рецензий и 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).

E-mail: [kereku@psu.kz](mailto:kereku@psu.kz).

Оплата за публикацию в научном журнале составляет **5000 (Пять тысяч) тенге.**

РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова	РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова
РНН 451800030073	РНН 451800030073
БИН 990140004654	БИН 990140004654
АО «Цеснабанк»	АО «Народный Банк Казахстана»
ИИК KZ57998FTB00 00003310	ИИК KZ156010241000003308
БИК TSESKZK A	БИК HSBKZZKX
Кбе 16	Кбе 16
Код 16	Код 16
КНП 861	КНП 861

УДК 316:314.3

**А. Б. Есімова**

к.п.н., доцент, Международный Казахско-Турецкий университет имени Х. А. Яссави, г. Туркестан  
e-mail: ad-ad\_n@mail.ru

## СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ КАК СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОГО МАТЕРИАЛА

*В настоящей статье автор дает анализ отличительных особенностей репродуктивного поведения женщин сквозь призму семейно-родственных связей. Ключевые слова: репродуктивное поведение, семейно-родственные связи.*

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время отрасль мобильной робототехники переживает бурное развитие. Постепенно среда проектирования в области мобильной ...  
*Продолжение текста*

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

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*

### ВЫВОДЫ

В этой статье мы представили основные спецификации нашего мобильного робототехнического комплекса...  
*Продолжение текста*

*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

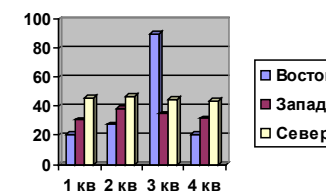


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 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.
- 4 [http://www.mari-el.ru/mmlab/home/AI/4/#part\\_0](http://www.mari-el.ru/mmlab/home/AI/4/#part_0).

*А. Б. Есімова*

**Отбасылық-туысты қатынастар репродуктивті мінез-құлықты жүзеге асырудағы әлеуметтік капитал ретінде**

Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық казак-түрік университеті, Түркістан қ.

*A. B. Yessimova*

**The family-related networks as social capital for realization of reproductive behaviors**

A. Yesevi International Kazakh-Turkish University, Turkestan.

*Бұл мақалада автор Қазақстандағы әйелдердің отбасылық-туыстық қатынасы арқылы репродуктивті мінез-құлқында 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 19.09.2016 ж. жіберілді. Басуға 29.09.2016 ж. қол қойылды.  
Форматы 70x100 1/16. Кітап-журнал қағазы.  
Көлемі шартты 11,5 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.  
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы  
Корректорлар: А. Р. Омарова, Б. Б. Ракишева  
Тапсырыс № 2890

Сдано в набор 19.09.2016 г. Подписано в печать 29.09.2016 г.  
Формат 70x100 1/16. Бумага книжно-журнальная.  
Объем 11,5 ч.-изд. л. Тираж 300 экз. Цена договорная.  
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы  
Корректоры: А. Р. Омарова, Б. Б. Ракишева  
Заказ № 2890

«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: kereku@psu.kz