

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік  
университетінің ғылыми журналы  
Научный журнал Павлодарского государственного  
университета имени С. Торайғырова

---

*1997 ж. құрылған*  
*Основан в 1997 г.*



İ İ Ó  
ÕÀÁÀÐØÛÑÛ  
ÂÃÑÒÍ ÈÊ Ì ÑÓ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СЕРИЯ

**2** 2013

---

---

---

Научный журнал Павлодарского государственного университета  
имени С. Торайгырова

### СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на учет средства массовой информации  
№ 4533-Ж

выдано Министерством культуры, информации и общественного согласия  
Республики Казахстан  
31 декабря 2003 года

Кислов А.П., к.т.н., профессор (главный редактор);  
Новожилов А.Н., д.т.н., профессор (зам. гл. редактора);  
Кабдуалиев М.М., (отв. секретарь);

### Редакционная коллегия:

Хацевский В.Ф., д.т.н., профессор;  
Глазырин А.И., д.т.н., профессор;  
Клецель М.Я., д.т.н., профессор;  
Захаров И.В., д.т.н., профессор;  
Говорун В.Ф., д.т.н., профессор;  
Никифоров А.С., д.т.н., профессор;  
Тастенов А.Д., к.т.н., профессор;  
Марковский В.П., к.т.н., профессор;  
Нургожина Б.В., (тех. редактор).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели.  
Мнение авторов публикаций не всегда совпадает с мнением редакции.  
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов.  
Рукописи и дискеты не возвращаются.  
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна.

© ПГУ им. С. Торайгырова

### МАЗМҰНЫ

<b>Арынгазин К. Ш., Сарлыбаева Л. М., Ордабаев С. М.</b> ҚР 2009 – 2012 ж. аралығындағы ауыл шаруашылығы дақылдарының жалпы жиыны мен түсімі .....	13
<b>Асаева З. А., Азаматова Д. А., Тулебаева Ж. А., Приходько Е. В.</b> Жаңартылмалы энергоресурстың тиімді тіркесі жүйеде энергия жабдықтау ..	19
<b>Асенова С. С., Талипов О. М., Уахитов Ж. Ж.</b> Биогазды қондырғылар үшін энергия көздердің пайдалану мүмкіншіліктері ...	24
<b>Бабко А. Н., Баденов Б. Ф.</b> Түстік температураны және сәуле шығару көздерінің жарық беру техникасы сипаттамаларын зерттеу.....	30
<b>Байгамысов Т. А.</b> Алюминий электролизерін жалынды отта жағу процессінде мониторинг температурасының шегін шешу мәселесі.....	38
<b>Байтемиров Б. М., Азаматова Д. А., Приходько Е. В., Тулебаева Ж. А.</b> Гидравликалық соққыны модельдеу.....	42
<b>Глазырин С. А., Глазырина Н. С.</b> Жылзэнергетикада энергияның тиімділігін жабдықтау және сенімдігін жоғарылатуда автоматизацияның әсері .....	48
<b>Говорун В. Ф., Говорун О. В., Акаев А. М., Падруль Н. М., Аяганов А. Н., Жарасов С. С.</b> Екібастұз – Көкшетау – Қостанай электр берілісінде FACTS құрылғылырын қолдану тиімділігі .....	52
<b>Григорьев О. О., Глазырин А. А., Сероокая В. Н.</b> Аммиакпен гидразиннің ертінімен барабандық қазанның түрлі тоқтау мерзіміндегі консервациясы .....	62
<b>Данияров Н. А., Акашев А. З., Келисбеков А. К., Ахмадиев М. Т., Хамитова Г. Ж.</b> Тартқыш жылжымалы құрамды жөндеу және техникалық қызмет көрсету технологиялық үрдістерінің құрылымдық жүйесі .....	68
<b>Дегембаева Ұ. Қ., Байғожанова Д. С., Сарбасова А. Е.</b> RFID жүйесін кітапхана ісіне енгізу .....	75
<b>Дроздова Н. К., Алигожина Д. А., Агибаева А. Ж.</b> Электрлік энергияның шығынына электрлік қозғалтқыштардың жөндеу сапасының әсері .....	78
<b>Дроздова Н. К., Семенова М. К., Беляева Л. М.</b> Қауіпсіздік талаптарды ескере отырып құрылыстағы электрлік технологиялар .....	82
<b>Дүйсенова Ж. Ж. Копырин В. С., Марковский В. П.</b> «Кернеудің тиристорлы түрлендіргіш – жүктеме» жүйені дифференциалды қорғау .....	86
<b>Ермуханова Н. Б., Ташимова А. А., Абдрахманов С. Т.</b> Топырақтағы ауыр металдардың жылжымалылығына Арал өңірі бойынша жүргізілген зерттеулерді талдау .....	90

<b>Жакипов Н. Б., Өтеғұлов Б. Б., Өтеғұлов А. Б., Уахитова А. Б.</b> Жерге қатысты электрлік желі фазасының дөңгелек диаграммасы негізінде өзгеруі оқшаулама параметрлерін теориялық зерттеу.....	98
<b>Исенов С. С., Марковский В. П., Байниязов Б. А., Акаев А. М., Сейтжанова Г. Т.</b> Көпірлік кранның арбашасын жылжыту механизмін көпқозғалтқышты электржетегі арқылы автоматты басқару жүйесін жасау.....	103
<b>Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Исабеков Д. Д.</b> Шағын люминесцентті шамдардың жұмыс ерекшеліктері.....	112
<b>Калимбетов Б. Е., Баймаханов К.</b> Мақта жинайтын аппарат шпинделдері жетегінің пайдаланым сенімділігін арттыру жолдары.....	118
<b>Калимбетов Б. Е., Баймаханов К., Баубекоев О. Б.</b> Мақта жинайтын аппарат шпинделдерінің кинематикалық жұмыс режимдерін зерттеу.....	125
<b>Камбаров М. Н., Унайбаев Б. Ж., Камбаров Ж. К., Шорманова К. Ж., Саканов К. Т.</b> Орталық Қазақстанды сумен қамтамасыз ету мәселелерін шешудің жолы	134
<b>Кибартас В. В., Степанов Е. Ю.</b> Полипропилен жіп өндірісі процессінде екінші рет өндеуді құруда гранула берілісін автоматтандыру.....	139
<b>Кибартас В. В., Кибартене Ю. В., Кабылдина А. Ш.</b> Синхронды электрқозғалтқыш агрегаттарын орташа және жоғары қуаттылықта жартылай өткізгіш құрылысын іске қосу.....	143
<b>Киушкина В. Р., Шацева А. А., Бергузинов А. Н., Сарсикеев Е. Ж.</b> Алыс шығыс территориясында қайтадан жаңаратын энергия көздерінің интеграциясы.....	146
<b>Кислов А. П., Бергузинов А. Н., Сагидулла Д.</b> Электр технологиялық қондырғылардың жұмысындағы токтар мен кернеулердің жоғары гармоникалық құраушылары.....	158
<b>Кислов А. П., Бергузинов А. Н.</b> Күштік жабдықтарға электрмагниттік кедергілердің әсері.....	171
<b>Кислов А. П., Бергузинов А. Н.</b> Үшфазалық жүйеде токтар мен кернеулердің симметриялы емес энергетикалық қатынастары.....	174
<b>Кислов А. П., Бергузинов А. Н.</b> Электр технологиялық қондырғылардың жұмысындағы токтар мен кернеулердің симметриялы еместігі.....	177
<b>Клецель М. Я., Машрапов Б. Е.</b> Электр қозғалтқыштарының ток фазаларының қатынасын бақылайтын резервтік қорғаушы.....	191
<b>Копырин В. С., Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К.</b> Энергия сақтағыш шамдардың жұмыс режимдерін талдау.....	198
<b>Кудерин Д. М.</b> «Казэнергокабель» АҚ кәсіпорнының үлгісінде көп тармақты күш кабiлiн дайындаудың технологиялық үдерісі.....	203

<b>Липчанский А. Н., Баранова С. С., Яшкина А. Б.</b> Сапаның негізгі деңгейі – өнімді өндіруші мен тұтынушының қарым-қатынасын гармонизациялау әдісі ретінде.....	211
<b>Мухаметшин Р. Р., Захаров И. В., Науман О. А.</b> Тайқы индуктордың резонанстық режимінің есебі реактивті өзіндік компенсациясы алымдылықтың.....	217
<b>Никифоров А. С., Приходько Е. В., Карманов А. Е., Кинжибекова А. К.</b> Төмен қуатты су жылытқыш қазандардың жылулық жоғалтуларын төмендету үшін оқшау қаптауын модернизациялау.....	222
<b>Новожилов А. Н., Крюкова Е. В., Новожилов Т. А.</b> Дербес компьютер негізіндегі екі сәулелік осциллограф.....	228
<b>Оразбекова Ә. Қ., Байниязов Б. А., Исенов С. С.</b> Кернеуі 110/10 кВ қосалқы станциялардың релелік қорғаныстарының тағайыншамаларын таңдау барысында 10 кВ электр қозғалтқыштарының өздігінен іске қосу тоқтарының ықпалы.....	234
<b>Парамонов Ф. П.</b> Таза элементтің флуоресценциясын қоздыруда ренгендік құбырын тежеу спектр бөлігінің орташа толқын бөлігі туралы.....	244
<b>Савостин А. А., Савостина Г. В.</b> Электрокардиосигналдық кешендер QRS-анықтағыш жүйеде автоматтандырылған.....	247
<b>Төлеубаев Б. Ә., Ергешбаева Н. В.</b> Топырақты ортада радонның көшіп-қону үдерістерін зерттеу.....	253
<b>Унайбаев Б. Ж., Арсенин В. А., Унайбаев Б. Б., Сиваракша Д. М.</b> Тұзды топырақтарда ғимараттарды тұрғызудың сенімді және тиімді геотехнологиялары.....	260
<b>Хацевский В. Ф., Мажикова А. Г., Ахметов А. К.</b> Өнеркәсіптің электрмен қамтамасыздандыруына арналған автоматтыңдыру және қорғау құрылғыларын өндіру.....	269
<b>Хацевский В. Ф., Ахметов А. К., Мажикова А. Г.</b> Электр энергияны өндірістік тұтынуына автоматты есепке алу жүйесін өндіру.....	276
<b>Шонтаев Д. С., Шонтаев А. Д., Хамметова Ж. Н., Унайбаев Б. Б., Нурғалиева М. С., Саканов К. Т.</b> Тау жынысының сілеміндегі кернеу-деформациялық жағдайдың үлестірілуін зерттеу.....	282
<b>Шонтаев Д. С., Шонтаев А. Д., Унайбаев Б. Б., Нурғалиева М. С.</b> Опырылу аймағының геометриясын анықтауды зерттеу жіргізудің әдістемесі.....	290
Біздің авторлар.....	295
Авторлар үшін ереже.....	302

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Арынгазин К. Ш., Сарлыбаева Л. М., Ордабаев С. М.</b> Валовый сбор и урожайность зерновых и бобовых культур в РК по 2009 - 2012 годы .....	13
<b>Асаева З. А., Азаматова Д. А., Тулбаева Ж. А., Приходько Е. В.</b> Рациональное сочетание возобновляемых энергоресурсов в системе энергоснабжения.....	19
<b>Асенова С. С., Талипов О. М., Уахитов Ж. Ж.</b> Возможности использования источников энергии для биогазовых установок.....	24
<b>Бабко А. Н., Баденов Б. Ф.</b> Исследование цветовой температуры и светотехнических характеристик источников излучения .....	30
<b>Байгамысов Т. А.</b> Проблемы и решения мониторинга температурного поля в процессе пламенного обжига алюминиевого электролизера.....	38
<b>Байтемиров Б. М., Азаматова Д. А., Приходько Е. В., Тулбаева Ж. А.</b> Моделирование гидравлического удара.....	42
<b>Глазырин С. А., Глазырина Н. С.</b> Влияние автоматизации на повышение надежности и энергоэффективности теплоэнергетического оборудования.....	48
<b>Говорун В. Ф., Говорун О. В., Акаев А. М., Падруль Н. М., Аяганов А. Н., Жарасов С. С.</b> Эффективность применения устройств FACTS в электропередаче Экибастуз – Кокчетав – Кустанай .....	52
<b>Григорьев О. О., Глазырин А. А., Сероокая В. Н.</b> Консервация барабанных котлов раствором гидразина с аммиаком в различных режимах останова.....	62
<b>Данияров Н. А., Акашев А. З., Келисбеков А. К., Ахмадиев М. Т., Хамитова Г. Ж.</b> Структурная систематизация технологических процессов технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава .....	68
<b>Дегембаева У. К., Байгожанова Д. С., Сарбасова А. Е.</b> Внедрение системы RFID в библиотечное дело .....	75
<b>Дроздова Н. К., Алигожина Д. А., Агибаева А. Ж.</b> Влияние качества ремонта электродвигателей на расход электроэнергии.....	78
<b>Дроздова Н. К., Семенова М. К., Беляева Л. М.</b> Электротехнологии в строительстве с учетом требований безопасности.....	82

<b>Дүйсенова Ж. Ж., Копырин В. С., Марковский В. П.</b> Дифференциальная защита системы «Тиристорный преобразователь напряжения - нагрузка» .....	86
<b>Ермуханова Н. Б., Ташимова А. А., Абдрахманов С. Т.</b> Анализ проведенных исследований на подвижность тяжелых металлов в почве аральского региона.....	90
<b>Жакипов Н. Б., Утегулов Б. Б., Утегулов А. Б., Уахитова А. Б.</b> Теоретические исследования параметров изоляции на основе круговой диаграммы изменения фазы электрической сети относительно земли.....	98
<b>Исенов С. С., Марковский В. П., Байниязов Б. А., Акаев А. М., Сейтжанова Г. Т.</b> Разработка системы автоматического управления многодвигательным электроприводом мостового крана механизма передвижения тележки.....	103
<b>Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Исабеков Д. Д.</b> Особенности работы компактных люминесцентных ламп .....	112
<b>Калимбетов Б. Е., Баймаханов К.</b> Пути повышения эксплуатационной надежности привода шпинделей хлопкоуборочного аппарата.....	118
<b>Калимбетов Б. Е., Баймаханов К., Баубеков О. Б.</b> Исследование кинематических режимов работы шпинделей хлопкоуборочного аппарата.....	125
<b>Камбаров М. Н., Унайбаев Б. Ж., Камбаров Ж. К., Шорманова К. Ж., Саканов К. Т.</b> Путь целесообразного водообеспечения Центрального Казахстана .....	134
<b>Кибартас В. В., Степанов Е. Ю.</b> Автоматизация подачи гранул из установки вторичной обработки в процессе производства полипропиленовой нити.....	139
<b>Кибартас В. В., Кибартене Ю. В., Кабылдина А. Ш.</b> Полупроводниковые устройства мягкого пуска синхронных электродвигателей агрегатов средней и большой мощностей .....	143
<b>Киушкина В. Р., Шацева А. А., Бергузинов А. Н., Сарсикеев Е. Ж.</b> Интеграция возобновляемых источников энергии на территории Дальнего Востока .....	146
<b>Кислов А. П., Бергузинов А. Н., Сагидулла Д.</b> Высшие гармонические составляющие токов и напряжений при работе электротехнологических установок.....	158
<b>Кислов А. П., Бергузинов А. Н.</b> Влияние электромагнитных помех на силовое оборудование .....	171
<b>Кислов А. П., Бергузинов А. Н.</b> Энергетические соотношения при несимметрии токов и напряжений в трехфазной системе.....	174

<b>Кислов А. П., Бергузинов А. Н.</b> Несимметрия токов и напряжений при работе электротехнологических установок .....	177
<b>Клецель М. Я., Машрапов Б. Е.</b> Резервная защита электродвигателей, контролирующая отношения токов фаз .....	191
<b>Копырин В. С., Кайдар А. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К.</b> Анализ режимов работы энергосберегающих ламп .....	198
<b>Кудерин Д. М.</b> Технологический процесс изготовления многожильного силового кабеля на примере предприятия АО «Казэнергокабель» .....	203
<b>Липчанский А. Н., Баранова С. С., Яшкина А. Б.</b> Базовый уровень качества как метод гармонизации взаимоотношений производителя и потребителя продукции .....	211
<b>Мухаметшин Р. Р., Захаров И. В., Науман О. А.</b> Расчет резонансного режима плоского индуктора с самокомпенсацией реактивной мощности .....	217
<b>Никифоров А. С., Приходько Е. В., Карманов А. Е., Кинжибекова А. К.</b> Модернизация обмуровки водогрейных котлов малой мощности с целью снижения тепловых потерь .....	222
<b>Новожилов А. Н., Крюкова Е. В., Новожилов Т. А.</b> Двухлучевой осциллограф на базе персонального компьютера .....	228
<b>Оразбекова А. К., Байниязов Б. А., Исенов С. С.</b> Влияние токов самозапуска электродвигателей 10кв при выборе уставок релейных защит подстанций напряжением 110/10кВ .....	234
<b>Парамонов Ф. П.</b> О средней длине волны участка тормозного спектра рентгеновской трубки при возбуждении флуоресценции чистых элементов .....	244
<b>Савостин А. А., Савостина Г. В.</b> Автоматизированная система идентификации QRS-комплексов электрокардиосигнала .....	247
<b>Тулеубаев Б. А., Ергешбаева Н. В.</b> Исследование процессов миграции радона в почвенной среде .....	253
<b>Унайбаев Б. Ж., Арсенин В. А., Унайбаев Б. Б., Сиваракша Д. М.</b> Надежные и эффективные геотехнологии возведения зданий на засоленных грунтах .....	260
<b>Хацевский В. Ф., Мажикова А. Г., Ахметов А. К.</b> Разработка устройства автоматизации и защиты для системы электроснабжения предприятия .....	269
<b>Хацевский В. Ф., Ахметов А. К., Мажикова А. Г.</b> Разработка системы автоматизации учета промышленного потребления электроэнергии .....	276

<b>Шонтаев Д. С., Шонтаев А. Д., Хамметова Ж. Н., Унайбаев Б. Б., Нургалиева М. С., Саканов К. Т.</b> Исследование распределения напряженно-деформированного состояния в массиве горных пород .....	282
<b>Шонтаев Д. С., Шонтаев А. Д., Унайбаев Б. Б., Нургалиева М. С.</b> Методика проведения исследований по определению геометрии зоны обрушения .....	290
Наши авторы .....	295
Правила для авторов .....	302

## CONTENT

<b>Aryngazin K. Sh., Sarlybaeva L. M., Ordabaev S. M.</b> Gross collection and productivity of grain (including rice) and leguminous crops in Republic of Kazakhstan software 2009 - 2012.....	13
<b>Assayeva Z. A., Azamatova D. A., Tulebayeva Zh. A., Prikhodko E. V.</b> Rational combination of renewable energy sources in the energy supply .....	19
<b>Assenova S. S., Talipov O. M., Uakhitov Z. Z.</b> Possibility of using power sources for biogas installations.....	24
<b>Babko A. N., Badenov B. F.</b> The research of the color temperature and lightning characteristics of radiation sources .....	30
<b>Baigamysov T. A.</b> Problems and solutions of the temperature field monitoring in the process of the aluminum electrolyzer flame burning.....	38
<b>Baitemirov B.M., Azamatova D.A., Prihodko E.V., Tulebaeva Z.A.</b> Simulation of a hydraulic impact.....	42
<b>Glazyrin S. A., Glazyrina N. S.</b> The impact of automation to improve the reliability and energy efficiency of the thermal power equipment.....	48
<b>Govorun V. F., Govorun O. V., Padrul N. M., Akaev A. M., Ayganov A. N., Zharasov S. S.</b> Effectiveness of FACTS devices in Ekibastuz-Kokchetav-Kustanay power lines...52	52
<b>O. O. Grigoriev, A. A. Glazyrin, V. N. Serookaya</b> Preservation of a drum boiler with hydrazine and ammonia solution in different shutdown modes.....	62
<b>Daniyarov N. A., Akashev A. Z., Kelisbekov A. K., Akhmadiev M. T., Khamitova G. Zh.</b> Structural systematization of technological processes of maintenance and repair of a traction rolling stock.....	68
<b>Degembaeva U. K., Baygozhanova D. S., Sarbasova A. E.</b> Implementation of RFID in library studies.....	75
<b>Drozdova N., Aligozhina D., Agibaeva A.</b> Influence of quality of electric motors repair on an electric power expense .....	78
<b>Drozdova N., Semenova M., Belyaeva L.</b> Electrotechnologies in construction taking into account safety requirements. ...82	82
<b>Dusenova Zh. Zh., Kopyrin V. S., Markovsky V. P.</b> Differential protection of "Thyristor converter of voltage - load" system .....	86
<b>Yermuhanova N. V., Tashimova A. A., Abdrakhmanov S. T.</b> The analysis of the heavy metal mobility in soils of the Aral region research on .....	90
<b>Zhakupov N. B., Utegulov B. B., Utegulov A. B., Uahitova A.B.</b> Theoretical study of the insulation parameters based on a pie chart of phase change in the power supply to the earth.....	98

<b>Issenov S. S., Markovskiy V. P., Bainiyazov B. A., Akaev A. M., Seitzhanova G. T.</b> Development of the system of automatic control of the multi-engine electric drive of the bridge crane of the mechanism of movement of the cart.....	103
<b>Kaidar A. B., Shapkenov B. K., Markovskiy V. P., Isabekov D. D.</b> Features of compact fluorescent lamps.....	112
<b>Kalimbetov B. E., Baimakhanov K.</b> Ways to improve operational reliability of the drive unit spindles of cotton harvesting apparatus .....	118
<b>Kalimbetov B. E., Baimahanov K., Baubekov U. B.</b> Research of kinematic modes of operation of the drive unit spindles of cotton harvesting apparatus .....	125
<b>Kambarov M. N., Unaybayev B. J., Kambarov J. K., Shormanova K. J., Sakanov K. T.</b> The Central Kazakhstan regions water supply providing .....	134
<b>Kibartas V. V., Stepanov E. J.</b> Automating the granules feed from the recycling installation during production of polypropylene filaments.....	139
<b>Kibartas V. V., Kibartene Yu. V., Kabyldin A. S.</b> Semiconductor devices of soft start of synchronous electric motors of medium and high power units.....	143
<b>Kiushkina V., Shatceva A., Berguzinov A., Sarsikev E.</b> Integration of renewable energy sources on the territory of the Far East.....	146
<b>Kislov A. P., Berguzinov A. N., Sagidulla D.</b> Higher harmonic components of currents and voltages at work of electro technological installations .....	158
<b>Kislov A. P., Berguzinov A. N.</b> Influence of the electromagnetic interferences on the power equipment .....	171
<b>Kislov A. P., Berguzinov A. N.</b> Energy correlations in the asymmetry of currents and voltages in a three phase system .....	174
<b>Kislov A. P., Berguzinov A. N.</b> Asymmetry of currents and voltages during the work of electro technological installations .....	177
<b>Kletsel M. Ya., Mashrapov B.E.</b> Backup protection of electric motors, controlled by the ratio of the phase currents.....	191
<b>Kopyrin V. S., Kaidar A. B., Markovskiy V. P., Shapkenov B. K.</b> Analysis of the operation modes of energy-saving lamps .....	198
<b>Kuderin D. M.</b> Technological process of the multicore power cable production on the example of JSC «Kazenergokabel».....	203
<b>Lipchansky A. A., Baranova S. S., Yashkina A. B.</b> The quality basic level as method of harmonization between the manufacturer and consumer of production.....	211

<b>Mukhametshin R. R., Zakharov I. V., Nauman O. A.</b> Calculation of flat inductor resonant mode with self-compensation of reactive power.....	217
<b>Nikiforov A. S., Prikhodko Ye. V., Karmanov A. E., Kinzhibekova A. K.</b> Modernization of the brickwork of medium capacity water heating boilers with the purpose to decrease heat losses.....	222
<b>Novozhilov A.N., Krukova E.V., Novozhilov T.A.</b> A PC-based double-beam oscillograph.....	228
<b>Orazbekova A K., Bainiyazov B A., Issenov S S.</b> Influence of currents of self-start of electric motors 10kV at the choice of settings of relay protection of substation of 110/10kV .....	234
<b>Paramonov F. P.</b> On the average wavelength of a section of the x-ray tube bremsstrahlung spectrum at excitation of fluorescence of pure elements .....	244
<b>Savostin A.A., Savostina G.V.</b> Automated identification system of the electrocardiological signal QRS complexes.....	247
<b>Tuleubaev B.A., Ergeshbaeva N.V.</b> Investigation processes of radon migration in the soil environment.....	253
<b>Unaibayev B. J., Arsenin V. A., Unaibayev B. B., Sivaraksha D. M.</b> Reliable and effective geotechnologies of buildings' erection on salted soils ..	260
<b>Khatsevskiy V. F., Magikova A. G., Ahmetov A. K.</b> Development of a device of automation and protection for the power supply system of the enterprise .....	269
<b>Khatsevskiy V. F., Ahmetov A. K., Magikova A. G.</b> Development of the system of automation of industrial power consumption accounting.....	276
<b>Shontaev D. S., Shontaev A. D., Khammetova J. N., Unaibayev B. B., Nurgalieva M. S., Sakanov K. T.</b> Research of the distribution of tensed-deformed condition in the massif of rocks.....	282
<b>Shontaev D. S., Shontaev A. D., Ynaibaev B. B., Nurgalieva M. S.</b> Technique of carrying out researches on definition of geometry of a callapse zone.....	290
Our authors.....	295
Rules for authors .....	302

ӘОЖ 311.313 (574)

**К. Ш. Арынгазин, Л. М. Сарлыбаева, С. М. Ордабаев**

### **ҚР 2009 – 2012 Ж. АРАЛЫҒЫНДАҒЫ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ DAҚЫЛДАРЫНЫҢ ЖАЛПЫ ЖИЫНЫ МЕН ТҮСІМІ**

*Бұл мақалада автор ҚР 2009–2012 жылдар арасында  
жиналып алынған дәнді дақылдардың жалпы жиыны мен түсімін  
салыстырады.*

1 қараша 2010 жылғы статистика басқармасының мәліметіне қарағанда Қазақстанның өндіріс орындары мен шаруашылықтарда 12,069 млн тонна астық бар. Алдыңғы жылдан қалған қосалқы қорлар көлемі 7,949 млн тоннадан жоғары астық бар, жалпы көлемі 20,018млн тоннаны құрап отыр.

Қуантатын жағдайлардың бірі былтырғы астық егуден үш аудандық көшбасшылары осы жылыда еш өзгеріссіз қалды, және жоғары көрсеткіш көрсетуде.

Ал министрліктің баспасөз қызметі 22 қыркүйек күні егіс алқаптарының 77,5 пайызында астық жиналып, көлемі 19,9 миллион тоннаны құрағандығын, астықтың жалпы көлемі 20 миллион тоннадан да асып түсетіндігін, сөйтіп соңғы 60 жыл көлемінде рекордтық өнім алынады деп күтіліп отырғандығын жариялады.

23 қыркүйек күні Қазақстанда 25 миллион тоннаға дейін астық жиналатындығы мәлім болды.

Қазіргі күні елімізде мол астық жолындағы күрес хроникасы осылайша өріс алуда.

Мұның сыртында Статистика агенттігінің баспасөз қызметінің мәліметі бойынша, Қазақстанда 2011 жылы 18 млн. 646 мың 800 гектар аумаққа жаздық ауылшаруашылық дақылдары егілді. Соның ішінде 16 миллион 255 мың 900 гектарға дәнді дақыл егілсе, оның 14 миллион 102 мың 600 гектарына бидай себілген. Сонымен қатар агенттіктің баспасөз қызметі Қазақстанда дәнді дақылдардың бағасы 2011 жылдың басынан бастап 14,8 пайызға өскендігін хабарлады. Әрине, өндірген өнімдері жақсы бағаланып жатса, бұл диқандар үшін үлкен жақсылық.

Қазақстан Республикасының 1 қараша 2010 жылғы дәнді дақылдардың көлемі 1 кестеде көрсетілген .

1 кесте - Қазақстан Республикасының 1 қараша 2010 жылғы дәнді дақылдардың көлемі (тоннада)

Түрлері	Ауыл шаруашылық өндірістерінде		
	шаруашылықта (фермерлік)	Нан қабылдайтын кенттерде және элеваторларда	Ұн комбинаттарында және т.б. өндірістерде
Барлығы	12 069 813	4 294 895	1 757 039
азық - түлікке	9 294 538	2 605 808	969 387
тұқымдыққа	1 779 132	1 253 632	491 197
жемшөпке	996 143	435 455	296 455
Бидай	10 708 783	3 583 687	1 416 538
азық - түлікке	8 778 399	2 306 614	878 762
тұқымдыққа	1 579 884	1 115 136	434 872
жемшөпке	350 500	161 937	102 904
Жүгері	56 858	10 242	44 134
азық - түлікке	2 239	448	20
тұқымдыққа	2 262	1 513	329
жемшөпке	52 357	8 281	43 785
Күріш	274 503	148 840	58 294
Азық - түлікке	239 160	121 448	52 176
тұқымдыққа	29 633	23 302	4 498
жемшөпке	5 710	4 090	1 620
Арпа	796 886	400 571	188 078
азық - түлікке	178 566	121 865	21 517
тұқымдыққа	132 506	87 133	43 451
жемшөпке	485 814	191 573	123 110
Қара бидай	42 500	17 020	7 102
азық - түлікке	34 304	12 747	4 252
тұқымдыққа	2 718	1 410	1 127
жемшөпке	5 478	2 863	1 723
Сұлы	82 230	57 317	20 558
азық - түлікке	13 790	11 098	2 690
тұқымдыққа	13 231	9 860	3 371
жемшөпке	55 209	36 359	14 497
Крақұмық	17 101	6 170	8 102
азық - түлікке	11 342	3 971	5 058
тұқымдыққа	3 572	1 349	2 217
жемшөпке	2 187	850	827
Тары	10 674	7 071	2 012
азық - түлікке	8 121	5 144	1 498
тұқымдыққа	1 100	883	152
жемшөпке	1 453	1 044	362
Басқада қоспалар	30 836	23 254	7 571
азық - түлікке	2 818	2 698	120
тұқымдыққа	470	194	276
жемшөпке	27 548	20 362	7 175

2 кесте - 1 қараша 2010 жылғы аудан аралық дәнді дақылдардың көлемі

Аудандар	Ауыл шаруашылық өндірістерінде		
	шаруашылықта (фермерлік)	шаруашылықта (фермерлік)	шаруашылықта (фермерлік)

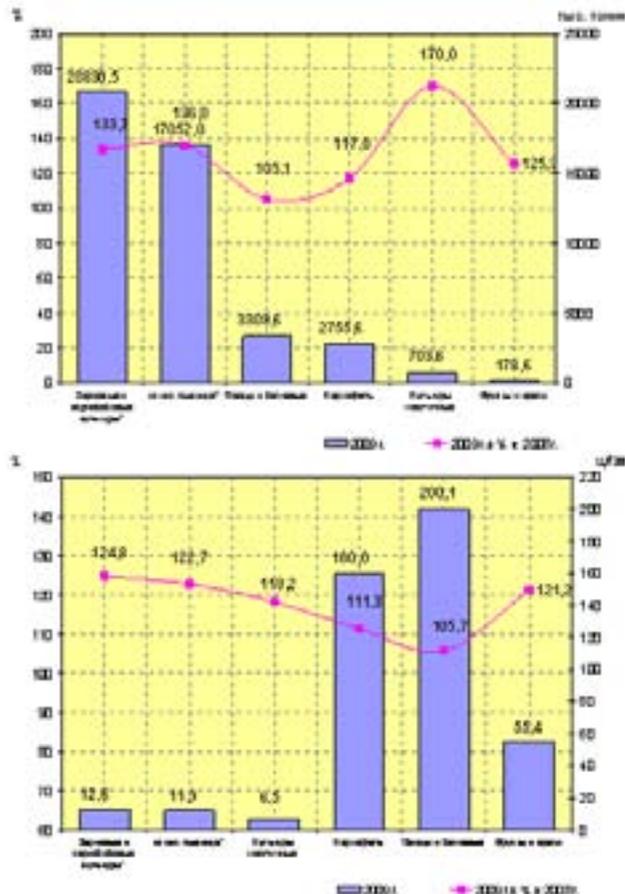
Қазақстан Республикасы	12 069 813	4 294 895	1 757 039
Ақмола	2 874 568	1 070 358	159 537
Ақтөбе	198 138	32 709	13 613
Алматы	262 179	123 801	134 880
Атырау	45	45	-
Батыс Қазақстан	311 481	15 021	35 282
Жамбыл	119 855	42 567	59 445
Қарағанды	397 324	126 268	114 201
Қостанай	3 055 831	982 762	540 013
Қызылорда	245 073	122 524	54 947
Оңтүстік Қазақстан	114 549	21 438	6 143
Павлодар	317 413	138 758	94 426
Солтүстік Қазақстан	3 485 121	1 469 353	364 348
Шығыс Қазақстан	499 282	149 081	180 201
Астана қ.	167 763	30	-
Алматы қ.	21 191	180	3

Бұрын-соңды болмаған мол астық жолындағы күрестің ендігі үлкен мәселесі оны қайда қоямыз деген сұраққа тіреліп тұр. Елдің ішкі сұранысын қанағаттандыруға 8 миллион тонна жетеді. Сонда 25 миллион тонна астық жиналған жағдайда оның 15-17 миллион тоннасын экспорттау қажет болады. Ал мұншама мол астықтың бір сәтте сыртқа шығарылмайтындығы белгілі. Сондықтан экспорт мәселесін елімізге қолайлы баға бойынша жүйелі де ырғақты жүргізу үшін, ең бірінші, жиналып жатқан астықты сақтау мәселесі өткір сипатқа ие болып отыр. Бізге келіп түсіп жатқан деректер бойынша Ақмола облысындағы элеваторлар қазірдің өзінде астыққа толған. Әрине ол астық саудаға шығарылып, орындар босатылып та жатыр. Бірақ сақтау кезегін күтіп тұрған астық көлемі қаншама. Шамасы тағы бір өңір – Қостанай облысындағы жағдай да осыған ұқсас болар. Өйткені бұл облыста да қазірдің өзінде 6 миллион тоннадан астам астық бастырылып үлгерген. Елден келген адамдар бұл облыстың да қамбалары лық толып, қамбалары жоқ шағын шаруашылықтардың өз астықтарын сатып алушының ұсынған бағасымен келісуге мәжбүр болып, даладан, егіс басынан тікелей сатып жатқандығын айтуда.

Облыстық ауыл шаруашылығы департаментінің мәліметтеріне қарағанда, жаздық бидайдың жалпы көлемі 3 млн. 952,7 мың гектар (2008 жылғыдан 109,0 мың гектар артық) болмақ. Мал азығындық дақылдарға 296 мың гектар, жармалық дақылдарға – 6,2 мың гектар, бұршақ тұқымдас дақылдарға – 10,5 мың гектар бөлінеді. 2008 жылмен салыстырғанда, майлы дақылдар көлемі 5,8 мың гектарға ұлғайтылады. Нәтижесінде оның көлемі 81,8 мың гектарға жеткізіледі.

Тұқым зертханаларына толық сараптамадан өткізуге 469,3 мың тонна тұқым (қамбада сақталған тұқымның 85 пайызы) толық тексеруге келіп түсті.

Талдау нәтижесі бойынша барлық тұқым егуге жарамды деп табылды, соның ішінде 339,2 мың тоннасы (80,4 пайызы) I және II сыныпты сұрыпқа жатқызылды.



Диagramma 1 – Ауыл шаруашылық астық түрлерінің жалпы жиыны және түсімі

2011 жылғы 25 шілдедегі мәліметі бойынша, республикада 214 лицензияланған астық қабылдау кәсіпорындары бар. Лицензияланған астық қабылдау кәсіпорындарының барлық астық сақтау сыйымдылығы 13,4 млн. тоннаны құрайды. Қоймалар құрылымында сыйымдылықтардың ең үлкен көлемі элеваторларда – 7,0 млн. тонна, одан кейін қоймалық сыйымдылық – 6,0 млн. тонна және металл құрылымдарының сыйымдылығы – 0,4 млн. тонна.

Елдің ірі астықты аймағы – Солтүстік Қазақстанның агроқұрылымдары дәнді дақылдарды жаппай егуге кірісті. Егіс науқанын маусымның басында аяқтау жоспарланып отыр.

Облыстық ауыл шаруашылығы басқармасының мәліметтері бойынша мамырдың 18-іне 431 мың гектарға дәнді дақылдар, 113 мың гектарға ? майлы дақылдар, 20 мың гектардан астам алқапқа ? картоп, 2,1 мың гектарға көкөніс егілді. Биыл дәнді дақылдар алқабы 4,1 миллион гектарға жеткізіледі, бұл 2007 жылмен салыстырғанда, 367 мың гектарға көп, соның ішінде дәнді дақылдар көлемі 3,9 миллион гектарды құрайды. Бүгінгі таңда Солтүстік Қазақстан облысы агроөнеркәсіптік кешенді техникалық қайта жарактандыру жөнінен Қазақстанда ең жоғары көрсеткішке жетіп отыр.

Дәнді дақылдардың егістік көлемі 16,2 млн. га, өткен жылдары егілген көпжылдық шөптердің алқабы үлесінен (2,2 млн. га) жемшөп дақылдарының көлемі 2,9 млн.га дейін жетті. Сондай-ақ, облыстық аумақтық инспекциялардың ақпараты бойынша астықтың қолда бары 10,8 млн. тонна. Оның ішінде азық-түліктік астық 10,2 млн. тонна.

Статистика деректері бойынша ауыл шаруашылығы дақылдарының егістік алаңы 2012 жылы 21,5 млн. га құрады, бұл 2011 жылғы деңгейден 1,4%-ға артық. Дәнді дақылдар егілген алаңдар 2011 жылға қарағанда 45,3 мың га-ға (1,0%-ға) арттырылды, бидай егістері 359,5 мың га-ға қысқартылды.

Астықтың жалпы жиналымы 2012 жылы өңдеуден кейінгі салмақта 12,9 млн. тонна құрады (соның ішінде бидай – 9,8 млн. тонна). Астықтың экспорттық әлеуеті ағымдағы маусымда 7,0 млн. тонна деңгейінде бағаланады.

2012 жылдың қорытындылары бойынша астық эквивалентіндегі ұнды ескере отырып, 11,0 млн. тонна астық экспортқа тиесп-жөнелтілді. Бұл көрсеткіш Қазақстанның тәуелсіздік жылдарындағы рекорд болып табылады.

Статистикалық деректер бойынша республикада 2013 жылғы 1 қаңтардағы жай-күй бойынша шамамен 13,7 млн. тонна астық, соның ішінде азық-түлік астығы – 10,9 млн. тонна, жемшөптік астық – 1,0 млн. тонна, тұқымдық астық – 1,8 млн. тонна.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 **Зюлин, А. Н., Зубаилов, И. Г.** О целесообразности очистки зернового материала от мелкой примеси при засыпке на хранение [Текст] // Механизация уборки, послеуборочной обработки и хранения урожая сельскохозяйственных культур [Текст]. – М. : ВИМ, 2000. –Т. 132. – С.170- 175.

2 **Жуманазаров, К. Б., Ермекбаев, С. Б., Омаров, Т. Е.** О проблеме качества зерна и его конкурентоспособности [Текст] // Пищевая технология и сервис. – 2005. – №2. – С. 12-13.

3 Елизаров, В. П. Предприятия послеуборочной обработки и хранения зерна (расчет на ЦВМ) [Текст]. – М. : Колос, 1977. – 209 с.

4 Кулагин, М. С. и др. Механизация послеуборочной обработки и хранения зерна и семян [Текст]. – М. : Колос, 1979. – 255 с.

4 Нормы технологического проектирования элеваторов [Текст]. Промзерно-проект. Госкомзага. – М., 1951.

С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 10.12.13 редакцияға түсті.

*K. Sh. Aryngazin, L. M. Sarlybaeva, S. M. Ordabaev*

**Валовый сбор и урожайность зерновых и бобовых культур в РК в 2009 - 2012 годы**

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 10.12.13

*K. Sh. Aryngazin, L. M. Sarlybaeva, S. M. Ordabaev*

**Gross collection and productivity of grain (including rice) and leguminous crops in the Republic of Kazakhstan in 2009-2012**

Pavlodar State University named after S. Toraigyrov, Pavlodar.  
Material received on 10.12.13.

*В этой статье автор сравнивает валовой сбор и урожайность зерновых культур в РК в 2009 – 2012 годы.*

*Herein the authors compare the gross collection and productivity of grain crops in the RK in 2009-2012.*

УДК 620. 9:621. 31

**З. А. Асаева, Д. А. Азаматова, Ж. А. Тулебаева,  
Е. В. Приходько**

### **РАЦИОНАЛЬНОЕ СОЧЕТАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В СИСТЕМЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ**

*Дальнейшее развитие традиционной электроэнергетики столкнулось с рядом проблем, основными из которых являются:*

- экологическая угроза человечеству;
- быстрое истощение запасов ископаемого топлива;
- значительный рост цен на электроэнергию.

*В этой связи, перспективным направлением в энергетике страны может быть применение возобновляемых источников энергии (ВИЭ), что подтверждается мировой практикой.*

Угольные ТЭЦ – основной источник производства электроэнергии и тепла. В то же время централизованная система электроснабжения с концентрацией основной генерирующей мощности на нескольких крупных угольных электростанциях в центре Казахстана и общей протяженностью линий электропередачи порядка 450 тыс. км приводит к существенным потерям электроэнергии при ее распределении и значительным эксплуатационным затратам. Повышаются и общие затраты на энергоснабжение, а также увеличиваются объемы топлива потребляемого электростанциями.

Ограниченные запасы органического топлива и непрерывный рост затрат на их использование требуют поиска путей рационального использования энергетических ресурсов. Одним из путей является использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Из числа ВИЭ наиболее перспективными по признаку доступности потребителям являются использование солнечной и ветровой энергии. В мире действует большой парк гелио- и ветроэнергетических установок (ГЭУ, ВЭУ) с суммарной мощностью более 400 ГВт. В Казахстане, по разным причинам, использование ГЭУ и ВЭУ весьма незначительно.

Таким образом, существует проблема в объективной необходимости использования ВИЭ. Её интерпретация в научно-техническую область требует решения двух проблем: определение условий эффективного использования возобновляемых источников и создание эффективных схем

совместного использования традиционных и возобновляемых источников для рационального сочетания потребляемых энергоресурсов.

Анализ систем энергоснабжения показывает, что ВИЭ, как правило, рассматривается как дополнительный источник. Тогда система энергоснабжения с использованием ВИЭ должна иметь научно обоснованную структуру для рационального использования энергоресурсов.

Рациональное сочетание потребляемых энергоресурсов может быть определено на стадии проектирования системы энергоснабжения. Однако недостаточная проработка методологических основ и общих методических положений в проектировании энергосистемы с использованием ВИЭ не позволяет выбрать рациональное сочетание традиционных и возобновляемых энергоресурсов.

В условиях развитой гелио- и ветротехники наиболее актуальными становятся вопросы эффективного их использования путем согласования режимов поступления и потребления возобновляемой энергии. Отсутствие научно обоснованных показателей и методов их оценки не позволяют определить условия эффективного использования ВИЭ в системе энергоснабжения.

Анализ и классификация существующих источников энергии по виду получаемой полезной энергии позволили определить основные направления их использования. Существующие энергетические ресурсы для некоторых технологических процессов можно рассматривать как взаимозаменяемые с технической стороны и конкурентоспособные с экономической точки зрения. Тогда для технологических процессов можно установить рациональное сочетание потребляемых традиционных и возобновляемых энергетических ресурсов.

В последние годы практически во всех странах мира наращается выработка электрической и тепловой энергии на базе ВИЭ: солнечной, ветровой, геотермальной, энергии малых рек, биомассы и др. Экономический потенциал ВИЭ в два раза превышает объем годовой добычи органического топлива в мире.

Наиболее перспективными из числа ВИЭ по признаку повсеместной распространенности и доступности являются солнечная и ветровая энергия.

Солнечная энергия наиболее широко используется для получения тепла невысокого потенциала, достаточного для горячего водоснабжения и отопления. Суммарная площадь солнечных коллекторов ГЭУ в мире превысила 90 млн кв.м. Ведущие позиции занимают США – 22 млн кв.м, Китай – 20 млн кв.м и Япония – 15 млн кв.м.

По данным Международной Ассоциация Ветряной энергетики (WWEA) ветроэнергетика является лидером по сравнению с другими видами ВИЭ. Установленная мощность ВЭУ в мире составляет более 200 ГВт и генерируют

около 400 ТВт-ч в год, и к 2020 году прогнозируется рост мощности до 2000 ГВт. В Казахстане эксплуатируются ВЭУ отечественного и зарубежного производства с установленной мощностью около 12 МВт. Потребность Казахстана в ветроагрегатах оценивается до 50 тысяч, в т.ч. более 90 % мощностью до 10 кВт.

Совокупность традиционных и возобновляемых источников, связанных единством задачи, представляется как система комплексного энергоснабжения (СКЭ), которая является элементом более высокой производственной системы. Исследование СКЭ должно быть подчинено главной цели – обеспечению производства качественной продукции при наименьших затратах на энергоресурсы.

Систему энергоснабжения можно представить как совокупность подсистем электро-и теплоснабжения: централизованных (ЭС и ТС) и автономных (МЭС, ТГУ и ВИЭ), имеющих на выходе полезно потребляемую энергию (рисунок 1).



Рисунок 1 – Система комплексного энергоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии:  
 ЭС, ТС – централизованные системы электро- и теплоснабжения;  
 МЭС – местная электростанция на органическом топливе;  
 ТГУ – теплогенерирующая установка на органическом топливе;  
 ВИЭ – возобновляемый источник; → – энергетические связи;  
 - - → – информационно-управляющие связи

Условия функционирования исследуемой СКЭ определяется потоком поступающих энергоресурсов на входе и потоком полезной энергии на выходе от каждого источника.

Для эффективного энергоснабжения необходимо рационально использовать не только традиционные, но и возобновляемые энергоресурсы. При этом возобновляемый источник может обеспечить только часть потребной энергии и замещать определенную долю традиционно используемого энергетического ресурса. Значит, потребляемая энергия от традиционного источника зависит от условий использования солнечной и ветровой энергии.

В системе энергоснабжения потребляемая энергия может носить случайный характер, как и выработка от ГЭУ и ВЭУ. Поэтому необходимо согласование возобновляемого источника с потребителем.

Для согласования случайных режимов важно определить повторяющиеся циклы в нестационарном процессе. Анализ режимов поступления и потребления возобновляемой энергии показал, что внутри месяца и года такими свойствами обладает суточная сумма как поступающей возобновляемой, так и полезно потребляемой энергии.

Энергетические характеристики возобновляемых источников служат основой для проектирования систем энергоснабжения, использующих ВИЭ. При этом обязательным является вероятностно-статистический анализ энергетических характеристик возобновляемых источников в течение расчетного периода.

Условия использования солнечной энергии определяются уровнем и продолжительностью поступающей солнечной радиации. В качестве энергетических характеристик солнечной радиации ( $x_s$ ) служат ее интенсивность  $h_s$  ( $Вт/м^2$ ) и продолжительность солнечного сияния  $S$ .

При проектировании ГЭУ важно знать величину солнечной энергии, поступающей за время ее работы, т.е. ее дневную сумму за заданный промежуток времени.

Для эффективного энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей необходимо согласование режимов работы возобновляемых источников между собой и с переменной нагрузкой, а также условия работы возобновляемых и традиционных источников в системе комплексного энергоснабжения.

Исследования по совместному использованию солнечной и ветровой энергии показали на недоиспользование возобновляемой энергии до 15%, когда они поступают одновременно и имеют достаточный потенциал. Для максимального использования солнечной и ветровой энергии разработано устройство ГВЭУ согласующее действия возобновляемых источников.

Для рационального использования потребляемых энергоресурсов путем максимального использования солнечной и ветровой энергии и

управления режимом работы дизельной электростанции в системе электро- и теплоснабжения разработана гелиоветро-дизельная установка.

Для расширения возможности ВЭУ путем согласования режимов работы источников разработана система энергоснабжения, которая также позволяет повысить надежность энергоснабжения и качество электроэнергии. Предложенные схемы предусматривают выработку качественной электроэнергии при скорости ветра, которая ожидается с наибольшей вероятностью.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Кабдуалиева, М. М.** Автономное теплоснабжение / М. М. Кабдуалиева, Н. М. Кабдуалиев // Чокинские чтения – 2011.
- 2 **Шерьязов, С. К.** Ветроэнергетическая установка со стабилизатором напряжения / С. К. Шерьязов, А. А. Аверин, М. В. Шелубаев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. – №6. С. 18-19.
- 3 **Шерьязов, С. К.** Основные принципы исследования системы энергоснабжения с использованием энергии ветра / С. К. Шерьязов, Н. А. Чернов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. – 2010. – Вып. 1 (40). – С. 27 – 29.
- 4 **Шерьязов, С. К.** Методика оценки энергообеспеченности потребителей от ветроэнергетической установки / С. К. Шерьязов, Н. А. Чернов // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2010. – Вып. 4. – С. 207-210.
- 5 **Шерьязов, С. К.** Использование ветроустановки в системе электроснабжения / С. К. Шерьязов, М. В. Шелубаев // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2010. – Вып. 4. – С. 210-212.
- 6 **Саплин, Л. А.** Основные положения и принципы исследования возобновляемого источника энергии / Л.А. Саплин, С.К. Шерьязов // Вестник ЧГАУ. – Челябинск, 2005. – Т. 44. – С. 112-116.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 10.12.13.

*З. А. Асаева, Д. А. Азаматова, Ж. А. Тулебаева, Е. В. Приходько*  
**Жаңартылмалы энергоресурстың тиімді тіркесі жүйесінде  
энергияны жабдықтау**

С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 10.12.13 редакцияға түсті.

Z. A. Assayeva, D. A. Azamatova, Zh. A. Tulebayeva, E. V. Prikhodko  
**Rational combination of renewable energy sources in the energy supply**  
 Pavlodar State University named after S. Toraigyrov, Pavlodar.  
 Material received on 10.12.13.

*Дәстүрлі электроэнергетиканың әрі қарай дамуы: келесі мәселелер негізгі болып табылады. Олар:*

- экологиялық айбат адамзатқа;
- қазынды отынның босалқы қорларының аспа-жалап титықтауы;
- бағаның маңызды осуі электроэнергия.

*Арада осы байланыста, перспективалы бағытпен елдің энергетикасында мүмкін қайраттың жаңартылмалы бастауының қолданысы, не дүниежүзілік тәжірибемен расталады.*

*Further development of traditional electroenergy ran into a row of problems, main of them are:*

- an ecological threat to humanity;
- a rapid exhaustion of fossil fuels stock;
- a considerable increase of prices on electric power.

*In this connection, application of the renewable energy sources (RES) might become a perspective direction in the energetics of the country which is confirmed by the world practice.*

УДК 620.91(574)

**С. С. Асенова, О. М. Талипов, Ж. Ж. Уахитов**

### **ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК**

*В настоящей статье авторы дают возможные решения энергетических проблем Казахстана с помощью развития биогазовой энергетики.*

Использование электроэнергии и топлива на сегодняшний день стало настолько естественным для человека, что, сталкиваясь с проблемами энергоснабжения, мы испытываем серьёзное неудобство. Но человек, продолжает активно растрчивать нефть и природный газ, хотя эти ресурсы исчерпаемы, и неизбежен момент, когда их запасы на Земле иссякнут.

В начале XXI века на международном уровне бизнес заинтересовался этой отраслью, и уже сегодня производство электроэнергии с использованием возобновляемых ресурсов признано перспективным и активно развивается. В частности, биогазовые установки оказались довольно выгодными как с экономической, так и с экологической точки зрения. Биогаз, получаемый с помощью этих установок, является естественным продуктом распада, возникающим в процессе брожения органических веществ, он является регенеративным, а так же безвредным для природы и человека источником энергии. Именно биогаз, его получение и дальнейшее производство электроэнергии, а также производство тепла с его помощью, является наиболее важной задачей стоящей перед учеными республики.

Таблица 1 - Основные характеристики биогаза

Запас энергии в 1 м <sup>3</sup> биогаза	6-6,5 кВтч
Теплотворная способность	6000-7500 ккал /м <sup>3</sup>
Плотность биогаза	1,16-1,27 кг / м <sup>3</sup>
Температура возгорания	650-750 С
Давление биогаза в реакторе	0,05 атм.
Давление биогаза перед потребителем	поднимается до требуемого

Биогаз состоит из метана (55-85%) и углекислого газа (15-45%). Биогаз плохо растворим в воде, его теплота сгорания составляет от 21 до 27,2 МДж/м<sup>3</sup>. При переработке 1 т свежих отходов крупного рогатого скота и свиней (при влажности 85%) можно получить от 45 до 60 м<sup>3</sup> биогаза, 1 т куриного помета (при влажности 75%) – до 100 м<sup>3</sup> биогаза. По теплоте сгорания 1 м<sup>3</sup> биогаза эквивалентен: 0,8 м<sup>3</sup> природного газа, 0,7 кг мазута, 0,6 кг бензина, 1,5 кг дров (в абсолютно сухом состоянии), 3 кг навозных брикетов.

За последнее десятилетие в мире получили развитие технологии, позволяющие получать в большом количестве энергию из биоотходов децентрализованно. Биогаз производится на биогазовых установках везде, где доступны биоотходы, и тут же потребляется. Кроме переработки отходов на биогазовых установках, возможно перерабатывать специально выращенные энергетические культуры, например, кукурузный силос. Биогазовая отрасль производит не один конечный продукт, а целый спектр дорогих и важных продуктов и без ущерба экологии:

– Тепло – от охлаждения генератора или от сжигания биогаза. Полученное тепло используют для обогрева помещений.

– Электричество – из 1 м<sup>3</sup> биогаза можно выработать около 2 кВт электроэнергии.

– Биогаз – можно сжимать, накапливать, перекачивать излишки, продавать. Существуют модели автомобилей, которые используют в качестве топлива газ. Эти машины могут без дополнительной адаптации заправляться биометаном. Сейчас появляются первые заправочные биогазовые станции. В Швеции и Швейцарии биометан уже долгое время используется в городских автобусах (Volvo, Skania) и грузовых машинах.

– Удобрения – получаемые в виде переброженной массы являются экологически чистыми, жидкими удобрениями, лишенными нитритов, семян сорняков, болезнетворной микрофлоры, специфических запахов. Расход таких удобрений составляет 1-5 т вместо 60 т необработанного навоза для обработки 1 га земли. В полученное удобрение могут добавляться фосфорные, калийные или другие удобрения, в зависимости от культуры, под которые будут использоваться удобрения. Испытания показывают увеличение урожайности в 2-4 раза.

– Утилизация органических отходов – биогазовые установки могут устанавливаться как очистные сооружения на фермах, птицефабриках, спиртовых заводах, сахарных заводах, мясокомбинатах, что повышает санитарно-гигиеническое состояние этих предприятий.

– Решение экологических проблем – производство биогаза позволяет предотвратить выбросы метана в атмосферу, снизить применение химических удобрений, сократить нагрузку на грунтовые воды.

Агропромышленный комплекс Казахстана сегодня сталкивается с проблемой утилизации огромного количества отходов – чаще всего они просто вывозятся с территорий ферм и складироваются. Это приводит к проблемам окисления почв, отчуждению сельскохозяйственных земель (более 2 млн га сельскохозяйственных земель заняты под хранение навоза), загрязнению грунтовых вод и выбросам в атмосферу метана – парникового газа. Отходы АПК, которые необходимо утилизировать, а они сами по себе являются существенным энергетическим ресурсом, так как с разной степенью эффективности возможно получение биогаза почти из всех видов сельскохозяйственных отходов. Таким образом, развитие биогазовой энергетики – это не только возможное решение проблемы отходов, но и еще решение энергетических проблем сельского хозяйства.

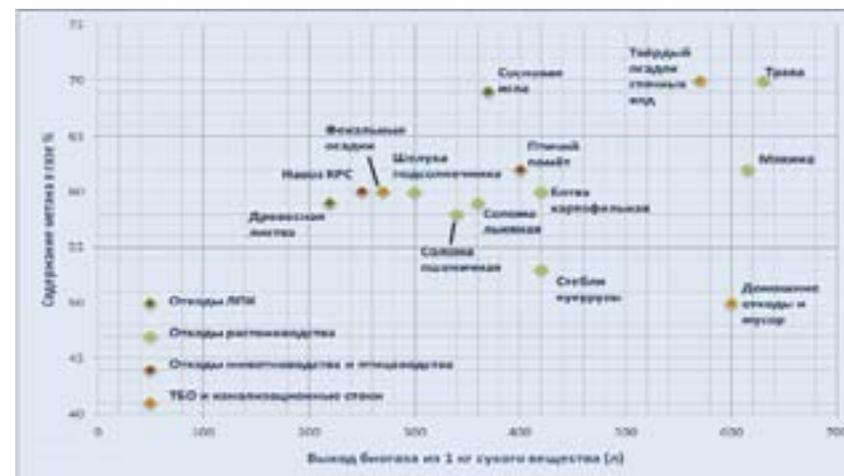


Рисунок 1 – Содержание метана в газе на 1 кг сухого вещества

В количественном выражении, потенциал переработки отходов сельскохозяйственного производства в Казахстане оценивается в 35 млрд. кВт/ч, и 44 Гкал тепловой энергии в год. Если весь биогаз будет перерабатываться на когенерационных установках, это позволит обеспечить суммарные потребности экономики в электроэнергии, в тепловой энергии и в природном газе или же полностью обеспечить сельские районы доступом к природному газу и тепловой мощности. Кроме того, если использовать биогаз для производства электроэнергии, себестоимость ее оказывается всего 0,025-0,075 доллара за кВт/ч, в то время как электроэнергия от традиционных источников обходится в 0,1-0,15 доллара за кВт/ч. Другим потенциальным направлением является использование биогаза, который производится из отходов ферм и птицефабрик, на сельскохозяйственных предприятиях на собственные нужды. Казахстан имеет значительное поголовье скота и птицы. Потенциал производства метана из отходов крупного рогатого скота составляет более 85 тыс. тонн, или более 52 тысячи т.н.э.

В Павлодарском регионе и в Казахстане есть большое количество птицефабрик, перед которыми остро стоит проблема с утилизацией и консервацией отходов производства в виде птичьего помета и т.д., а также проблемы с экологическим вредом наносимым отходами производства, которые влекут за собой огромные штрафы за нанесение вреда экологии и окружающей среде, что в дальнейшем приводит к повышению себестоимости производимой продукции.

Современные городские свалки твердых бытовых отходов являются значительным источником эмиссии газообразного метана в атмосферу.

Централизованный сбор и обработка мусора могут стать достаточно выгодными при условии, что во внимание будут приняты как экологические аспекты, так и производство экономически ценной продукции.

Сырём для получения биогаза может являться не только навоз, но и другие органические отходы: зерновая и меласная послеспиртовая барда, пивная дробина, свекольный жом, фекальные осадки, отходы рыбного и забойного цеха (кровь, жир, кишки, каньга), трава, бытовые отходы, отходы молокозавода — лактоза, молочная сыворотка, отходы производства биодизеля — технический глицерин от производства биодизеля из рапса, отходы от производства соков — жом фруктовый, ягодный, виноградная выжимка, водоросли, отходы производства крахмала и патоки — мезга и сироп, отходы переработки картофеля, производства чипсов — очистки, шкурки, гнилые клубни.

Всего в мире в настоящее время используется или разрабатывается около 60-ти разновидностей технологий получения биогаза. Биогаз используют в качестве топлива для производства: электроэнергии, тепла или пара, или в качестве автомобильного топлива. В Индии, Вьетнаме, Непале и др. странах строят малые (односемейные) биогазовые установки. Получаемый в них газ используется для приготовления пищи. Больше всего малых биогазовых установок находится в Китае — более 10 млн (на конец 1990-х). Они производят около 7 млрд м<sup>3</sup> биогаза в год, что обеспечивает топливом примерно 60 млн. крестьян. В Индии с 1981 года было установлено 3,8 млн. малых биогазовых установок. Среди промышленно развитых стран ведущее место в производстве и использовании биогаза по относительным показателям принадлежит Дании — биогаз занимает до 18 % в её общем энергобалансе. По абсолютным показателям по количеству средних и крупных установок ведущее место занимает Германия — 8000 тыс. шт. В Западной Европе не менее половины всех птицеферм отапливаются биогазом.

В мировой структуре энергопотребления возобновляемые источники энергии (ВИЭ) занимают около 7%. В Казахстане же, как сообщил вице министр индустрии и новых технологий Республики Казахстан, доля ВИЭ в энергобалансе менее 0,5%, потенциал ВИЭ в Казахстане огромен – около 1 трлн кВт/ч в год (примерно в 10 раз больше потребления электроэнергии в стране). Но реально «зеленой» энергии вырабатывается около 0,4-0,5 млрд кВт/ч в год. То есть потенциал ВИЭ сегодня реализован на 0,05% в Казахстане. По оценкам экспертов и литературным данным, в Казахстане годовой выход животноводческих и птицеводческих отходов по сухому весу - 22,1 млн т, или 8,6 млрд м<sup>3</sup> газа (крупного рогатого скота - 13 млн т, овец - 6,2 млн т, лошадей - 1 млн т), растительных остатков - 17,7 млн т, или 8,9 млрд м<sup>3</sup> газа условного топлива, или 12,4 млн т мазута, или более половины объема добываемой нефти.

Для успешной реализации введения биогазовой программы Казахстану необходимо тесно сотрудничать с передовыми государствами мира, воспользоваться их кластерами. Инвестиции должны исходить не только от Министерства сельского хозяйства, Министерства финансов РК, но и с привлечением Мирового Банка New Countryside and Eco-household Program, Азиатского Банка развития и другие программы. Переняв зарубежный опыт, мы решим свои экологические, экономические, энергетические, модернизационные и социальные проблемы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Отходы должны давать прибыль [текст] : научный журнал. - Агропром, 2003. - №6. - С. 24-27.
- 2 Биоэнергетика [текст] : научный журнал. М. Сакенов. Промышленность Казахстана. 2004. - №6. - С. 16-31.
- 3 Проблемы и состояние использования возобновляемой энергетики в Казахстане [текст] : научный журнал. - В. Н. Мукажанов. - Вестник Алматинского института энергетики и связи. - 2008. - №1. - С. 41-47.
- 4 Отходы в доходы [текст] : научный журнал. - Е. Морозова. - AgroElem. 2010. - №3. - С. 36-40.
- 5 Альтернативная энергия [Электронный ресурс]. - Электрон. текстовые, граф. - М. : 2007-2012 AEnergy.ru / альтернативная энергетика.
- 6 ООО «АгроБиоТех» [Электронный ресурс]. - Биотехнологии-Биогаз. - www.biogaz.ru.
- 7 ЭнерГаз - Газовые технологии [Электронный ресурс]. - Новости.-Мировые новости. - Альтернативная энергия. - www.energyland.info.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 15.11.13

*С. С. Асенова, О. М. Талипов, Ж. Ж. Уахитов*  
**Биогазды қондырғылар үшін энергия көздердің пайдалану мүмкіншіліктері**

С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 15.11.13 редакцияға түсті.

*S. S. Assenova, O. M. Talipov, Z. Z. Uakhitov*  
**Possibility of using power sources for biogas installations**

Pavlodar State University named after S. Toraigyrov, Pavlodar.  
Material received on 15.11.13.

*Бұл мақалада авторлар Қазақстанның энергетикалық мәселелердің биогаз энергетиканы дамыту арқылы шешілу мүмкіндіктерін ұсынады.*

*In the given article the authors present possible solutions of Kazakhstan's power problems by developing biogas power.*

УДК 628.941/628.938

**А. Н. Бабко, Б. Ф. Баденов**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ**

*В статье рассматриваются результаты экспериментальных исследований светотехнических характеристик искусственных источников излучения, с целью определения наиболее энергетически эффективных, для применения в освещении промышленного предприятия.*

Программа по развитию электроэнергетики Республики Казахстан на 2010 - 2014 годы [1] носит концептуальный характер и разработана как одна из основополагающих частей стратегии, реализующей Стратегический план развития Республики Казахстан до 2020 года [2] и Государственную Программу по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2010 - 2014 годы.[3] Главой государства в области энергосбережения поставлена задача по снижению энергоёмкости внутреннего валового продукта не менее чем на 10% к 2015 году и 25% к 2020 году. [2] В соответствии с этой программой и общим развитием электроэнергетики, появилась необходимость в анализе применяемых источников света для промышленных предприятий и выявления наиболее энергоэффективных

Электроэнергетика, являясь одной из базовых отраслей, играет важную роль в экономической, социальной сфере любого государства. Поэтому электроэнергетический комплекс определен как один из приоритетных секторов экономики Республики Казахстан и рассматривается как динамично

сбалансированная система: энергетика - экономика - природа - общество при устойчивом развитии электроэнергетики на базе новых высокоэффективных технологий и постоянного снижения энергоёмкости внутреннего валового продукта страны.

Самой энергоёмкой отраслью производства в Казахстане является промышленность, доля потребления которой достигает 70%. [5] И хотя освещение не требует такого большого количества электроэнергии, как, к примеру, плавильные печи, но может внести свой вклад в сбережении энергии. По данным ОИВТ РАН, расходы на освещение промышленных предприятий достигают 10% [6] в общем балансе их электропотребления — что, разумеется, влечёт за собой ощутимые затраты на фоне постоянного повышения тарифов на электроэнергию. Практика показала, что увеличение освещённости в сборочных цехах с 200 до 800 лк повышает производительность труда на 7,8% [7]. В то же время, при недостаточной освещённости резко снижается производительность труда, качество продукции, растёт кривая производственного травматизма. В связи с этим необходимо исследовать энергоэффективные источники излучения с хорошими светотехническими характеристиками.

Для анализа источников излучения были проведены исследования и анализ светотехнических характеристик следующих источников света: люминесцентных ламп низкого (ЛЛ) и высокого давления (ДРЛ), светодиодный источник света.

Задача исследования: определить, какой из искусственных источников освещения наиболее близок к естественным характеристикам освещения и выявить, какой источник освещения наиболее экономически выгоден.

Для исследования цветовой температуры был использован спектроколориметр «ТКА-ВД». Спектроколориметр предназначен для измерения координат цветности и коррелированной цветовой температуры источников света в международной колориметрической системе МКО 1931г. и 1976 г. (Международной Комиссии по Освещению), освещённости, создаваемой нормально расположенными источниками, яркости самосветящихся и несамосветящихся поверхностей накладным способом.

Спектроколориметр необходим для определения спектра распределения источника оптического излучения в видимой области 380...750нм (61 точка). После чего микропроцессор производит обработку полученной информации. Спектроколориметр отображает данные путем вывода информации на встроенный жидкокристаллический индикатор или на RS-232C порт. В этом случае информация передается со спектроколориметра на компьютер.

Для исследования характеристик светодиодного светильника используется LeaderLight настенный 64 Вт с оптикой 40 градусов LL-ДБУ-064-0205-65Д КСС «К». Данный светильник является эффективной и экономичной

заменой светильникам для наружного освещения с металлогалогенными лампами мощностью 100-150 Вт. В качестве источника света используются сверхмощные светодиоды Semileds с рабочим ресурсом более 50 000 часов. Светильник имеет фокусированный световой поток за счет применения линз с углом 40°. Корпус светильника выполнен из алюминиевого профиля, защищенного от атмосферных воздействий краской, нанесенной порошковым методом. Внешний радиатор обеспечивает теплоотвод.



Рисунок 1 - Светодиодный светильник LeaderLight LL-ДБУ-064-0205-65Д КСС"К"

Применяются для освещения: промышленных территорий, складских помещений, цехов и торгово-выставочных залов с высотой подвеса 8-10 метров; строительных площадок; железнодорожных станций и путей.

Таблица 1 – Техническая спецификация светодиодного светильника LeaderLight

Питающее напряжение, В	176 – 264
Диапазон частот, Гц	50
Потребляемая мощность, Вт	64
Световой поток, лм	4300 ± 15%
Класс светораспределения	П
Кривая силы света	Д
Индекс цветопередачи, Ra	> 75
Ресурс работы светильника, ч	50000

Данный светильник был основным объектом исследований. Было выяснено, что зажигание светильника происходит при напряжении – 37 В, выключение – 18 В. Были зафиксированы данные на различных напряжениях от 140 В до 240 В, с шагом в 10 В. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Данные исследования светодиодного светильника LeaderLight LL-ДБУ-064-0205-65Д КСС»К»

U, В	I, А	P, Вт	Q, ВаР	E, кЛк	L, Вт/м2	К пульс, %
240	0,25	60	20	22,2	15000	37,3
230	0,258	60	20	22,2	14500	37
220	0,267	60	20	22,3	15000	37
210	0,279	60	20	22,3	14000	36,8
200	0,291	60	20	22,3	14000	36,5
190	0,305	60	20	22,2	14000	36,5
180	0,322	58	18	22,2	13000	36
170	0,34	58	15	22	13000	36
160	0,36	58	15	22	12000	35,7
150	0,39	58	10	21,5	12000	35,5
140	0,416	58	8	21	11500	35,5

Согласно данным таблицы 2, видно, что светильник стабильно работает при большом диапазоне напряжений. При этом не сильно уменьшая освещенность и яркость даже при напряжении в 140 В. Также наблюдается низкое потребление реактивной мощности, по сравнению с люминисцентными лампами.

При напряжении в 220 В, значение цветовой температуры составило:  $T_{ц} = 5900$  К.

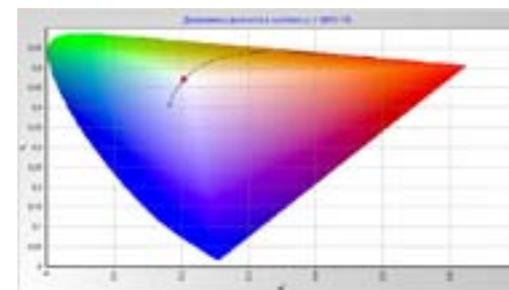


Рисунок 2 – Диаграмма цветности в системе (МКО-76) для светодиодного светильника при напряжении 220 В

Проведено исследование характеристик люминесцентной лампы 10 Вт. При номинальной мощности 220 В, были зафиксированы следующие данные лампы:  $I = 0,14$  А,  $P = 10$  Вт,  $Q = 40$  Вар,  $E = 1680$  Лк,  $K$  пульс = 53,5%, значение цветовой температуры составило:  $T_{ц} = 6500$  К.

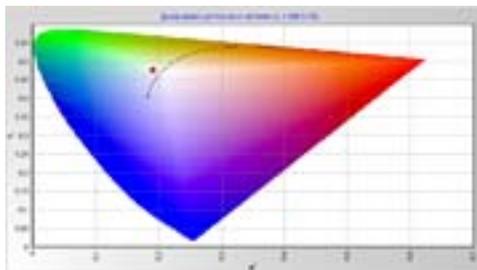


Рисунок 3 – Диаграмма цветности в системе (МКО-76) для люминесцентной лампы при напряжении 220 В

Для исследования характеристик ДРЛ используется Philips HPL-N 80W/542 E27 SG 1SL.

Таблица 3 - Светотехнические характеристики

Цветовой код	542
Индекс цветопередачи	45 Ra8
Обозначение цвета	Холодный Белый
Цветовая температура	4200 К
Координата цветности X	370 -
Координата цветности Y	366 -
Мощность лампы	80 W
Напряжение лампы	115 V
Ток на лампе с ЭМ ПРА	0.8 A

При номинальной мощности 220 В, были зафиксированы следующие данные лампы:  $I = 0,7$  А,  $P = 85$  Вт,  $Q = 160$  Вар,  $E = 7700$  Лк, К пульс = 88%. значение цветовой температуры составило:  $T_c = 4400$  К.

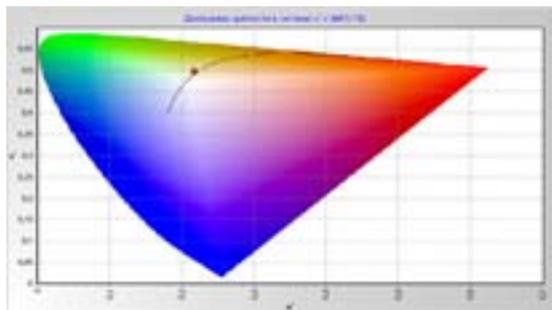


Рисунок 4 – Диаграмма цветности в системе (МКО-76) для ДРЛ при напряжении 220 В

Для сравнения светотехнических характеристик искусственного и естественного излучения, проведены следующие измерения. Прямое солнечное излучение измерено люксметром. Спектроколориметром был измерен чистый участок неба под углом 60 градусов. Все данные были собраны в период с 13.00 до 13.10 часов 23 апреля 2013 года.

Освещенность от солнца составляет 180500 лк. Освещенность синего участка неба под углом в 60 градусов составляет 56000 лк. Значение цветовой температуры составило:  $T_c = 6000$  К.

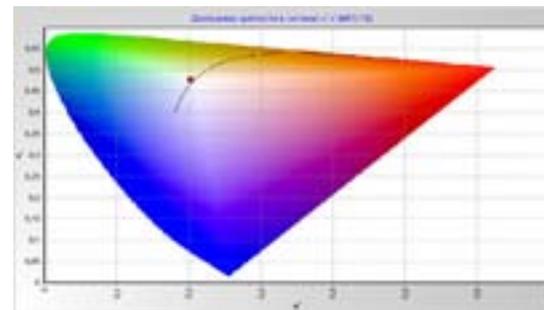


Рисунок 5 – Диаграмма цветности в системе (МКО-76) для люминесцентной лампы при напряжении 220 В

Обобщаем полученные данные по цветовой температуре в график.

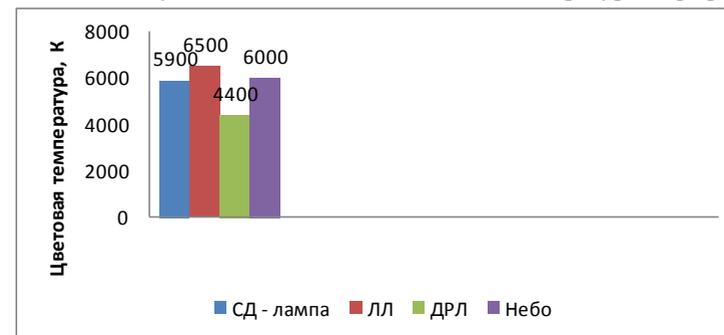


Рисунок 6 – График сравнение цветowych температур различных источников излучения

Вывод: согласно результатам проведенных исследований, наиболее энергоэффективным источником искусственного излучения является светодиодный светильник. Кроме того, что он обладает высокой световой отдачей, светодиодная лампа также обладает наиболее физиологически

приемлемым оптическим излучением. Это связано с тем, что цветовая температура светодиодной лампы наиболее близка к цветовой температуре в солнечный день, что благотворно влияет на психологическое и зрительное восприятие окружающей среды и это обеспечивает правильное цветовое восприятие и цветовую идентификацию объекта, что жизненно важно в условиях работы на промышленном предприятии.

Светодиодный светильник обладает рядом технических свойств, которые делают его эксплуатацию на промышленном предприятии выгодной. Длительный срок службы (50 000 часов), высокая механическая прочность и вибростойкость кристалла. Малая инерционность — включаются сразу на полную яркость, в то время как у ртутно-фосфорных (люминесцентных-экономичных) ламп время включения от 1 сек до 1 мин, а яркость увеличивается от 30 % до 100 % за 3-10 минут, в зависимости от температуры окружающей среды. Данный параметр весьма важен на промышленном предприятии, так как из-за внезапного отключения освещения, или недостаточно быстрого включения лампы, зависит работа, а также может пострадать здоровье работников, в следствии производственной травмы. Цена светодиодного светильника зачастую значительно выше аналогичных традиционных устройств освещения. Но, поскольку замена ламп в традиционных устройствах наружного освещения связана с значительными затратами, требует специального оборудования, использование светодиодных устройств в некоторых случаях дает ощутимую экономию в ближайшей перспективе применения.

Рекомендуется в расчетах наружного освещения промышленных предприятий активно применять светодиодные светильники.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Программа по развитию электроэнергетики в РК на 2010-2014 годы.
- 2 Стратегический план развития Республики Казахстан до 2020 года.
- 3 Государственная программа по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2010-2014 годы.
- 4 Программа по развитию инноваций и содействию технологической модернизации в РК на 2010-2014 годы.
- 5 Комплексный план в сфере энергосбережения Республики Казахстан.
- 6 Энергоаудит и нормирование расходов энергоресурсов. Сборник методических материалов. Нижний Новгород, 1998.
- 7 **Егоршин, А. П., Зайцев, А. К.** Организация труда персонала: Учебник. – М : ИНФРА-М, 2008. – 320 с. – (Высшее образование).

Казахский агротехнический университет  
имени С. Сейфуллина, г. Астана.  
Материал поступил в редакцию 18.06.13.

*А. Н. Бабко, Б. Ф. Баденов*

**Түстік температураны және сәуле шығару көздерінің жарық беру техникасы сипаттамаларын зерттеу**

С. Сейфуллин атындағы  
Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.  
Материал 18.06.13 редакцияға түсті.

*3. A. N. Babko, B. F. Badenov*

**The research of the color temperature and lightning characteristics of radiation sources**

S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana.  
Material received on 18.06.13.

*Мақалада өнеркәсіп мекемесін жарықтандыруда қолдану үшін энергетикалық тиімділігі бойынша аса қолайлы нұсқаны айқындау мақсатында, сәуле шығарудағы жасанды көздердің жарық беру техникасы сипаттамаларын эксперименттік зерттеу жұмысының нәтижелері қарастырылады.*

*In the article the results of experimental research of the lightning characteristics of artificial sources of light were covered in order to determine the most energy effective to be used for lighting the enterprise.*

**Т. А. Байгамысов**

## **ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ПРОЦЕССЕ ПЛАМЕННОГО ОБЖИГА АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА**

*В данной статье рассматриваются проблемы и пути решения мониторинга температурного поля в процессе пламенного обжига алюминиевого электролизера.*

Технология обжига включает нагрев углеродистой футеровки до температуры, близкой к эксплуатационной. Но, как правило, реальная температура нагрева подины при обжиге далека от требуемой, а ее распределение по подине достаточно неравномерно.

Разрушение углеграфитовой футеровки начинается вследствие температурного расширения стальных бломсов уже на стадии обжига при нагреве подины тепловым источником, что приводит к снижению сортности получаемого алюминия и сокращению срока службы электролизера [3]. Рост температуры подины в процессе ее обжига приводит к накоплению повреждений в углеродистой футеровки, вызывает начальную деформацию подины, что способствует ее дальнейшему разрушению при пуске и эксплуатации.

Выбор оптимальных режимов позволяет добиться практически равномерного прогрева подины с перепадом температуры в наиболее горячей центральной области и наиболее «холодной» периферийной части порядка 50 °С.

На основании вышеизложенного, становится очевидно, что задача контроля температурного поля электролизера в течение периода обжига является важной научной проблемой.

Данным автором рассматривались следующие вопросы: выявление наличия взаимосвязи между режимами обжига и сроком службы электролизера; анализ факторов, влияющих на разрушение подины электролизера при обжиге последней; построение математических моделей процесса обжига; выработка рекомендаций по режимам обжига электролизера на основе эмпирических данных.

Для этого необходимо усовершенствовать микропроцессорную систему, разработанную для измерения теплового поля ванны электролизера. А именно, разработать протокол обмена данными в реальном времени между микропроцессорной системой и терминалом оператора, разработать

программный интерфейс для терминала оператора, на котором в реальном времени отображалась температурная модель алюминиевого электролизера.

Принцип действия такого комплекса условно можно описать так: в процессе обжига система сбора данных получает показания с термопар, производит их оцифровку и фильтрацию, после чего передает на терминал оператора, на котором, в свою очередь, происходит расчет и построение графической модели температурного поля. Так как процесс сбора данных и моделирования выполняется в реальном времени, то непосредственно на стадии обжига можно видеть слабо прогретые участки, и принять меры по выравниванию температурного поля. Моделирование в реальном времени позволит создать такую систему контроля процессом обжига, где положением пламенных форсунок управляет не человек, а автоматическая система, основываясь на полученных данных.

Исследование и моделирование тепловых процессов, происходящих в промышленных печах, основанное на их математическом описании.

В общем случае термонапряжённое состояние рабочего слоя футеровки теплоэнергетического агрегата математически описывается следующим уравнением:

Уравнение теплопроводности

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \cdot \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{q_v}{\rho \cdot c}$$

При этом уравнение теплопроводности будет иметь бесчисленное множество решений. Чтобы из этого множества выделить одно решение, соответствующее единичному явлению данного класса, необходимо знать условия однозначности. В условия однозначности входят геометрические условия, определяющие форму и размер тела; начальные условия, то есть распределение температуры в объёме тела в некоторый момент времени  $\tau=0$ , принимаемый за начало отсчёта; граничные условия, характеризующие тепловое взаимодействие окружающей среды с поверхностью тела.

В данном случае, с учётом известных температур, на внутренней поверхности футеровки будем иметь граничные условия 1 рода:

$$T|_{y=0} = T_i.$$

На внешней поверхности футеровки будем иметь граничные условия 3 рода:

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=H} = \alpha(T_o - T|_{y=H})$$

Начальные условия будут представлены заданным начальным распределением температур в футеровке:

$$T(y) = T_n, \quad 0 \leq y \leq H$$

Для решения задачи внутреннего теплообмена в рабочем слое футеровки примем некоторые допущения. В случае нагрева сталеразливочного ковша будем считать размеры в направлении осей  $x$  и  $z$  неограниченными, а толщину в направлении оси  $y$  конечной. Температура изменяется только по толщине, внутренних источников тепла нет. С учётом того, что  $\frac{\partial \dot{Q}}{\partial x} = \frac{\partial T}{\partial z} = 0$ , математическая формулировка одномерной задачи теплопроводности будет иметь следующий вид:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}, \quad 0 < y < H$$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Багаев, Б. М., Злобин, В. С., Михалицын, Н. С. **Обжиг подины** алюминиевого электролизера после капитального ремонта // Техн.-экон. вест. КрАЗа. 1998. Т. 11. – С. 21.
- 2 **Гуляев, А. В.** Восстановление и точность представления температурного поля при обжиге подины электролизера // Вестник Красноярского государственного университета (КрасГУ). – 2006. – С. 143-149
- 3 **Карвацкий, А. Я., Шилович, Т. Б.** Численное моделирование температурных полей и основных показателей пламенного обжига алюминиевых электролизеров // Киевский политехнический институт.
- 4 **Коваленко, М. Г.** Обжиг электролизеров (опыт Братского алюминиевого завода) // Цветные металлы. 2001. Т. 7. – С. 33–34.
- 5 **Панов, Е. Н., Тепляков, Ф. К., Никифоров, С. А., Кукшин, А. П.** Исследование температурных режимов обжига катодных устройств алюминиевых электролизеров // Цветные металлы. 1987. Т. 8. С. 40–43.
- 6 **Харченко, В. Г.** Оптимизация режима обжига алюминиевого электролизера // Цветные металлы. 1985. Т. 1. – С. 37–39.

7 **Харченко, В. Г., Дмитриев, С. А.** Пути повышения стойкости подины алюминиевого электролизера.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 20.11.13.

*Т. А. Байгамысов*

**Алюминий электролизерін жалынды отта жағу процессінде мониторинг температурасының шегін шешу мәселесі**

С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 20.11.13 редакцияға түсті.

*T. A. Baigamysov*

**Problems and solutions of the temperature field monitoring in the process of the aluminum electrolyzer flame burning**

Pavlodar State University  
named after S. Toraiyrov, Pavlodar.  
Material received on 20.11.13.

*Берілген мақалада алюминий электролизерін жалынды отта жағу процессінде мониторинг температурасының шегін шешу мәселесі.*

*In the paper there are considered the problems and solutions of the temperature field monitoring during the aluminum electrolyzer flame burning.*

**Б. М. Байтемиров, Д. А. Азаматова, Е. В. Приходько,  
Ж. А. Тулебаева**

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА

*В настоящей статье рассматриваются проблемы, возникающие при моделировании гидравлического удара.*

Большинство инженеров, занимающихся проектированием насосных установок, знакомы с такими терминами как «гидравлический удар», «скачок давления» или применительно к воде – «гидроудар (ударная волна)». Вопрос о том, необходим ли на стадии проектирования анализ нестационарного потока с точки зрения возникновения гидроудара, является неоднозначным. При неблагоприятных условиях возможны повреждения, вызванные гидравлическим ударом, при длине трубопровода более ста метров и расходе, составляющем лишь десятые доли литра в секунду. И даже очень короткие без промежуточных опор трубопроводы на насосной станции могут быть повреждены резонансными колебаниями, если они недостаточно тщательно закреплены. Однако в инженерных сетях зданий, например, в системах теплоснабжения и питьевого водоснабжения, где трубы обычно короткие и имеют небольшое поперечное сечение, данное явление практически не встречается.

Владельцы или операторы трубопроводных систем, подвергшихся воздействию гидроудара, неохотно предоставляют информацию о любых повреждениях, вызванных этим явлением. Однако, при изучении фотографий мест некоторых аварий (Рис. 1-а, 1-б, 1-с) становится очевидным следующее: ущерб, причиненный волной давления, значительно превышает затраты на превентивный анализ и меры по защите от гидравлического удара и скачков давления.

Соответствующее исполнение компонентов защиты от гидравлического удара и скачков давления, таких, как воздушная подушка или аккумулятор, маховик насоса и воздушные клапаны (срыв вакуума), уже давно является нормой в технике.

Это означает, что во избежание риска гидроудара анализ пульсаций давления должен быть представлен для каждой опасной гидравлической трубопроводной сети, подверженной опасности возникновения гидроудара. Для этих целей применяется соответствующее программное обеспечение – важнейший инструмент для специалиста по анализу пульсаций давления.

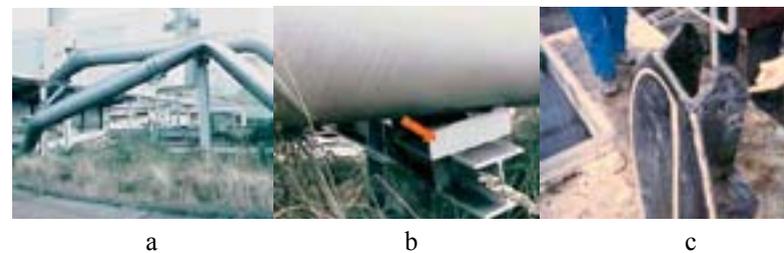


Рисунок 1 - а- Полностью разрушенная напорная труба DN 600 (толщина стенок 12 мм), б-Разрушенный суппорт (двугавровый профиль 200 мм окончательно деформирован), с- Обратный клапан DN 800 после скачка давления в напорной трубе.

Говоря о давлении жидкости, необходимо различать избыточное давление [р бар], абсолютное давление [р бар (а)] и гидростатический напор  $h$  [м]. Гидростатический напор (высота давления)  $h$  обозначает высоту однородного столба жидкости, который производит определенное давление  $p$ . Величиной « $h$ » всегда обозначают относительную высоту (например, плоскость отсчета, уровень расположения осевой линии или зенита трубы).

Как правило, разработчики системы начинают с определения величин установившегося рабочего давления и объемного расхода. В этой связи термин «установившийся» означает то, что объёмная подача, напор и частота вращения насоса остаются неизменными. На рис. 2 изображен типичный профиль установившегося течения.

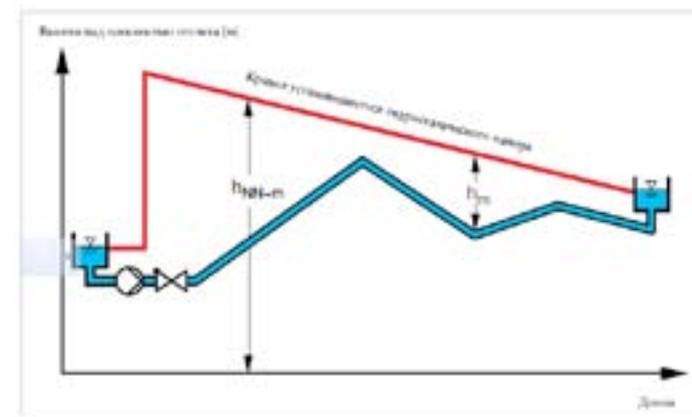


Рисунок 2 - Кривая установившегося гидростатического напора насосной установки

При неизменном диаметре трубы и постоянной шероховатости поверхности ее внутренних стенок кривая гидростатического напора становится прямой линией. В простых случаях установившаяся рабочая точка насоса может быть определена графически. Для этого необходимо найти точку пересечения характеристической кривой насоса с характеристикой трубопровода.

Систему водопровода невозможно постоянно эксплуатировать в установившемся режиме, т.к. пуск и выключение одного лишь насоса изменяет условия рабочего режима. В общем, любые изменения в условиях эксплуатации и любые нарушения в работе становятся причиной колебаний давления и расхода, иначе говоря, приводят к изменяемому во времени режиму течения. Такой режим течения обычно рассматривается как неустановившийся или переходный. Говоря о давлении, подразумевают динамические изменения давления или неустановившееся давление.

Основными причинами неустановившегося режима течения являются:

- Аварийное отключение насоса, произошедшее в результате отключения электропитания или перебоя в подаче электроэнергии.
- Пуск или остановка одного или нескольких насосов из числа находящихся в эксплуатации.
- Закрытие или открытие запорной арматуры в трубопроводной системе.
- Возбуждение резонансных колебаний из-за насосов с нестабильной характеристической кривой Q/H.
- Изменения уровня жидкости на всасывании.

Динамические изменения давления также называются пульсациями давления или, применительно к водным системам, гидравлическим ударом. Последний термин обозначает те нежелательные эффекты, которые, сопровождая пульсации давления, подобно ударам молота, могут воздействовать на трубы и компоненты системы. Гидравлический удар является причиной дополнительного увеличения динамической нагрузки на систему трубопровода, запорные клапаны, крепежные элементы, суппорты, компоненты системы и др. Термином «гидравлический удар» обозначают как повышение, так и понижение давления. В отличие от силы давление является ненаправленным, т.е. оно не имеет вектора. Только после того, как гидростатический напор начнет действовать на ограниченную площадку, возникает сила, действующая в направлении нормали к данной площадке. Так как предотвратить скачки давления при эксплуатации трубопроводной системы невозможно в принципе, важнейшим моментом является удерживание динамических изменений давления в контролируемых пределах. Ситуация осложняется тем, что ущерб, причиненный недопустимыми пульсациями давления, не всегда является видимым. Зачастую последствия их воздействия, например, образование трещин в трубе, ослабление или

отсоединение фланцев трубы, проявляются спустя долгое время. Причина повреждения в таком случае неизвестна.

Быстрое перекрытие запорного клапана в трубопроводе приводит к тому, что сила инерции столба жидкости действует на затворное устройство клапана. Это повышает давление, оказываемое на ту сторону клапана, которая обращена вверх по течению, в то время как на стороне клапана, которая обращена вниз по течению - давление падает.

Предпринятая попытка изображения гидравлического удара, произошедшего в результате инерции массы воды, верна лишь отчасти, так как она не содержит поправки на упругость жидкости и стенки трубы.

Что же произошло с первоначальной установившейся кинетической энергией текучей среды после внезапного перекрытия запорного клапана? По закону сохранения энергии она не может просто исчезнуть. Сначала она преобразуется в упругую энергию текучей среды и стенок трубы, затем, в результате отражения, снова превращается в кинетическую энергию, после чего снова превращается в упругую энергию и так далее. Скорость столба жидкости в момент, предшествующий отражению волны в резервуаре, составляет везде 0, и столб жидкости целиком имеет нулевую кинетическую энергию. Кинетическая энергия вместо этого преобразовалась в упругую энергию. Преобразование энергии обратным путем также является очевидным. Если запорный клапан в этот момент внезапно открыть, мы получим прежний установившийся поток без изменений и более не обладающий упругой энергией.

В отсутствии трения колебания давления не ослабевают. В действительности не существует систем абсолютно без трения, но снижение пульсаций давления является реально относительно малым, так как превращение энергии в теплоту трения, выделяющуюся в результате соприкосновения текучей среды со стенками трубы, собственного трения жидкости, деформации стенок трубы и крепежных элементов являются относительно незначительными

В современной теории математического моделирования каждая отдельная труба сети описывается системой двух дифференциальных уравнений в частных производных.

$$\frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{p \cdot a^2} \cdot \frac{\partial p}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{p} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} - g \cdot \sin(\alpha) + \frac{\lambda}{2 \cdot d} \cdot V \cdot |V| = 0 \quad (2)$$

Модельными являются параметры: давление «р» и скорость «v». Время «t» и координата «x» на развернутой длине трубы являются независимыми переменными.

Уравнения (1;2) являются уравнениями универсального применения и описывают как эффект инерции, так и упругости. В математическом смысле концы трубы являются граничными условиями уравнения (1;2). В модели вводятся различные типы граничных условий, чтобы включить внутренние компоненты, такие как ответвления трубопровода, емкости, насосы и клапаны. Например, создание модели полной трубопроводной сети, построенной соединением некоторого количества индивидуальных труб, достигается введением узловой точки трубы, которая должна служить граничным условием. Начальным условием уравнения (1;2) является стационарный поток внутри рассматриваемой трубы до начала возмущения. Уравнения (1;2) решаются с помощью метода характеристик, который является основой почти всех пакетов программного обеспечения анализа гидроудара, имеющихся в настоящее время.

Компьютерные программы, основанные на методе характеристик, предоставляют решения с точностью намного выше требуемой. Это доказано многочисленными сравнениями с реальными измерениями. Отклонения были обнаружены только в расчетах макрокавитации и демпфирования волн давления внутри трубы. Например, при использовании стандартной модели паровой кавитации, выведенной на основании уравнений (1;2), т.е. в предположении простой кавитации низкого давления, приводящей к разрыву сплошности потока жидкости, рассчитанные на компьютере давления всегда выше фактических. Однако преимуществом точного результата является то, что он приводит к увеличению запаса.

В действительности, энергетические потери за счет трения, деформации трубопровода и опор оказываются несколько большими, чем прогноз, полученный на основе моделирования. Первые пики давления и точки минимума, таким образом, доказывают высокую точность моделирования, в то время как линия давления далее по ходу представляется с все возрастающей нехваткой гашения. Однако отклонения такого рода являются незначительными по сравнению с неточностями, вызванными вводом ошибочных или недостающих входных параметров.

Некоторые возможные источники ошибки:

- Неточные характеристики запорного клапана и/или насоса.
- Недостаточные знания о действительной скорости распространения ударной волны внутри трубопровода.
- Недостаток информации о точках ответвления в магистральном трубопроводе.
- Неизвестная реальная степень образования отложений внутри труб.

Это говорит о том, что качество анализа гидроудара может быть высоким или низким в зависимости от точности вводимых данных.

Зачастую на практике невозможно получить точные данные. В этом случае приходится пользоваться оценочными величинами.

Анализ гидравлического удара не предоставляет требуемые значения параметров, такие как, например, оптимальный размер воздушного бака, настройки компрессора, характеристики перекрытия запорного клапана, размеры маховика насоса и т.д. Проектировщик должен самостоятельно определить тип применяемого устройства защиты от гидроудара и оценить его параметры. После проверки результатов гидроудара и их анализа первоначальные параметры подстраиваются соответствующим образом, и повторно выполняется полный цикл анализа гидроудара для уточненной системы. После выполнения нескольких циклов анализа полученные значения будут приближенно равны технически и экономически оптимальным значениям. Анализ гидроудара в обязательном порядке должен производиться специалистами по анализу. Несмотря на использование современной компьютерной технологии, анализ является трудоемким и затратным по времени.

С учетом того, что эффективное программное обеспечение анализа гидроудара в настоящее время является коммерчески доступным, может возникнуть вопрос относительно проведения такого анализа своими силами. Поскольку заслуживающее доверие программное обеспечение анализа гидроудара не является массовым продуктом, низкие объемы продаж увеличивают его стоимость. Прибавьте к этому высокую стоимость учебной и профессиональной практики. Кроме того, если программное обеспечение не используется в течение некоторого времени, операторы должны совершенствовать свои навыки. Так, если пользователи потребуют менее десяти анализов в год, то затраты, связанные с их выполнением собственными силами, вероятно, не окупятся.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Шарп, Б. Б. Гидравлический удар, Edward Arnold, 1981
- 2 Калицун, В. И., Дроздов, Е. В., Комаров, А. С., Чижик, К. И. Основы гидравлики и аэродинамики, «Стройиздат», 2002 г
- 3 Шмырев, Е. М. О защите оборудования источников тепла, тепловых сетей, систем теплоснабжения от недопустимых изменений давления сетевой воды и гидравлических ударов // Электрические станции, 1998. №5.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 13.12.13.

Б. М. Байтемиров, Д. А. Азаматова, Е. В. Приходько, Ж. А. Тулебаева  
**Гидравликалық соққыны модельдеу**

С. Торайғыров атындағы  
 Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
 Материал 13.12.13 редакцияға түсті.

*B.M. Baitemirov, D.A. Azamatova, E.V. Prihodko, Z.A. Tulebaeva*  
**Simulation of a hydraulic impact**

Pavlodar State University  
 named after S. Toraigyrov, Pavlodar.  
 Material received on 13.12.13.

*Осы мақалада гидравликалық соққыны модельдеуде пайда болған мәселелерді қарастырады.*

*In the present article there are examined the problems arising during simulation of a hydraulic impact.*

УДК 620.91+62.1+62.5

**С. А. Глазырин, Н. С. Глазырина**

## **ВЛИЯНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ НА ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*В статье показаны необходимость автоматизации теплоэнергетических процессов и влияние АСУТП на повышение энергоэффективности и надежности эксплуатации оборудования.*

В настоящее время очень актуальным становится вопрос сохранения и оптимального использования водных ресурсов. Главным процессом подготовки воды на энергетических производствах является технология с использованием ионообменных материалов, требующих периодической регенерации, которые происходят в ионообменных фильтрах. Качество подготовки подпиточной воды, а также уровень загрязненности питательной воды являются основными причинами появления процессов коррозии металла и образования накипи, что определяет уровень надежности эксплуатации теплоэнергетического оборудования.

Ежегодно коррозия наносит огромный ущерб народному хозяйству каждой страны. В промышленно развитых странах убытки от коррозии за год составляют в среднем около 3 - 5% от внутреннего валового продукта. А потери металла достигают 20%. Ущерб от коррозии сказывается и в необходимости останавливать оборудование для замены или ремонта прокорродированных узлов и деталей, в снижении производительности технологического оборудования за счет коррозионных отложений на его поверхностях.

Повышенная склонность теплоэнергетического оборудования к коррозии связана с использованием агрессивных вод, содержащих кислород, диоксид углерода, кислоты, щелочи и стимуляторы коррозии, такие, как хлориды, сульфаты; оборудование эксплуатируется при высоких температурах и давлении, наличии высоких теплонпряжений. Идут процессы накипеобразования, ускоряющие развитие коррозии. Все это приводит к развитию практически всех видов коррозии.

От выполнения норм водно-химического режима напрямую зависит надежность работы и срок службы большей части основного оборудования электростанции. В случае невыполнения этих норм, в случае неграмотных действий персонала химического цеха обязательно коррозионное разрушение многих соприкасающихся с водой и паром поверхностей. Это приведет к интенсивному износу оборудования и, как следствие, к серьезной аварии. Не менее важны и вопросы, связанные с накоплением отложений на пароводяном тракте. Отложения ухудшают показатели работы оборудования, они могут стимулировать коррозию и вызывать другие неприятные эффекты.

Регулирование загрязненности рабочих потоков на электростанции, будь это вода или пар, а соответственно, и повышение надежности работы оборудования, возможно точным регулированием и управлением процессов очистки подпиточной воды на водоподготовительных установках (ВПУ) и удаления растворенных солей при ведении водно-химических режимов, что возможно только путем автоматизации данных процессов.

В процессе работы водоподготовительных установок (ВПУ) происходит снижение эффективности эксплуатации оборудования очистки воды, увеличивается удельный расход реагентов на регенерацию катионитов и анионитов, уменьшается продолжительность фильтроцикла, увеличивается гидравлическое сопротивление слоев фильтрующих материалов. Это происходит по следующим причинам, вытекающим в том числе и из-за ошибок инженеров химцеха: происходит «старение» используемых ионитов, поглощение ионитами органических веществ и окислов железа из воды, происходит «слеживание» ионитов и т.д.

Внедрение автоматизированных систем управления ВПУ позволит обеспечить:

1. непрерывное поддержание качества очищаемой воды на требуемом уровне, при повышении экономичности работы химводоочистки (ХВО), максимальном сокращении расходов реагентов, что повысит надежность работы теплоэнергетического оборудования, и, соответственно, энергоэффективность электростанции или котельной в целом;

2. снижение объемов и загрязненности сточных вод, что позволит использовать технологии их повторного использования на собственные технологические нужды и улучшить экологическую обстановку на предприятии;

3. уменьшение энергетических затрат на собственные нужды;

4. решение сложных задач контроля и управления, как тепломеханического, так и электротехнического оборудования.

По расчетным данным некоторых научно-исследовательских институтов повышение энергоэффективности в Российской Федерации на 1% даст прирост внутреннего валового продукта почти на 0,35 – 0,40%. Данные вытекают из того, что финансовые вложения на повышение энергоэффективности энергетического производства в среднем в 2,5 раза меньше капитальных затрат на стоимость органического топлива, которые необходимы для равносильного прироста их производства.

Таким образом, можно сделать вывод, что повышение энергоэффективности теплоэнергетического производства и есть дополнительная мощность, которую возможно получить за счет экономии и рационального использования энергии.

Целью энергосбережения является повышение энергоэффективности всех отраслей страны. Особенно необходимо направить все силы на повышение энергоэффективности зданий с уменьшением тепловых потерь, но в первую очередь – на повышение энергоэффективности производства и, конечно, повышение энергоэффективности оборудования. Решение поставленных задач возможно путем внедрения автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Данная научно-исследовательская работа входит в программу развития энергетики Республики Казахстан и поддерживается путем грантового финансирования МОН РК на 2013 - 2014 год (договор №556 от 13 апреля 2013 г.).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Липатников, Г. А., Гузеев, М. С.** Автоматическое регулирование объектов теплоэнергетики. Учебное пособие. - Владивосток : ДГТУ, 2007. - 136 с.

2 **Беликов, С. Е.** Водоподготовка. Справочник для профессионалов. - М. : Аква-Терм, 2007. – 240 с.

Евразийский национальный университет  
имени Л. Н. Гумилева, г. Астана.  
Материал поступил в редакцию 24.11.13.

*С. А. Глазырин, Н. С. Глазырина*

**Жылуэнергетикада энергияның тиімділігін жабдықтау және сенімдігін жоғарылатуда автоматизацияның әсері**

Л. Н. Гумилев атындағы  
Еуразия Ұлттық университеті, Астана қ.  
Материал 24.11.13 редакцияға түсті.

*S. A. Glazyrin, N.S. Glazyrina*

**The impact of automation on improving the reliability and energy efficiency of the thermal power equipment**

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana.  
Material received on 24.11.13.

*Мақалада жылуэнергиялық процестерін автоматизацияның керектігін көрсетеді және АСУТП энергия тиімділігін жоғарылатуға және эксплуатацияны сенімді жабдықтау қарастырылған.*

*The article shows the need to automatize thermal power processes and the effect of thermal power control systems on the energy efficiency and reliability of the equipment.*

**В.Ф. Говорун, О.В. Говорун, А.М. Акаев,  
Н.М. Падруль, А.Н. Аяганов, С.С. Жарасов**

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ FACTS В ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧЕ ЭКИБАСТУЗ – КОКЧЕТАВ – КУСТАНАЙ**

*В данной статье приведены примеры поперечного включения систем. Представлены расчеты пропускной способности электропередачи напряжением 500, 1150 кВ большей длины.*

В 80 годы в Казахстане была построена уникальная линия Барнаул – Экибастуз – Кокчетав – Кустанай напряжением 1150 кВ. Для увеличения предела передаваемой мощности в Кокчетаве, Кустанае и Барнауле предполагалось установить мощные синхронные компенсаторы. После распада СССР и исчезновением плановой экономики, государственного заказа и тесных экономических связей между республиками бывшего СССР, произошла остановка и банкротство многих промышленных гигантов во всех сферах промышленности и народного хозяйства, в том числе и энергетике. По этой причине по межсистемным связям произошло резкое снижение потребления электроэнергии. Довольно длительное время она не работала, часть линии была демонтирована. Продолжающаяся либерализация экономики привела к созданию рынка электроэнергии, который послужил экономическим толчком к началу процесса воспроизводства генерирующих мощностей и надежного, устойчивого развития ЭЭС. В настоящее время линия включена в эксплуатацию на напряжение 500 кВ. В основном, воздушная линия электропередачи напряжением 1150 кВ Барнаул – Экибастуз – Кокчетав – Кустанай, выполнена проводом 8хАС-330 (на некоторых участках, после реконструкции, провод 3хАС-330), имеет длину соответственно 715 км, 464 км и 396 км. При этом на низкой стороне узловых подстанций, для отбора избыточной реактивной мощности, генерируемой линией, установлены однофазные шунтирующие реакторы типа РОДЦ-1200/ $\sqrt{3}$ , мощностью 300 МВ·А: в Барнауле – 3 комплекта; в Экибастузе – 3 комплекта; в Кокчетаве – 3 комплекта; в Кустанае – 1 комплект.

Актуальной задачей развития электроэнергетики Казахстана является повышение энергетической эффективности энергосистем. Прежде всего, необходимо оптимизировать процесс передачи и распределения электрической энергии.

Основные пути повышения энергетической эффективности электрических сетей: внедрение технологий по увеличению пропускной способности линий электропередач; энергосбережение за счет оптимизации конструкций электрооборудования, электрических сетей, проводниковой продукции и схемных решений; совершенствование математического, алгоритмического и программного обеспечения, применения технологии управляемых гибких электропередач переменного тока (FACTS) (Flexible alternative Current Transmission Systems).

Применение в электрических сетях устройств FAST позволит повысить эффективность и обеспечить гибкое управление режимами энергосистем, так как FAST одновременно могут воздействовать на напряжение, сопротивление и угол сдвига фаз. Считается, что устройства FAST поднимут пропускную способность линий электропередач на 20-40%. Гибкие системы электропередачи должны позволить при любых возмущениях в системе с помощью устройств FAST перевести систему в новое стабильное состояние. Наиболее полно этим требованиям удовлетворяют такие устройства FACTS, как СТАТКОМ, АСГ (асинхронизированные генераторы), АСК (асинхронизированные компенсаторы), СТК (статические тиристорные компенсаторы), УПК (управляемые продольные компенсаторы), фазоповоротные трансформаторы, управляемые шунтирующие реакторы. [2].

Для решения задач управления режимами работы ЭЭС и потоками мощности как в существующих, так и в новых или модернизируемых линиях электропередачи в целях обеспечения надежности и устойчивости функционирования энергосистемы, а также ЭЭС Казахстана в целом необходимо использовать современные программно-технические средства и высокоскоростные каналы связи (оптико-волоконные, спутниковые и др.). При этом также необходимо совершенствовать высокоскоростные бесконтактные электрические аппараты, элементы силовой электроники и их системы управления.

Для исследования и оценки эффективности нового поколения регуляторов FACTS необходимо модернизировать значительную часть инструментов расчета и анализа перетоков мощности, используемых при планировании режимов и в процессе функционирования ЭЭС. Поэтому совершенствование и развитие методов и инструментов расчета режимов с учетом взаимодействия различных устройств FACTS также является актуальной задачей.

Целью статьи является совершенствование математического и алгоритмического обеспечения, расширяющего функциональные возможности устройств FAST для обеспечения надежности и устойчивости функционирования электроэнергетических систем.

### Регулируемая поперечная компенсация линий.

На рисунке 1 приведена схема замещения элементарного участка линии с поперечно включенными компенсирующими устройствами (КУ). При поперечном включении реактора  $C_{ку}$  отрицательно, а при поперечном включении емкости  $C_{ку}$  положительно.

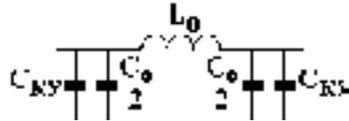


Рисунок 1 - Схема замещения элементарного участка линии с поперечно включенным КУ.

Волновое сопротивление и волновую длину линии, без учета активных сопротивлений и проводимостей, имеющую распределенную поперечную компенсацию представим в виде [1]:

$$Z_{\lambda-ш} = \sqrt{\frac{L_0}{C_0 + C_{ш}}} = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{C_{ш}}{C_0}}} = Z_{\lambda} / \sqrt{1 + \frac{C_{ш}}{C_0}};$$

$$\lambda_{0-ш} = \omega l_0 \sqrt{L_0(C_0 + C_{ш})} = \omega l_0 \sqrt{C_0 L_0} \cdot \sqrt{1 + \frac{C_{ш}}{C_0}} = \lambda_0 \sqrt{1 + \frac{C_{ш}}{C_0}};$$

$$P_{0-ш} = \frac{U^2}{Z_{\lambda-ш}} = P_0 \sqrt{1 + \frac{C_{ш}}{C_0}};$$

где:  $L_0, C_0$  - индуктивность и емкость единицы длины исходной линии;  
 $C_{ку}$  - индуктивность (емкость) поперечной КУ;

$Z_{\lambda} = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}$ ,  $\lambda_0 = \omega l_0 \sqrt{L_0 C_0}$  - волновое сопротивление и волновая длина линии без КУ;  $l_0$  - длина линии;  $Z_{\lambda-ш}$ ,

$\lambda_{0-ш}$  - волновое сопротивление и волновая длина линии с КУ.

Из формул видно, что поперечно включенная индуктивность ( $-C_{ку}$ ) компенсирует емкостную проводимость линии тем самым уменьшает волновую длину и пропускную способность линии. При этом увеличивается волновое сопротивление, и уменьшается волновая длина линии. Поперечная емкостная компенсация ( $+C_{ку}$ ) увеличивает волновую длину линии и величину активной мощности, эквивалентной натуральной мощности.

Таким образом, поперечная индуктивная компенсация улучшает условия устойчивости и снижает пропускную способность линии, а

поперечная емкостная компенсация ухудшает условия устойчивости линии и увеличивает её пропускную способность.

Для обеспечения по всей длине линии напряжения, близкого к номинальному, при изменении передаваемой активной мощности, необходимо через определенные расстояния вдоль линии подключить поперечно регулируемые КУ. При изменении мощности, которых, в зависимости от передаваемой активной мощности (стабилизации напряжения в точках регулирования КУ), в линии будет существовать режим эквивалентный режиму натуральной мощности (рисунок 2).

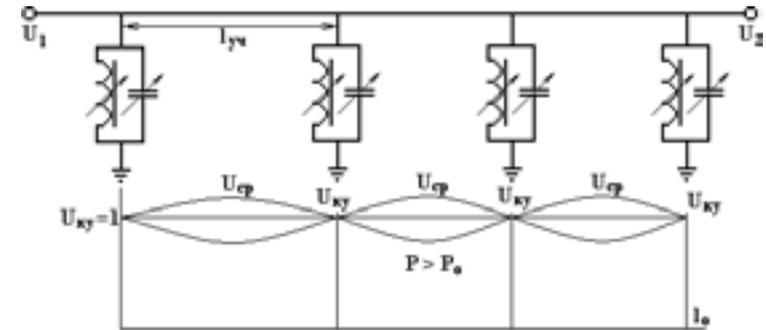


Рисунок 2 – Схема линии с поперечно регулируемыми КУ

Используя формулу  $P_{0-ш} = P_0 \sqrt{1 + \frac{C_{ш}}{C_0}}$ , после ее преобразований получим величину КУ при передаче по линии активной мощности

$$C_{ш} = C_0 \left( \frac{P_{0-ш}^2}{P_0^2} - 1 \right),$$

где  $P_{0-ш}$  - величина передаваемой по линии с КУ активной мощности, эквивалентной натуральной;  $P_0 = \frac{U_H^2}{Z_B}$  - величина натуральной мощности без КУ.

В режиме холостого хода ( $P_{0-ку} = 0$ ) и величина КУ отрицательна

$$C_{ш} = -C_0,$$

т.е. поперечная компенсация должна быть индуктивной и полностью компенсировать емкостную проводимость линии. В таком режиме мощность реактора должна быть равна реактивной мощности генерируемой линией

$$Q_{\text{отп}} = \omega_0 l_0 C_0 U^2 = \omega_0 l_0 U^2 \sqrt{L_0 C_0} \sqrt{\frac{C_0}{L_0}} = \lambda_0 P_0.$$

По мере увеличения передаваемой по линии активной мощности, величина отбираемой с линии реактивной мощности должна уменьшаться по закону

$$Q_{\text{отп}} = \omega_0 l_0 C_0 U^2 \left( \frac{P_{0-\text{отп}}^2}{P_0^2} - 1 \right) = \lambda_0 P_0 \left( \frac{P_{0-\text{отп}}^2}{P_0^2} - 1 \right).$$

При передаче мощности  $P_{0-\text{отп}} = P_0$  величина отбираемой с линии реактивной мощности должна становиться равной нулю, т.е. компенсатор необходимо отключить. Следует отметить, что при таком регулировании КУ во всех режимах будет существовать режим эквивалентный режиму натуральной мощности, т.е. величина напряжения вдоль линии будет находиться в допустимых пределах отклонения от номинального. В точках установки КУ  $U_{\text{отп}} = U_{\text{натур}}$ , а в середине участков линии между реакторами  $U_{\text{отп}} = U_{\text{натур}} / \cos(\lambda_{\text{отп}} / 2)$  несколько выше номинального в режимах передачи мощности меньше натуральной и ниже номинального в режимах передачи мощности больше натуральной (рисунок -2)

Вместе с изменением мощности КУ и передаваемой по линии активной мощности в тоже время будет претерпевать изменения и волновая длина линии

$$\lambda_{0-\text{отп}} = \lambda_0 \sqrt{1 + \frac{C_{\text{отп}}}{C_0}} = \lambda_0 \frac{P_{0-\text{отп}}}{P_0}.$$

В режиме холостого хода эквивалентная волновая длина  $\lambda_{0-\text{отп}} = 0$  и с увеличением передаваемой активной мощности  $P_{0-\text{отп}}$  будет линейно увеличиваться. В режиме передачи мощности равной натуральной  $\lambda_{0-\text{отп}} = \delta_0$ . Этим условием накладывається ограничение на длины линий, которые могут работать устойчиво.

Способов выдачи в линию и отбора с линии реактивной мощности, а также регулирования мощности КУ существует много. В большинстве случаев регулирование КУ осуществляется либо ступенчато последовательным отключением поперечных реакторов, собранных группами на низкой стороне трансформаторов, установленных в местах отбора мощности, либо применением реакторов специальных конструкций, позволяющих за счет искусственного изменения магнитной проницаемости их цепей варьировать потребляемую мощность.

Очевидно, что пропускная способность линии с поперечной индуктивной компенсацией находится на уровне натуральной. Для дальнейшего увеличения передаваемой активной мощности необходимо применять поперечно регулируемые емкости.

Действительно при  $P_{0-\text{отп}} > P_0$  мощность  $Q_{\text{отп}}$  становится положительной

$$Q_{\text{отп}} = \lambda_0 P_0 \left( \frac{P_{0-\text{отп}}^2}{P_0^2} - 1 \right).$$

т.е. поперечная компенсация должна быть емкостной и полностью компенсировать потери реактивной мощности в индуктивностях линии. Волновая длина линии в режиме передачи мощности больше натуральной на каждом участке линии  $\delta_0 > \lambda_{0-\text{отп}}$  и при передаче  $P_{0-\text{отп}} = P_{\text{макс}}$  взаимный угол между напряжениями по концам линии  $\delta_0 = 90^\circ$ .

В середине участков линии между поперечно, включенными емкостями  $U_{\text{отп}} = U_{\text{натур}} / \cos(\lambda_{\text{отп}} / 2)$  ниже номинального.

Поперечная емкостная компенсация может быть выполнена с помощью синхронных компенсаторов или других источников (устройств), вырабатывающих реактивную мощность.

Предел передаваемой мощности определим из условия  $\delta_0 = 90^\circ$

$$P_{\text{отп}} = \frac{U_1 U_2}{\sin \lambda_0} = \frac{U_1 U_2}{X_{\Sigma}}$$

где  $U_1, U_2$  – напряжения в начале и в конце участка линии;  $X_{\Sigma}$  – суммарное индуктивное сопротивление участка линии.

При этом реактивная мощность по концам участка линии:

$$Q_1 = U_1^2 \operatorname{ctg} \lambda_0;$$

$$Q_2 = -U_2^2 \operatorname{ctg} \lambda_0.$$

По мере увеличения передаваемой по линии активной мощности угол между напряжениями по концам будет расти от  $\delta_0 = 0^\circ$  до  $\delta_0 = 90^\circ$  и его величину можно определить, опираясь на выражение

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= (U_2 \cos \lambda_0 + \frac{Q_2}{U_2} \sin \lambda_0) + j \frac{P_2}{U_2} \sin \lambda_0 = \\ &= \left[ U_2 \cos \lambda_0 + \left( -\frac{U_2^2 \cos \lambda_0 - \sqrt{U_1^2 U_2^2 - (P_2 \sin \lambda_0)^2}}{\sin \lambda_0} \right) \frac{\sin \lambda_0}{U_2} \right] + j \frac{P_2}{U_2} \sin \lambda_0 = \\ &= \frac{\sqrt{U_1^2 U_2^2 - P_2^2 \sin^2 \lambda_0}}{U_2} + j \frac{P_2}{U_2} \sin \lambda_0 \end{aligned}$$

Отсюда

$$\delta_0 = \arctg \left[ \frac{P_2 \sin \lambda_0}{\sqrt{U_1^2 U_2^2 - (P_2 \sin \lambda_0)^2}} \right] = \arctg \left( \frac{1}{\sqrt{(P_{\text{пред}} / P_2)^2 - 1}} \right).$$

При  $|U_1| = |U_2| = U_{\text{норм}} = 1$

$$\delta_0 = \arcsin(P_2 \sin \lambda_0)$$

Как видно из приведенных уравнений увеличение напряжений по концам линии приводит к увеличению предела передаваемой мощности и снижению взаимного угла.

Заметим, что учет активных сопротивлений и проводимостей линии не вызывает больших погрешностей в расчетах на распределение тока, напряжения, реактивной мощности и угла вдоль линии.

При передаче по линии мощности  $P_{\text{перед}}$  напряжение в середине линии снижается до величины

$$\dot{U}_{\text{ср}} = U_2 [\cos(\lambda_0 / 2) - \text{ctg} \lambda_0 \sin(\lambda_0 / 2)] + j U_1 \frac{1}{\sin \lambda_0} \sin(\lambda_0 / 2) = \frac{U_2 + j U_1}{2 \cos(\lambda_0 / 2)}.$$

При  $|U_1| = |U_2| = U_{\text{норм}} = 1$   $\dot{U}_{\text{ср}} = \frac{1 + j1}{2 \cos(\lambda_0 / 2)}$ .

Модуль напряжения

$$U_{\text{ср}} = \left| \frac{1}{\sqrt{2} \cos(\lambda_0 / 2)} \right|.$$

На рисунке 3 приведено изменение передаваемой предельной мощности и напряжения в середине линии в зависимости от длины, из которого следует, что для увеличения величины передаваемой мощности по линии необходимо снизить нижнюю планку допустимости снижения напряжения в середине линии примерно до  $0,3 U_{\text{норм}}$ .

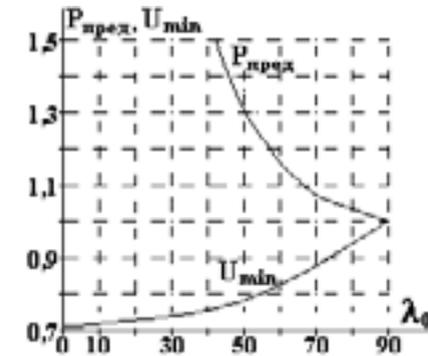


Рисунок 3 – Зависимость  $P_{\text{пред}} = f(\lambda_0)$  и  $U_{\text{ср}} = f(\lambda_0)$ .

Если снижение напряжения в середине линии ограничить на большем уровне допустимых величин, то величина передаваемой активной мощности по линии будет меньше предельной.

$$\begin{aligned} \dot{U}_{\text{ср}} &= (U_2 \cos \lambda_0 / 2 + \frac{Q_2}{U_2} \sin \lambda_0 / 2) + j \frac{P_2}{U_2} \sin \lambda_0 / 2 = \\ &= U_2 \left( \cos \lambda_0 / 2 - \frac{\cos \lambda_0 - \sqrt{U_1^2 U_2^2 - (P_2 \sin \lambda_0)^2}}{\sin \lambda_0} \sin \lambda_0 / 2 \right) + j \frac{P_2}{U_2} \sin \lambda_0 / 2 = \\ &= U_2 \left( \frac{1 + \sqrt{U_1^2 U_2^2 - (P_2 \sin \lambda_0)^2} + j \frac{P_2}{U_2} \sin \lambda_0}{2 \cos \lambda_0 / 2} \right) \end{aligned}$$

При  $|U_1| = |U_2| = U_{\text{норм}} = 1$

$$\dot{U}_{\text{ср}} = \frac{1 + \sqrt{1 - (P_2 \sin \lambda_0)^2} + j P_2 \sin \lambda_0}{2 \cos \lambda_0 / 2}.$$

Модуль напряжения в середине линии

$$U_{\text{ср}}^2 = \frac{1 + \sqrt{1 - (P_2 \sin \lambda_0)^2}}{2 \cos^2 \lambda_0 / 2}$$

из которого определяем величину передаваемой активной мощности при ограничении снижения напряжения в середине линии до необходимых допустимых величин

$$P_{уст} = \frac{U_{уст} \sqrt{1 - U^2 \cos^2 \lambda_0 / 2}}{\sin \lambda_0 / 2}$$

Известно, что по условиям статической устойчивости, передаваемая по линии без потерь активная и реактивная мощность в зависимости от угла передачи  $\delta_0$  определяются как:

$$P_d = \frac{U_1 U_2}{X_{\Sigma}} \sin \delta_0; Q_d = \frac{U_1 (U_1 - U_2 \cos \delta_0)}{X_{\Sigma}}$$

Ограничения передаваемой мощности  $P_d$  вызваны необходимостью обеспечить статическую устойчивость в нормальном режиме с коэффициентом запаса по передаваемой мощности:

$$K_{уст} = \frac{P_{крит} - P_d}{P_d} 100 \geq 20\%$$

Также необходимо обеспечить динамическую устойчивость в аварийном режиме и передачу требуемой мощности по ЛЭП в послеаварийном режиме с запасом  $K_{уст} \geq 8\%$ .

Таким образом, пропускная способность электропередачи напряжением 500–1150 кВ большой длины, при установке регулируемых поперечно включенных КУ, ограничивается величиной напряжения в середине линии, статической и динамической устойчивостью.

В заключение следует отметить, что соотношения, полученные для равномерно распределенной компенсации, практически не отличаются от результатов, даваемых точным расчетом для компенсации, выполняемой по сосредоточенным схемам.

Выводы:

Исследования подтвердили, что устройства FACTS позволяют решать технологические задачи управления электропередачей. Целесообразность их применения должна основываться на технико-экономических исследованиях.

Учитывая взаимные углы приемной и передающей систем, установка быстро регулируемых поперечно включенных КУ на расстоянии 600 км друг от друга, поднимут пропускную способность электропередач до 40%.

Снижение расстояния между поперечно включенными КУ позволит еще больше увеличить пропускную способность электропередачи.

Регулирование поперечно включенных КУ по предлагаемому закону позволит работать электропередаче в режиме, эквивалентном натуральной мощности, при котором потери энергии минимальны при потоке мощности  $P=0-P_{\max}$ .

Стабилизация напряжения в местах установки быстро регулируемых поперечно включенными КУ, позволит улучшить демпфирования колебаний в установившихся и переходных режимах электропередачи.

Применение КУ в качестве высокоскоростного управляемого элемента электрических сетей переменного тока открывает новые технологические возможности ведения режимов энергосистем по активной и реактивной мощности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Воробьев, Г. В.** Дальние электропередачи. Учебное пособие. Часть I, II. – Караганда, 1977. – 123 с.

2 **Кочкин, В. И.** Новые технологии повышения пропускной способности ЛЭП. //Новости электротехники. Технические тенденции.-2007, – №4, – С. 36 - 46.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова. г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 12.12.13.

*В. Ф. Говорун, О. В. Говорун, Н. М. Падруль, А. М. Акаев, А. Н. Аяганов, С. С. Жарасов.*

**Екібастұз – Көкшетау – Қостанай электр берілісінде FACTS құрылғыларын қолдану тиімділігі**

С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 12.12.13 редакцияға түсті.

*V. F. Govorun, O. V. Govorun, N. M. Padrul, A. M. Akaev, A. N. Ayaganov, S. S. Zharasov*

**Effectiveness of FACTS devices in Ekibastuz-Kokchetav-Kustanay power lines**

Pavlodar State University  
named after S. Toraiyrov, Pavlodar.  
Material received on 12.12.13.

*Қарымталағыш құрылғыларға бойлық және көлденең қосылған желілерді үлгілеу орындалған. Кернеуі 500, 1150 кВ электр беріліс желілерінің режимдерін және қарымталағыш құрылғыларды бойлық және көлденең басқару кезінде, олар арқылы ағып өтетін қуат ағындарын есептеу жүргізілді.*

*Modeling of line with longitudinally and transversely included KU was made. Calculations of power transmission lines 500, 1150 kV's modes and power flow at the longitudinal and transverse control KU were shown.*

УДК 621.181

**О. О. Григорьев, А. А. Глазырин, В. Н. Сероокая**

### **КОНСЕРВАЦИЯ БАРАБАННЫХ КОТЛОВ РАСТВОРОМ ГИДРАЗИНА С АММИАКОМ В РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ОСТАНОВА**

*В настоящей статье рассмотрены основные моменты при проведении эксплуатационной консервации котла в различных режимах останова.*

Консервация — действия, направленные на долгосрочное сохранение объектов. Консервацию котлов и турбоустановок проводят для предотвращения коррозии металла внутренних поверхностей как при режимных остановах (вывод в резерв на определенный и неопределенный сроки, вывод в текущий, средний и капитальный ремонт, аварийный останов), так и при остановах в продолжительный резерв или ремонт (реконструкцию) на срок свыше 6 мес. На основе методических указаний на каждой электростанции должно быть разработано и утверждено техническое решение по организации консервации конкретного оборудования, определяющее способы консервации при различных видах останова и продолжительности простоя, технологическую схему и вспомогательное оборудование консервации. При разработке технического решения целесообразно привлечение специализированной организации. При разработке технологической схемы консервации целесообразно максимально использовать штатные установки коррекционной обработки питательной и котловой воды, установки химической очистки оборудования, баковое хозяйство электростанции. Технологическая схема консервации должна быть по возможности стационарной, надежно отключаться от работающих участков тепловой схемы. Необходимо предусматривать нейтрализацию или обезвреживание сбросных вод, а также возможность повторного использования консервирующих растворов.

В соответствии с принятым техническим решением составляется и утверждается инструкция по консервации оборудования с указаниями по подготовительным операциям, технологии консервации и расконсервации, а также по мерам безопасности при проведении консервации. При подготовке

и проведении работ по консервации и расконсервации необходимо соблюдать требования Правил техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей. Также при необходимости должны быть приняты дополнительные меры безопасности, связанные со свойствами используемых химических реагентов. Нейтрализация отработанных консервирующих растворов химических реагентов должна осуществляться в соответствии с указаниями «Типовая инструкция по эксплуатации установок для очистки производственных сточных вод тепловых электростанций: ТИ 34-70-043-85» (М: СПО Союзтехэнерго, 1985).

Формирование защитной пленки на поверхности металла осуществляется под воздействием водного раствора гидразина. В условиях более низких по сравнению с ГРП (гидразин при рабочих параметрах) температур для более прочного связывания защитной оксидной пленки с металлом значение pH консервирующего раствора повышается за счет аммиака. Обработка ведется на отключенном от турбины котле при давлении не более 10 МПа. Значение pH консервирующего раствора - 10,5 - 11, а содержание гидразина в чистом отсеке барабана - 10 - 60 мг/кг в зависимости от продолжительности простоя. Продолжительность обработки должна быть не менее 3 ч. Обработка гидразином с аммиаком в режиме останова (ГРО) применяется на котлах, использующих гидразин для коррекционной обработки питательной воды. Обработка ГРО (гидразиновая обработка) проводится при выводе котла в резерв на срок до 60 сут. или выводе в средний или капитальный ремонт. Целесообразно осуществлять эту обработку и при выводе котла в резерв или ремонт на срок до 30 сут., если котел имел в предыдущий период длительную безостановочную кампанию (более 3 - 4 мес.) или серьезные нарушения норм качества питательной воды по железу. Гидразиновая обработка в режиме останова может проводиться как непосредственно в процессе останова, так и после специальной растопки ранее остановленного котла.

На тепловых электростанциях дозирование гидразина и аммиака осуществляется совместно штатными насосами-дозаторами фосфатов в барабан. Рабочий раствор реагентов готовится либо в баке-мернике фосфатов, либо в специально установленном баке-мернике, куда необходимо подвести трубопроводы гидразина и аммиака от соответствующих хозяйств и подпиточную воду. На электростанциях с поперечными связями гидразин и аммиак дозируются совместно в барабан.

Рабочий раствор реагентов готовится в баке-мернике из расчета одной обработки с запасом в 10-20%. Для быстрого обеспечения в котле необходимых концентраций реагентов с учетом водяного объема котла и производительности насосов-дозаторов концентрация гидразина в рабочем растворе должна быть 5 - 20%, а аммиака - 1 - 5%. Для сброса использованного консервирующего раствора после обработки должен быть предусмотрен трубопровод от нижнего дренажного коллектора котла в бак

реагентов или какой-либо дренажный бак, бак слива из котла, бак низких точек, приямок для последующей перекачки насосом на узел нейтрализации.

При расходе топлива не выше 30% номинального открывается БРОУ (ПСБУ) и отключается турбина, а промежуточный пароперегреватель обеспаривают на конденсатор. Уменьшением расхода топлива температуру свежего пара понижают до 350 - 400 °С, после чего постепенно открывают сброс пара в атмосферу из главных паропроводов или из трубопровода за РОУ и закрывают БРОУ (ПСБУ), поддерживая в котле давление около 10 МПа. Для проведения обработки на тепловой электрической станции с барабанным котлом турбину разгружают до минимально допустимой нагрузки и параллельно снижают температуру перегретого пара. Котел переводится на растопочный расход топлива. Котел подпитывают водой до уровня +100 мм выше верхнего допустимого уровня, закрывают непрерывную продувку и начинают дозировку реагентов в барабан. Включают линию рециркуляции котловой воды из барабана. Отключение линии рециркуляции производят только на период подпиток котла водой.

Обработка начинается при достижении в чистом отсеке значения  $pH \geq 10,5$  и содержании гидразина в зависимости от продолжительности простоя.

Таблица 1 – Нормирование содержания гидразина при различной длительности останова

Простой, суток	Содержание гидразина, мг/кг
До 15	10 - 30
До 45	30 - 50
До 60	40 - 60

Если концентрация гидразина в первый час обработки уменьшается по сравнению с исходной на 25 - 30%, то необходимо ввести в котел дополнительное количество реагентов.

Обработка заканчивается при снижении содержания гидразина в воде солевого отсека в 1,5 - 3 раза по сравнению с исходным. Общая продолжительность обработки должна составлять не менее 3 ч. В процессе обработки контролируют pH, содержание гидразина в чистом и солевом отсеках. По окончании обработки останавливают котел и при выводе его в ремонт после снижения давления до атмосферного опорожняют, направляя раствор на нейтрализацию. При выводе котла в резерв консервирующий раствор можно сливать перед началом растопки котла.

На электростанциях с поперечными связями котел для проведения обработки разгружают до минимальной нагрузки, открывают запорную арматуру на линии сброса пара в атмосферу и закрывают задвижки на паропроводах к общестанционной магистрали. Котел переводят на растопочное топливо, расход которого должен обеспечивать температуру перегретого пара 350 - 400 °С при рабочем давлении за котлом (но не выше 10 МПа). Котел подпитывают

водой до уровня +100 мм выше верхнего допустимого уровня, закрывают непрерывную продувку и начинают дозировку реагентов в барабан. Включают линию рециркуляции котловой воды из барабана на вход экономайзера. Отключение линии рециркуляции производят только на период подпиток котла водой. Значение pH, содержание гидразина в чистом и солевом отсеках, продолжительность обработки, объем химического контроля, а также операции по окончании обработки должны соответствовать техническим нормам.

Для проведения обработки на ранее остановленном котле его необходимо растопить в соответствии с эксплуатационной инструкцией, поднять параметры и выполнить обработку, а затем вывести котел в резерв или ремонт в соответствии с нормами и правилами.

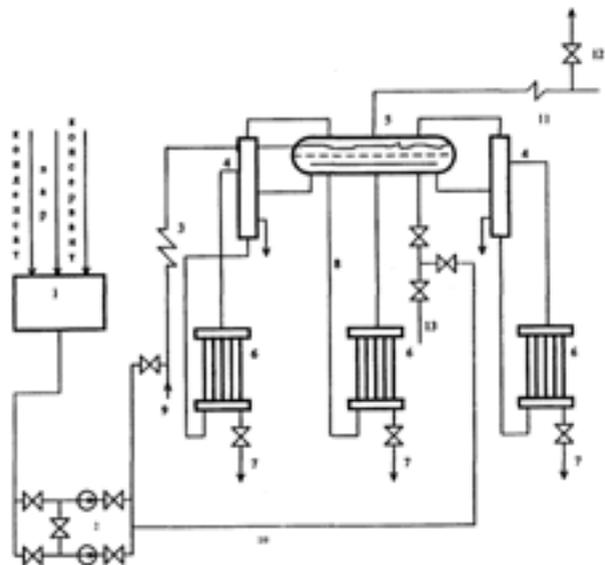
В случае крайней необходимости проведения опрессовки котла в период простоя допускается заполнение котла водой на срок не более 1 сут. с последующим дренированием воды. Перед растопкой котла специальных водных отмывок поверхностей нагрева не проводят.

При гидразинной “выварке” (ГВ) защитная пленка на поверхности металла формируется в условиях более низкой температуры среды по сравнению с ГРО. Гидразинная “выварка” осуществляется при давлении в котле около 1,5 МПа и поддержании в чистом отсеке барабана содержания гидразина 150 - 200 мг/кг и значения pH более 10,5 (за счет дозирования аммиака). Продолжительность режима - 20 - 24 ч. Гидразинная “выварка” применяется на котлах, использующих гидразин для коррекционной обработки питательной воды, вместо ГРО.

На блочных электростанциях после останова блока давление в котле снижают с допустимой скоростью сбросом пара через БРОУ (ПСБУ) в конденсатор. Пароперегреватель обеспаривают на конденсатор. После снижения давления в котле до 1,5 МПа включают 2 - 3 форсунки, открывают задвижку на линии сброса пара в атмосферу и закрывают БРОУ (ПСБУ). Давление в котле поддерживают в пределах 1,5 - 2,0 МПа, для этого допускается периодически открывать запорную арматуру на линии сброса пара в атмосферу.

За 10-12 часов до начала проведения консервации прекращают дозировку фосфатов, гидразина и аммиака. непосредственно перед отключением котла от паросборного коллектора желательнее произвести удаление шлама через нижние коллекторы 7 (рис. 1) экранных поверхностей нагрева. За 15-20 минут до отключения котла от общего паросборного коллектора прекращают продувку котла. После отключения котла от паросборного коллектора включают линию рециркуляции котловой воды из барабана котла на вход экономайзера и подают консервант в питательную воду перед экономайзером по линии 9 и по линии 10 в линию фосфатирования и барабан котла. Перед окончанием консервации согласно режимной карте останова открывают продувку котла. Продувку ведут с минимальными расходами, что обеспечивает сохранение высокой температуры, необходимой для обеспечения максимальной эффективности

консервации. Процессу пассивации сопутствует частичная отмывка поверхностей нагрева котла от рыхлых отложений, переходящих в шлам, который необходимо удалять с продувкой. В период консервации постоянная продувка закрыта. Первую продувку проводят через нижние коллекторы через 3-4 часа после начала дозирования, начиная с панелей солевых отсеков. При давлении в барабане котла на уровне 1,0-1,2 МПа осуществляют продувку котла через воздушник 12. При этом пар с высоким содержанием консерванта проходит через пароперегреватель, что обеспечивает его более эффективную консервацию. Консервация заканчивается при охлаждении поверхностей нагрева до 75 °С. По окончании расхолаживания сдранировать котел в систему ГЗУ (гидрозолоудаление) или при соблюдении норм ПДК осуществить сброс воды в циркуловод. При нарушении технологических параметров процесса консервации прекратить работы и начать консервацию после восстановления необходимых параметров работы котла.



1, 2 – система дозирования консерванта; 3 – экономайзер; 4 – выносной циклон (соленый отсек); 5 – барабан котла (чистый отсек); 6 – экран (соленый отсек); 7 – линия периодической продувки; 8 – опускные трубы; 9 – трубопровод подачи водной эмульсии консерванта на вход экономайзера котла; 10 – трубопровод подачи водной эмульсии консерванта в барабан котла; 11 – пароперегреватель; 12 – воздушник пароперегревателя; 13 – линия-фосфатирования.

Рисунок 1 – Схема консервации барабанного котла в режиме его останова

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Глазырин, А. И., Кострикина, Е. Ю. Консервация энергетического оборудования. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
- 2 Жук, Н. П. Курс теории коррозии и защиты металла. – М.: Металлургия, 1976.
- 3 Методические указания по консервации теплоэнергетического оборудования: РД 34.20.591-97. – М.: СПО ОРГРЭС, 1997.
- 4 Методические указания по консервации теплоэнергетического оборудования с применением пленкообразующих аминов: Дополнение к РД 34.20.591-97. – М.: МЭИ, ВНИИАМ, 1998.
- 5 Методические указания по организации консервации теплоэнергетического оборудования воздухом. РД 153-34.1-30. – 502-00. – М.: СПО ОРГРЭС, 2000.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 11.11.13.

*О. О. Григорьев, А. А. Глазырин, В. Н. Сероокая*

**Аммиакпен гидразиннің ертінімен барабандық қазанның түрлі тоқтау мерзіміндегі консервациясы**

С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 11.11.13 редакцияға түсті.

*O. O. Grigoriev, A. A. Glazyrin, V. N. Serookaya*

**Preservation of a drum boiler with hydrazine and ammonia solution in different shutdown modes**

Pavlodar State University  
named after S. Toraiyrov, Pavlodar.  
Material received on 11.11.13.

*Пайдалану консервациясының түрлі тоқтау мерзіміндегі откізуінің негізгі кездері осы мақалада қарастырылған.*

*This article reviews the highlights of the operating conservation of the boiler in different shutdown modes.*

УДК 625.179

**Н. А. Данияров\***, **А. З. Акашев\*\***, **А. К. Келисбеков\*\***,  
**М. Т. Ахмадиев\*\***, **Г. Ж. Хамитова\*\*\***

## СТРУКТУРНАЯ СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

*В статье подробно рассмотрена существующая система  
планово-предупредительного ремонта тягового подвижного состава.  
Проведена структурная систематизация технологических процессов  
технического обслуживания и ремонта локомотивов.*

Система технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава характеризуется определенными объемами ремонтов и технических осмотров, схемой их чередования, величиной межремонтных пробегов, уровнем и технологической оснащенностью производства, продолжительностью и качеством выполнения ремонтных операций, степенью их механизации и автоматизации, качеством подготовки ремонтного персонала и наличия необходимого запаса агрегатов и узлов (таблица 1). На основе среднесетевых норм пробегов тягового подвижного состава между техническими обслуживаниями и текущими ремонтами устанавливаются дифференцированные нормы пробега в зависимости от типа локомотива, а также условий эксплуатации для различных отделений дорог [1].

Существо любого технологического процесса, в том числе и ремонтного, составляют структурные элементы и устойчивые к внешним и внутренним изменениям связи между ними, которые могут быть получены при их систематизации по определенным классификационным признакам [2].

В качестве классификационного признака для систематизации технологических процессов ремонта целесообразно принимать наиболее общие и отличительные функциональные признаки, позволяющие выделить операции, характеризующие соответствующие виды работ на определенном иерархическом уровне ремонтного процесса:

Таблица 1 - Классификация видов технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава

Наименование работ	Содержание	Периодичность выполнения	К определению сроков межремонтных периодов
1	2	3	4

Техническое обслуживание (ТО)	<p>ТО-1 [1]:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осмотр и проверка электрической аппаратуры высоковольтной камеры, пульта управления, состояния реле, крепления проводов;</li> <li>- проверка состояния щеточного аппарата, коллектора тягового генератора и кабелей;</li> <li>- осмотр отсека топливной аппаратуры, соединения тяг регулятора числа оборотов и топливных насосов, проверка работы вентиля ВП-6, ВП-7, ВП-9;</li> <li>- осмотр водяных насосов, валов отбора мощности, осмотр и проверка крепления вентилятора охлаждения тяговых электродвигателей задней тележки, заднего распределительного редуктора;</li> <li>- осмотр фильтра грубой очистки масла, теплообменника и др.</li> </ul>	Выполняется локомотивной бригадой при приемке-сдаче локомотива	<p>Показатель использования мощности для поездных тепловозов определяется из выражения [4]</p> $\varphi = Q_{yc} * e * 10^{-4}, \text{ кг/км}, (2)$ <p>где <math>Q_{yc}</math> – средняя условная масса состава,</p> $Q_{yc} = A / (L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5), \text{ т}^* \text{брутто}, (3)$ <p>где <math>A</math> – выполненная перевозочная работа тепловозами данной серии за определяемый период, ткм; <math>L_1, L_2, L_3, L_4, L_5</math> – соответственно пробеги тепловозов во главе поезда, в двойной тяге, в одиночном следовании, в подталкивании и условный пробег, км; <math>e</math> – расход дизельного топлива тепловозами данной серии за определяемый период на измеритель, кг/10<sup>4</sup>ткм брутто.</p> <p>Показатель использования мощности для внепоездных тепловозов [4] определяется по формуле</p> $\varphi^* = \frac{E}{t_{\text{Э}}} * \frac{1}{\tau_{\text{Э}}} * \frac{1}{\tau_{\text{Э}}} \quad (4)$ <p>где <math>E</math> – общий расход дизельного топлива тепловозами данной серии за определяемый период, кг; <math>t_{\text{Э}}</math> – общее время эксплуатации тепловозов данной серии за определяемый период, ч.</p> <p>Определение дифференцированных периодов ремонта тепловозов выполняется по следующему формулам [4]:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для поездных тепловозов</li> </ul> $LP = G_{\varphi} / \varphi, \text{ км}, (5)$
	<p>ТО-2:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- операции по проверке и осмотру узлов и систем локомотива, в том числе экипажной (ходовой) части, тормозного, электрического и вспомогательного оборудования, дизеля, радиостанции, АЛСН (КЛУБ), САУТ и других устройств обеспечения безопасности движения.</li> </ul> <p>Состав работ на ТО-2, дополнительный к объему работ, установленным правилами и инструкциями, определяется на основании содержащихся в журнале формы ТУ-152 записей локомотивных бригад о признаках неисправностей, проявившихся при эксплуатации, а также по результатам диагностики и осмотра локомотива в процессе проведения ТО-2.</p>	Проводится каждые 72 часа	
	<p>При ТО-3 кроме мероприятий, предусмотренных при ТО-2, выполняют некоторые ремонтные операции (смена фильтров, снятие форсунок для проверки на стенде, замена щеток электрических машин, очистка выпускных окон).</p>	Производится при пробеге 10 тыс. км	
	<p>ТО-4: выполняют обточку колесных пар без выкатки из-под локомотива.</p>		
	<p>ТО-5а: проводится с целью подготовки локомотива к постановке в запас или резерв железной дороги.</p>	Постановка на данные виды ТО планируется по мере необходимости	
<p>ТО-5б: проводится с целью подготовки локомотива к отправке в недействующем состоянии</p>			

1	2	3	4
	<p>ТО-5в [1]: проводится с целью подготовки к эксплуатации локомотива, прибывшего в недействующем состоянии, после постройки, после ремонта вне локомотивного депо приписки или после передислокации.</p> <p>ТО-5г: проводится с целью подготовки локомотива к эксплуатации после содержания в запасе (резерве железной дороги).</p>		<p>- для внепоездных тепловозов мес., сут., соответственно,</p> $t_p = G_0' / 705 \text{ ф}'; \text{ мес.}, (6)$ $t_p = G_0' / 23,5 \text{ ф}', \text{ сут.}, (7)$ <p>где <math>G_0</math> и <math>G_0'</math> – соответственно, норма расхода дизельного топлива между отдельными видами ТО и ремонта для поездных и внепоездных тепловозов данной серии; 705 и 23,5, соответственно продолжительность работы внепоездных тепловозов за месяц и за сутки, ч.</p> <p>Таким образом [4], зная нормы расхода топлива между отдельными видами ТО и ремонтов, используя вышеприведенные формулы (5)–(7) можно определить сроки межремонтной работы тепловозов. В свою очередь, нормы устанавливаются исходя из соотношения между износом важнейших узлов и расходом топлива. Например, ГО для ТР-3 можно установить, если определить расход топлива, при котором износ коллекторных пластин тяговых электродвигателей (ТЭД) достигнет допустимой величины; для КР – если определить расход топлива, при котором овальность шеек коленчатого вала достигнет допустимой величины и т.д.</p> <p>Дифференциация межремонтных периодов позволяет изменять объем обязательных работ при ТО и ремонтах в зависимости от загрузки тепловоза в период его эксплуатации.</p>
Текущий ремонт (ТР)	<p>ТР-1: - осмотр, ревизия и очистка, при необходимости ремонт сборочных единиц (колесных пар, рессорного подвешивания, тормозного оборудования); - осмотр тяговых электродвигателей, вспомогательных машин и электроаппаратуры, проверка зазоров подшипников коленчатого вала дизеля, моторно-осевых подшипников тяговых электродвигателей; - осмотр поршневых колец и втулок цилиндров дизеля, ревизия и очистка турбокомпрессоров со снятием их с локомотива, проведение реостатных испытаний и т.д.</p> <p>ТР-2: При ТР-2, кроме работ, выполняемых на ТР-1, снимают для ревизии и ремонта часть узлов дизеля, механического и электрического оборудования, аккумуляторную батарею, производят ревизию буксовых и моторно-осевых подшипников, реостатные испытания.</p> <p>ТР-3: При ТР-3, кроме работ, выполняемых на ТР-2, ремонтируют вне тепловоза дизель, вспомогательное оборудование, электрические машины и экипажную часть (тележки) с выкаткой из-под тепловоза.</p>	<p>Производится при пробеге 50 тыс. км</p> <p>Производится при пробеге 150 тыс. км</p> <p>Производится при пробеге 300 тыс. км</p>	
Средний ремонт (СР)	<p>СР: При СР, кроме работ, выполняемых на ТР-2, ремонтируют вне тепловоза дизель, вспомогательное оборудование, электрические машины и экипажную часть (тележки) с выкаткой из-под тепловоза.</p>	<p>Производится при пробеге 600 тыс. км</p>	
Капитальный ремонт (КР)	<p>КР-1: - восстановление эксплуатационных характеристик и ресурса (срока службы) тепловоза путем замены и ремонта изношенных и поврежденных агрегатов, сборочных единиц и деталей, а также путем модернизации.</p> <p>КР-2: - восстановление эксплуатационных характеристик и полного ресурса (срока службы) всех агрегатов, сборочных единиц и деталей, включая базовые, полностью замена проводов и кабелей, а также модернизация локомотива [1].</p>	<p>Производится при пробеге 1200 тыс. км.</p>	

• (Д) – этап диагностирования подвижного состава, заключающийся в определении технического состояния и прогнозировании работоспособности оборудования по диагностическим параметрам, по результатам которой принимается решение о постановке локомотива на линию для проведения необходимого по объему выполняемых работ вида ремонта [3];

• (В) – этап постановки локомотива на соответствующий вид ремонта, т.е. комплекс операций по восстановлению исправности, работоспособности и ресурса оборудования тягового подвижного состава;

• (Э) – этап монтажа и сборки отремонтированных или замененных узлов и агрегатов, проведение пуско-наладочных и испытательных мероприятий.

Принимая приведенные выше обозначения функциональных этапов технологического процесса технического обслуживания и ремонта (Д, В, Э) в качестве структурных элементов и используя предполагаемые связи между ними (апериодическую (- -), периодическую (~) и непрерывную (÷)), получим совокупность, описываемую выражением

$$P = \{D, B, \mathcal{E}, - -, \sim, \div\}. \quad (1)$$

В случае, когда между функциональными этапами технологического процесса ремонта осуществляется апериодический вид связи (- -), каждый этап выполняется независимо от другого на отдельном производственном предприятии.

При периодичной связи (~), возможно совместное осуществление в одном случае функциональных этапов (Д) и (В) отдельно от функционального этапа (Э), в другом только функциональных этапов (Д) и (Э) или (Д) и (В).

Непрерывная связь (÷) между функциональными этапами предполагает параллельность их выполнения практически без деления на временные промежутки.

Использование принципов согласования, сочленения и совмещения выделенных структурных элементов (на основе апериодической, периодической и непрерывной связей) с учетом возможного их вырождения при комбинировании и последовательном использовании существующих между ними связей позволяет получить все возможные варианты структурных формул, описывающие технологический процесс технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава (таблица 2).

Из таблицы 2 видно, что в результате данной систематизации получены 24 возможные разновидности структурных формул, которые разделены на семь однородных по структуре групп, описывающие четыре типа ремонтного производства [2].

В условиях Карагандинского отделения железной дороги (Казахстан) организация плано-предупредительного ремонта подвижного состава

осуществляется на базе локомотиворемонтного депо (ТЧР-14), филиал ТОО «Камкор Локомотив» [5]; эксплуатационно-локомотивного депо (ТЧЭ-14) и ЛСЦ-15, филиал АО «Локомотивный сервисный центр».

В филиале ТЧР-14 выполняются работы по техническому обслуживанию электровозов ВЛ80 (СТ): ТО-8 (в объеме ТР-3), ТО-6 (в объеме ТР-1); тепловозов 2ТЭ10 и ТЭМ-2: ТО-3, ТО-4, ТО-6 (в объеме ТР-1), ТО-7 (в объеме ТР-2), ТО-8 (в объеме ТР-3); тепловозов серии ЧМЭ в объеме ТО-3, ТО-4, ТО-6 (в объеме ТР-1), ТО-7 (в объеме ТР-2), ТО-8 (в объеме ТР-3) и ТООУ-8 (в объеме КР-1) и электропоездов серии ЭР-9: ТО-3, ТО-4, ТО-6 (в объеме ТР-1), ТО-7 (в объеме ТР-2), ТО-8 (в объеме ТР-3) и ТООУ-8 (в объеме КР-1) [5].

Кадровый состав ТЧЭ-14 состоит из бригад машинистов и их помощников, а также приемщиков локомотивов, в обязанности которых входит оценка полноты выполненных ремонтных работ, после чего отремонтированный тяговый подвижной состав выпускается в эксплуатацию на линию железной дороги локомотивной бригадой.

В ЛСЦ-5 проводится техническое обслуживание локомотивов ТО-2 и экипировка локомотивов песком и водой.

Очевидно, что ТЧЭ-15 и ЛСЦ-5 относятся к независимым одностадийным производствам диагностирования, восстановления или сборки локомотивного оборудования, т.е. ремонтному производству, специализированному по функциональным технологическим процессам – однофункциональные ремонтные производства, описываемые структурными формулами (1)–(3), таблица 2. Технологические процессы однофункциональных ремонтных производств разрабатываются для типовых условий и могут использоваться как типовые при разработке рабочих технологических процессов других типов ремонтных производств.

ТЧР-14, с учетом специфики выполняемых работ, представляют собой массовые производства с непрерывно протекающими процессами ремонта локомотивов одного или нескольких видов при групповых методах диагностирования, восстановления ресурса оборудования и сборки отремонтированного подвижного состава (структурные формулы (15)–(24)). В этом случае ремонтное производство специализировано на восстановление и обработку одного или группы однотипного оборудования, как и в массовом производстве локомотиворемонтных заводов. Интенсивность ремонта локомотивов характеризуется ритмом выпуска отремонтированного оборудования определенного наименования в единицу времени.

В таблице 3 представлена структура технического обслуживания и ремонта грузового тягового подвижного состава в условиях Карагандинского отделения железной дороги с учетом выполняемых ремонтными подразделениями функций и возможных видов связей между этапами ремонтного производства.

Проведенная таким образом, структурная систематизация технологических процессов технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава на основе функциональных признаков, позволяет на наш взгляд: упорядочить разнообразие выполняемых видов ремонтных работ; определять место и роль каждого вида ТО и ремонта в производственном процессе, с учетом существующих функциональных связей между их этапами, а также планировать пути дальнейшего развития различных видов ремонтного производства в конструктивном и технологическом плане.

Таблица 2 – Структурная систематизация технологического процесса технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава

Группы работ в технологическом процессе	Составные элементы						Составные элементы							Составные элементы										
	С		С		С		С			С				С			С							
Оборудование	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Линия	I						II							III										
Типы работ	Диагностика		Восстановление				Сборка							Монтаж										
Составные элементы технологического процесса	Обслуживание		Функционально-монтажные				Функционально-монтажные			Сборочные				Функционально-монтажные			Сборочные							

Таблица 3 – Структура ремонта грузового тягового подвижного состава в условиях Карагандинского отделения железной дороги

Наименование предприятий	Виды выполняемых работ							
	экипировка	ТО-2	ТО-3	ТО-4	ТО-6	ТО-7	ТО-8	ТООУ-8
ТЧР-14	–	–	Д	Д – В + Э, Д + Э, В + Э, Д + Э + В	Д – В + Э, Д + Э, В + Э, Д + Э + В	Д – В + Э, Д + Э, В + Э, Д + Э + В	Д – В + Э, Д + Э, В + Э, Д + Э + В	Д – В + Э, Д + Э, В + Э, Д + Э + В
ТЧЭ-14	–	–	Д	Д	Д	Д	Д	Д
ЛСЦ-5	+	Д	–	–	–	–	–	–

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Собенин, Л. А., Бахолдин, В. И., Зинченко, О. В., Воробьев, А. А. Устройство и ремонт тепловозов. Учебник для нач. проф. образования. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 416 с.
- 2 Солод, Г. И., Морозов, В. И., Русихин, В. И. Технология машиностроения и ремонт горных машин: учебник для вузов. – М.: Недра, 1988. – 421 с.

3 Данияров, Н. А., Акашев, А. З., Келисбеков, А. К. О совершенствовании системы планово-предупредительного ремонта тягового подвижного состава // Межд. науч. журнал «Актуальные проблемы современности» № 10 (90). Изд-во: КУ «Болашак», 2013. – С. 4-11.

4 Дмитренко, И. В. Текущий ремонт и техническое обслуживание локомотивов: курс лекций. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2008. – 119 с.

5 Стратегия развития на период 2010-2020 г.г. (на основании стратегии развития АО «НК «КТЖ» до 2020 г.). – Астана, 2010.

\*АО «Национальный научно-технический центр промышленной безопасности» МЧС РК, г. Астана;

\*\*Карагандинский государственный технический университет Байконура, г. Караганда;

\*\*\*Жезказганский университет имени О.А. г. Жезказган.  
Материал поступил в редакцию 19.06.13.

*Н. А. Данияров\**, *А. З. Акашев\*\**, *А. К. Келисбеков\*\**, *М. Т. Ахмадиев\*\**,  
*Г. Ж. Хамитова\*\*\**

**Тартқыш жылжымалы құрамды жөндеу және техникалық қызмет көрсету технологиялық үрдістерінің құрылымдық жүйесі**

\*«Өнеркәсіп қауіпсіздігінің ұлттық ғылыми-техникалық орталығы» АҚ ҚР ТЖМ, Астана қ.;

\*\*Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ.;

\*\*\*О. А. Байқоңыров атындағы Жезказған университеті, Жезказған қ.  
Материал 19.06.13 редакцияға түсті.

*N. A. Daniyarov\**, *A.Z. Akashev\*\**, *A. K. Kelisbekov\*\**, *M. T. Akhmadiev\*\**,  
*G.Zh. Khamitova\*\*\**

**Structural systematization of technological processes of maintenance and repair of a traction rolling stock**

\* JSC “National Science and Technology Center of Industrial Safety” MES RK, Astana;

\*\* Karaganda state technical university, Karaganda;

\*\*\* Zhezkazgan university after O. A. Baikunurov, Zhezkazgan.  
Material received on 19.06.13.

*Мақалада тартқыш жылжымалы құрамның бүгінгі күнгі жоспарлық-ескерту жөндеу жүйесі қарастырылған. Локомотивтерді*

*жөндеу және техникалық қызмет көрсетудің технологиялық үрдістерінің құрылымдық жүйесі атқарылған.*

*In the article the existing system of scheduled preventive maintenance of a traction rolling stock is considered in detail. Structural systematization of technological processes of maintenance and repair of locomotives is carried out.*

УДК 37. 016. 02:004 (574)

**У. К. Дегембаева\*, Д. С. Байғожанова\*\*, А. Е. Сарбасова\*\*\***

## **ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ RFID В БИБЛИОТЕЧНОЕ ДЕЛО**

*В данной статье приведены рекомендации по внедрению системы RFID в библиотечное дело. Приведены способы подачи энергии от транспондера к считывателю.*

Системы RFID уже давно и успешно используются во многих библиотеках мира, к примеру, в библиотеках университетов Невады, Нортленда, Коннектикута и т.д. (США), Библиотеке Университета Мидлсекс, Венской публичной библиотеке (Австрия), Публичной библиотеке Штутгарта (Германия), библиотеке Национального Университета (Сингапур) [2].

Технология RFID позволяет обеспечивать полноценную поддержку всех основных библиотечных процессов, а использование читательских билетов на основе RFID позволяет ускорить процесс выдачи и приема книг, а также является эффективным средством по борьбе с подделками и подменами читательских билетов.

Главными элементами системы RFID являются метки и считыватели. В библиотеке RFID считыватели используются для инвентаризации хранилищ, приема и выдачи книг, а также приема новых поступлений.

Существуют следующие способы подачи энергии от транспондера к считывателю:

а) нагрузочная модуляция. Из-за трансформаторной связи между обмотками считывателя и транспондера изменение состояния транспондера оказывает влияние на параметры считывателя. Обратная связь транспондера на антенну считывателя может быть представлена как *преобразованный импеданс*  $Z_T$  в обмотке антенны считывателя. Переключение в антенне

транспондера нагрузочного резистора в состоянии «включено/выключено» приводит к изменению преобразованного импеданса  $Z_T$  и соответственно к изменению напряжения на антенне считывателя. Этот прием имеет эффект амплитудной модуляции удаленным транспондером напряжения на обмотке антенны считывателя.

Если интервалы времени, с которыми включается и отключается нагрузочный резистор, управляются данными транспондера, тогда появляется возможность передать эти данные от транспондера к считывателю [4];

б) Нагрузочная модуляция с помощью поднесущей. Из-за слабой связи между антенной считывателя и антенной транспондера флуктуации напряжения на антенне считывателя, представляющие полезный сигнал, имеют величину, которая на порядки меньше выходного напряжения считывателя [4].

Реализация схемы модуляции нагрузкой с использованием полевого транзистора показана на рисунке 1

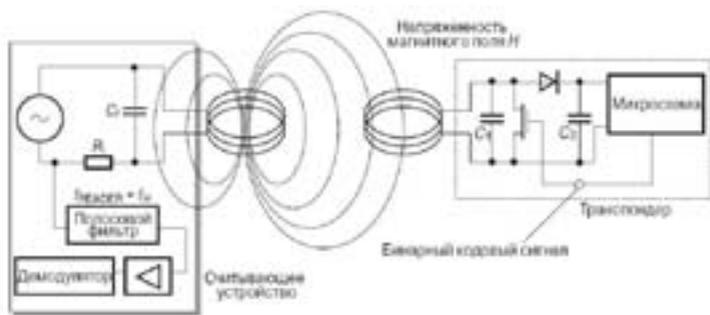


Рисунок 1– Реализация схемы модуляции нагрузкой с использованием сопротивления сток-исток полевого транзистора, который управляется микросхемой транспондера

Экспериментально установлено, что:

– диаграмма направленности считывателя имеет форму, близкую к шару, максимальное расстояние считывания – 6,3 см;

– книги различной толщины с мягкими и толстыми обложками, дерево различной толщины, элементы тела человека не оказывают влияния на расстояние и возможность считывания;

– карта не считывается, когда телефон помещен между считывателем и картой, связь между считывателем и картой исчезает, когда телефон подносится на расстояние менее 3 мм к карте в режиме считывания.

Для представленной конфигурации оборудования рассчитаны элементы цепи антенны и транспондера:  $L_1=5,328 \cdot 10^4$  Гн,  $L_2=4,173 \cdot 10^{-5}$  Гн,  $C_1=3,046$

нФ,  $C_2=38,89$  нФ. Минимальная напряженность для включения транспондера Энергетическая дальность системы  $x = 0,082$ м.

В качестве ридера для инвентаризации выбран Motorola SYMBOL MC 9000-G. В качестве ридера для приема и выдачи книг выбран Ensyc Block. В качестве считывателя для приема новых поступлений выбран Motorola FX9500.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 «АНТИвор: Библиотеки. Решения для библиотек», интернет-страница компании «Антивор», <http://www.antivor.ru/ShopStatus.aspx?ID=11>.

2 **Лобанов, Н.**, «RFID мода или необходимость?», интернет-страница компании «Lobanov-Logist», <http://www.lobanov-logist.ru/index.php?newsid=176>.

3 **Сидоров В.В.**, «Технология RFID», интернет-страница компании «Forward Security Systems», <http://www.hundure.ru/rfid.htm>.

4 **Дшхунян, В.Л., Шаньгин, В.Ф.** Электронная идентификация. Бесконтактные электронные идентификаторы и смарт-карты. – М. : NT Press, 2004.

5 **Финкенцеллер, К.** RFID-технологии. Справочное пособие – М. : Додэка-XXI, 2010. – 496 с.

\*Алматинский университет Энергетики и связи, г. Алматы;

\*\*Жетысуский государственный университет имени И. Жансугурова, г. Талдыкорган.

Материал поступил в редакцию 01.12.13.

*Ү. Қ. Дегембаева\**, *Д. С. Байгожанова\*\**, *А. Е. Сарбасова\*\**

### RFID жүйесін кітапхана ісіне енгізу

\*Алматы Энергетика және байланыс университеті, Алматы қ.;

\*\*І. Жансүгіров атындағы

Жетісу мемлекеттік университеті. Талдыкорган қ.

Материал 01.12.13 редакцияға түсті.

*U. K. Degembaeva\**, *D. S. Baygozhanova\*\**, *A. E. Sarbasova\*\**

### Implementation of RFID in library studies

\* Almaty University of Power Engineering and

Telecommunications, Almaty;

\*\* Zhetysu State University named

after Ilyas Zhansugurov, Taldykorgan.

Material received on 01.12.13.

*Мақалада RFID жүйесін кітапхана ісіне енгізу ұсыныстары келтірілген. Энергияны транспондерден көшірмеге ауыстыру әдістері келтірілген.*

*This article provides recommendations for the implementation of RFID in library studies. Ways of supplying energy to the transponder reader are introduced.*

УДК 621.313

**Н. К. Дроздова, Д. А. Алигожина, А. Ж. Агибаева**

## **ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА РЕМОНТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА РАСХОД ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

*Зависимость качества ремонта электродвигателей от расхода электроэнергии.*

Работа электрооборудования на строительных площадках связана не только с его постепенным износом, но и с повреждениями которые возникают из-за длительного функционирования без ремонта, плохого эксплуатационного обслуживания, нарушения расчётных режимов работы, внешних воздействий [1].

Повреждения электрических машин делят на механические и электрические.

К механическим повреждениям относят: деформацию или поломку вала ротора, ослабление крепления сердечника статора к станине, образование глубоких выработок («дорожек») на поверхности контактных колец, ослабление опрессовки сердечника ротора, выплавку баббита в подшипниках скольжения, разрушение сепаратора, кольца или шарика в подшипниках качения и др.

Электрическими повреждениями является: обрыв проводников в обмотках статора или ротора, замыкания между ветками обмоток, нарушение контактов и разрушение соединений, выполненных пайкой или сваркой, снижение сопротивления изоляции вследствие её старения, разрушения или увлажнения и др. [1].

Неисправности и повреждения не всегда приводят к повышению электропотребления: они могут вызвать срабатывание защиты и отключение двигателя или практически сразу вывести его из строя [1].

Другие неисправности обуславливают увеличение электрического тока, потребляемого машиной из сети. Некоторые из них удаётся быстро обнаружить и, отключив двигатель сократить непроизводительный расход электрической энергии или предотвратить более серьёзную поломку.

Однако значительная часть неисправностей, приводящая к большому перерасходу электрической энергии, потребляемой из сети, носит скрытый характер и выявляется только после соответствующих испытаний или разборки двигателей [1].

Основным способом обеспечения длительной безаварийной работы асинхронных двигателей (АД) на строительных площадках является организация системы планово-предупредительного ремонта (ППР), которая включает мероприятия по планированию, подготовке и ведению ремонта, а также техническому обслуживанию электрических машин.

Техническое обслуживание (ТО) предусматривает уход за электрооборудованием, в данном случае за асинхронными двигателями, ведение их осмотров, контроль за соблюдением режимов работы, выполнение типовых инструкций заводов-изготовителей и местных, регламентирующих документов и эксплуатационных инструкций, устранение мелких неисправностей, не требующее отключения электросетей и оборудования, регулировку оборудования, его чистку, продувку и смазку. В задачи технического обслуживания входит быстрое, не требующее текущего ремонта восстановление работоспособности отключившегося оборудования.

Выполняется техническое обслуживание силами эксплуатационного персонала [1].

В объём технического обслуживания электрических машин входит:

- устранение незначительных неполадок; подтягивание контактов и креплений машин; смена щёток, регулировка защитных устройств; очистка наружных поверхностей машин, контактных колец, коллекторов и т.п. Эти мероприятия могут быть проведены во время перерывов в работе технологических установок;

- контроль за искрением на контактных кольцах или коллекторе, наличием смазки, температурой подшипников, обмоток и корпуса, величиной нагрузки, шумом при работе машины, неисправностью заземляющих устройств;

- повседневный надзор за соблюдением Правил технической эксплуатации оборудования и техники безопасности, отключение машин в аварийных ситуациях, предусмотренных Правилами;

- участие персонала, работающего на оборудовании в приёмосдаточных испытаниях, после монтажа, ремонта и наладки электрических машин [1].

Составление дефектной ведомости проводится перед началом ремонта. В дефектацию эл. двигателя входят:

- наружный осмотр - проверка состояния корпуса, крепёжных деталей, фланцев, выводных концов;
- проверка состояния обмоток;
- фиксация обмоточных данных статора и ротора;
- замеры пазов;
- проверка состояния подшипников;
- проверка состояния активной стали и её запрессовка;
- проверка состояния контактных колец.

Все данные о пригодности узлов и деталей двигателя для дальнейшей работы заносят в дефектную ведомость. (1)

Неудовлетворительное качество ремонта асинхронных двигателей приводит к ухудшению ряда эксплуатационных параметров и увеличению электропотребления.

Наиболее часто встречающимися причинами, обуславливающими это увеличение после некачественного ремонта, являются:

- уменьшение числа витков в фазе при сохранении неизменными сечения проводов фаз (при уменьшении числа витков на 10% ток холостого хода двигателя возрастает на 25%, а коэффициент мощности снижается на 6-8%);
- увеличение числа последовательно соединённых витков в фазе и уменьшение сечения фазы, при этом потребление реактивной мощности понижается, но при номинальной нагрузке двигателя нагрев и температура обмотки увеличиваются;

- чрезмерно большой воздушный зазор между ротором и статором при сильном износе подшипников ротор двигателя может задевать при вращении за статор;

- сдвиг в процессе ремонта пакета активной стали ротора при недостаточно плотной запрессовке её на валу.

Некачественный ремонт может стать также источником неисправностей, характерной особенностью которых является повышенное электропотребление. К таким неисправностям приводят:

- слабая посадка стержней в пазах ротора двигателя, в результате чего возникает вибрация, разрушающая стержни короткозамкнутой обмотки, что вызывает увеличение эл. тока, потребляемого двигателем из сети;
- неравномерное расположение лобовых частей обмотки ротора, приводящее к дисбалансу ротора и быстрому выходу из строя подшипников;
- выполнение механических работ после укладки обмотки, что может стать причиной повреждения изоляции;
- некачественная пайка, при которой наблюдается нагрев обмоток и выход их в дальнейшем из строя;
- устройство некачественной изоляции обмоток. Среди существующих типов изоляции, применяемых для ремонта эл. машин наиболее совершенной

является тепло и влагостойкая на кремний - органических лаках, а так же плёночная изоляция [1].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кононенко, В. В., Мишкович, В. И., Муханов, В. В., Планидин, В. Ф., Чеголин, П. М. Электротехника и электроника. – Ростов-на-Дону Феникс, 2008. – С. 778.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 28.06.13.

*Н. К. Дроздова, Д. А. Алигожина, А. Ж. Агибаева*

**Электрлік энергияның шығынына электрлік қозғалтқыштардың жөндеу сапасының әсері**

С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 28.06.13 редакцияға түсті.

*N. Drozdova, D. Aligozhina., A. Agibaeva*

**Influence of quality of electric motors repair on the electric power expense**

Pavlodar State University  
named after S. Toraigyrov, Pavlodar.  
Material received on 28.06.13.

*Электр қозғалтқышты тиімді жөндеу электр энергиясын жұмсауына тәуелді.*

*Dependence of quality of electric motors repair on an electric power expense.*

**Н. К. Дроздова, М. К. Семенова, Л. М. Беляева**

## **ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Преимущества электронагрева в сравнении с нагревами другими способами в строительстве.*

Электротехнологии – это процессы получения веществ, материалов, изделий или изменения их свойств, основанные на возникающих, при использовании электроэнергии, явлениях:

- преобразования электрической энергии в тепловую (электротермия, электросварка);
- переноса вещества электрическим током (электрохимия);
- воздействию электрических или электромагнитных полей на объект технологической обработки (электроокрашивание, электрофильтрация, электроэрозионные методы обработки материалов);
- облучение материалов потоками заряженных частиц, электромагнитная обработка жидкостей, металлов, бетонов и др. [1].

Электротермия – это электротехнологии, использующие процессы преобразования электрической энергии в тепловую [1].

В 1802 году В.В. Петров открыл электрическую дугу для использования электротермии для нагрева и плавки металла, а также электрического освещения.

Электротермические установки применяют в электротехнической, металлургической, химической, пищевой промышленности, машиностроении, сельском хозяйстве, строительстве и стройиндустрии, а также в быту [1].

Это обусловлено значительными преимуществами электронагрева по сравнению с нагревами другими способами:

- легкостью управления и регулирования процесса электронагрева по сравнению с нагревами другими способами;
- возможностью концентрации значительной электрической мощности в небольших объемах или на малых поверхностях объекта, что обеспечивает существенное ускорение процесса нагрева;
- избирательным, при необходимости, нагревом отдельных частей объекта и получении в нем требуемого распределения температур, что существенно расширяет технологические возможности метода электронагрева и обеспечивает значительную экономию электрической энергии;
- простотой автоматизации процесса нагрева и работы на автоматических линиях;

- возможностью герметизации оборудования, что позволяет вести нагрев в защитной среде или вакууме;
- экологической чистотой процесса нагрева;
- компактностью электрического оборудования, удобством его эксплуатации, улучшенными условиями труда для обслуживающего персонала [1].

Основное оборудование классифицируют по способу преобразования электрической энергии в тепловую:

- резисторный нагрев;
  - нагрев электрической дугой;
  - индукционный нагрев;
  - нагрев ускоренным и сфокусированным электронным лучом [1].
- В строительстве электротермические установки применяются для:
- электротермообработки бетона;
  - электропрогрева кирпичной кладки;
  - электроттаивания замерзшего грунта;
  - электронагрева замерзших трубопроводов;
  - сушки строительных материалов и помещений с повышенной влажностью;
  - электросварки [1].

Электротермообработка бетона применяется с целью ускорения его твердения и быстрого достижения конструкциями и изделиями заданной прочности [1].

В зимних условиях, при возведении монолитных конструкций, методы электротермообработки предотвращают преждевременное замерзание бетона и при этом обеспечивают его интенсивное твердение при отрицательной температуре [1].

При бетонировании в летнее время в районах с сухим и жарким климатом электротермообработка позволяет сократить время ухода за бетоном и исключить преждевременное его обезвоживание, которое имеет место при изготовлении конструкций без термообработки [1].

Применение методов электротермообработки бетона позволяет сократить время выдержки их в формах, повысить культуру производства, автоматизировать производственные процессы, повысить производительность труда.

Наиболее эффективные методы электротермообработки:

- 1) электродный прогрев;
- 2) нагрев в электромагнитном поле;
- 3) обогрев различными нагревательными устройствами [1].

Электрооттаивание может производиться методами непосредственного (с помощью электродов) и косвенного нагрева. При электродном методе электроды в виде стальных стержней или труб забивают в грунт через

равные расстояния. При глубине промерзания до 1 м электроды забивают до незамерзшего грунта, который и обеспечивает начальную электропроводность (мерзлый грунт не проводит электрический ток) [1].

При больших глубинах промерзания электроды забивают постепенно, а начальную электропроводность обеспечивает слой опилок, смоченных раствором поваренной соли [1].

Для глубинного электрооттаивания грунта при установке свай, используют специальные глубинные электроды [1].

Отогрев замерзших трубопроводов в процессе производства ремонтно-строительных работ эффективно выполняется электрическим током. В качестве источника тока применяют сварочные трансформаторы типа СТЭ разных мощностей с первичным напряжением 380/220 В и пределами регулирования тока 150-500 А, при вторичном напряжении холостого хода 60 В, что удовлетворяет требованиям электробезопасности.

Этот метод характеризуется значительными затратами энергии и времени [1].

Для сушки древесины на заводах стройиндустрии используются электроустановки, основным элементом которых являются генераторы высокой частоты (ГВЧ). Вырабатываемое ими напряжение частотой 5-300 МГц подается на электроды обкладки конденсатора, являющиеся частью высокочастотного контура [1].

Изготавливаются электроды трех видов:

- сетчатые горизонтальные, укладываемые между рядами штабелей лесоматериалов;
- сетчатые вертикальные, между которыми помещаются штабели;
- дренажные, обшитые хлопчатобумажной тканью, в которой сохраняется влага древесины при сушке твердых пород [1].

Они размещаются в сушильных камерах, оборудованных системой приточно-вытяжной вентиляции, так как нагревательный материал является диэлектриком (в нашем случае дерево), диэлектрический нагрев происходит за счет наведения токов смещения и токов проводимости [1].

Установление диэлектрического нагрева используются для тепловой обработки полупроводников и диэлектриков (сушки волокнистых материалов, лакокрасочных поверхностей, пайки и сварки пластиков, вспенивания полистирола, отверждения изделий из стеклопластиков и т.д.) [1].

Осушить помещения или сооружения с повышенной влажностью необходимо использовать заводской или смонтированный на месте передвижной электрокалорифер, смонтированный в блоке с электровентилятором.

Процессы сварки протекают с нагревом соединяемых поверхностей до температуры плавления или температуры пластического состояния [1].

Дуговая сварка может производиться на переменном и постоянном токах. В качестве источника переменного тока используют сварочные трансформаторы. Источники питания для дуговой сварки на постоянном токе делятся на сварочные преобразователи, сварочные агрегаты и выпрямители [1].

Для повышения безопасности работ при дуговой сварке применяют устройства снижения напряжения холостого хода сварочных трансформаторов [1].

Контактная сварка или сварка под давлением нашла широкое применение на предприятиях стройиндустрии при сварке арматуры металлических конструкций.

Нагрев свариваемых деталей производится за счет теплоты, выделяемой током вместе их соприкосновения, где сопротивление является наибольшим. При больших токах интенсивность выделения теплоты настолько велика, что температура в месте контакта оказывается значительно выше, чем в близлежащих слоях металла, что приводит к местному расплавлению металла. Если после такого нагрева произвести сжатие с одновременным размыканием цепи и прекращением тока, то детали сварятся по всей площади контакта [1].

Контактная сварка производится аппаратами, получающими питание от специальных трансформаторов с первичным напряжением 220 - 380 В и вторичным напряжением 0.5 – 15В [1].

Для контактной сварки требуются большие токи (до 320 кА) и давление (5-30МПа) [1].

Регулирование тока в машинах контактной сварки производится переключением числа витков первичных обмоток трансформатора, т.е. изменением коэффициента трансформации [1]

В отечественной практике наибольшее распространение получили сварочные аппараты АСП, МС, МТ, МТП, К, МСО и другие [1].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кононенко, В. В., Мишкович, В. И., Планидин, В. Ф., Чеголин, П. М. Электротехника и электроника. – Ростов-на-Дону, Феникс, 2008. – С. 778

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 28.06.13.

*Н. К. Дроздова, М. К. Семенова, Л. М. Беляева*

**Қауіпсіздік талаптарды ескере отырып құрылыстағы электрлік технологиялар**

С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 28.06.13 редакцияға түсті.

*N. Drozdova, M. Semenova, L. Belyaeva*

### Electrotechnologies in construction taking into account safety requirements

Pavlodar State University  
named after S. Toraigyrov, Pavlodar.  
Material received on 28.06.13.

*Құрылыста электрлік жылытуды басқа жылыту құралдарымен салыстыру қарастырылған.*

*Advantages of electroheating in comparison with heatings by other ways in construction.*

ӨОЖ 621.316.925

**Ж. Ж. Дүйсенова, В. С. Копырин, В. П. Марковский**

### «КЕРНЕУДІҢ ТИРИСТОРЛЫ ТҮРЛЕНДІРГІШ – ЖҮКТЕМЕ» ЖҮЙЕНІ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫ ҚОРҒАУ

*Автор осы мақалада «Кернеудің тиристорлы түрлендіргіш – жүктеме» үш фазалық жүйесінің дифференциалдық қорғаудың әзірленуіне және зерттелуіне талдау жасайды.*

Кернеудің тиристорлы түрлендіргіштері (КТТ) барлық салаларында кең қолданыс тапты, сонымен бірге қолдану аясы үнемі кеңейеді [1-3]. Осы түрлендіргіштің ұтымды жақтары мыналар: жақсы реттеу мінездемесі; жоғары энергетикалық көрсеткіштері; теңестіру трансформаторлары және реакторлардың жоқтығы; түрленгішті жөндеуге жібергенде, жүктемені (Ж) желіге тікелей қосып жұмыс істеу мүмкіндігі; кішкентай габариттері және салмағы; төмен бағасы; пайдаланудағы қарапайымдылық пен сенімділігі. Қолданысты бір фазалықпен қатар, үш фазалық КТТ-тер де алды. VS1+VS6 6 тиристорда орындалған үш фазалық «КТТ-Ж» жүйесі 1 суретте көрсетілген.

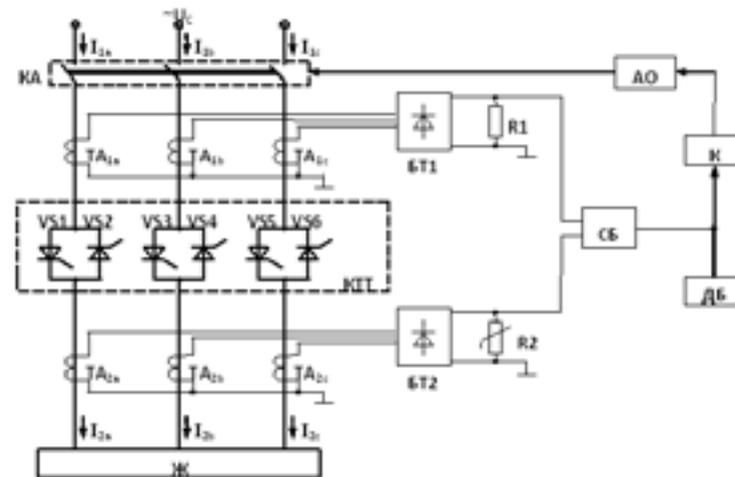
КТТ кең қолдану жағдайлары: айнымалы токтың қозғалтқыштарының (асинхронды және синхронды) баяу іске қосу түрленгіштері; кедергілі электр пештерінің ток көзі; электрмен қамтамасыз ету құрылғысы және

электр жарықтандыруының басқаруы; дәнекерлік қондырғы және контактісіз контакторлары үшін түрлендіргіштері.

«КТТ-Ж» жүйесін әзірлегенде, жобалағанда және пайдаланғанда оның қорғаныс құрылғысына үлкен көңіл бөлінеді [4]. Бұл күшті жартылай өткізгішті аспаптардың (тиристорлардың, диодтардың, транзисторлардың) ерекшеліктерімен және осы жүйелердің сенімділігіне жоғары талаптарымен түсіндіріледі. Сондықтан барлық әзірленетін және қолданылатын «КТТ-Ж» жүйелері, ережеге сай, артық токтан және шектен шыққан кернеуден сақтайтын бірнеше бір функционалды құрылғыны енгізеді [4].

«КТТ-Ж» жүйе үшін комплексті (көп функционалды) қорғаныс, оған ең алдымен жататын дифференциалды қорғанысты (ДҚ) әзірлеу перспективті болып саналады. «КТТ-Ж» жүйелер үшін ДҚ-ның мұндай қолдану тәсілі басқарылатын және басқарылмайтын жартылай өткізгішті түзеткіштер үшін ДҚ-ның табысты құрастыруына және қолдануына негізделеді [4-7].

«КТТ-Ж» үш фазалық жүйені ДҚ негізгі сұлбасы 1 суретте келтірілген. Ж жүктеме негізінде айнымалы ток қозғалтқышы, кедергі электрлі пеші, топтық электрлі жарығы және электр энергиясының басқа үш фазалық қабылдағыштары қарастырылады. КТН-нің кіріс және шығысындағы ток көрсеткіштері 1000 В-қа дейін және жоғары кернеуде КТТ және Ж үшін ДҚ қолдануға мүмкіндік беретін өлшегіш ток трансформаторлары болып саналады.



1 сурет – «КТТ – Ж» жүйені дифференциалды қорғау

КТТ – үш фазалық кернеудің тиристорлы түрлендіргіші; Ж – жүктеме;  
КА – үш фазалық коммутациялық аппарат;  $TA_{1a}$ ,  $TA_{1b}$ ,  $TA_{1c}$  және  $TA_{2a}$ ,  $TA_{2b}$ ,  $TA_{2c}$  – КТТ-нің кіріс және шығысындағы фазасындағы ток

көрсеткіштері; БТ1, БТ2 – үш фазалық басқарылмайтын түзеткіштер;  
СБ – тоқты салыстыру блогы; К – компаратор; ДБ – диагностика блогы;

АО – атқарушы орган

«Кернеудің тиристорлы түрлендіргіш – жүктеме» жүйені дифференциалды қорғау түрленгіштің және жүктеменің қалыпты тәртіп жұмысына бөгет кіргізбейді, келесі апат тәртіптері пайда болғанда жұмыс істейді:

– КТТ ішінде бір фазалық, екі фазалық, үш фазалық қысқа тұйықталғанда;

– жүктеменің кірісінде және ішінде бір фазалық, екі фазалық, үш фазалық қысқа тұйықталғанда;

– жүктеме мөлшері қалыпты жағдайдан асканда («КТТ-Ж» жүйесінде жүктеме артқанда).

«КТТ-Ж» жүйесінің қалыпты тәртіп жұмысында (бос жүрістен бастап қалыпты жүктемеге дейін) КТТ-ның кірісі мен шығысында фазалық токтар

тең:  $I_{1a} = I_{2a}$ ;  $I_{1b} = I_{2b}$ ;  $I_{1c} = I_{2c}$ . Сонымен бірге алғашқы бөліктің вольт-амперлік мінездемесі және сызықтық R1 резисторы сызықтық емес R2 резисторы сызықты және ұқсас. Сондықтан салыстыру блогының СБ кіріс токтары тең, ал оның шығысында ток нөлге тең. Демек К компараторы және АО атқарушы органы бастапқы жағдайда орналасады, ал КА коммутациялық аппараты қосылған.

КТТ-тағы ішкі тұйықталуда кіріс және шығыс фазалық токтардың, соған сәйкес СБ-тың кіріс токтардың тепе теңдігі бұзылады. Нәтижесінде ДҚ іске қосылады, және КА аппараты желіден «КТТ-Ж» жүйесін ажыратады. ДБ диагностика блогы апаттық тәртіптің бар болуын тіркейді.

Жүктемеде немесе КТТ мен Ж-нің арасында қысқа тұйықталуда, және де «КТТ-Ж» жүйесінің шамадан тыс жүктеуде ДҚ сызықтық R1 резисторы және сызықтық емес R2 резистордың вольт-амперлік мінездемесінің екінші бөліктеріндегі сәйкес келмегендіктен ұқсас жұмыс істейді (ток қалыптыдан артқанда).

R2 резистордың сызықтық емес бөлігін дұрыс жобалау «КТТ-Ж» жүйесінің қысқа мерзімді шамадан тыс жүктеуінде және айнымалы ток қозғалтқыштарды іске қосқанда ДҚ-дың іске қосылмауына мүмкіндік береді.

«КТТ-Ж» бір фазалық және үш фазалық жүйесінің дифференциалды қорғаудың әзірленуі және зерттелуі С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінде жүргізіледі.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Справочник электроэнергетика предприятий цветной металлургии / Под ред. М. Я. Басальгина, В. С. Копырина. – М. : Металлургия, 1991.

2 Применение тиристорных преобразователей напряжения для электропривода, электротехнологии и освещения на предприятиях

цветной металлургии / В. С. Копырин, Е. Г. Бородацкий, А. А. Ткачук, В. В. Бородацкая // Материалы науч.-техн. конф. «Наука и новые технологии в энергетике». - Павлодар : ПГУ им. С. Торайғырова, 2002.

3 Тиристорный преобразователь для плавного пуска высоковольтных асинхронных двигателей / А. А. Ткачук, В. К. Криволяз, В. С. Копырин, А. Ю. Силуков. Силовая электроника. 2007. № 1.

4 Глух, Е. М., Зеленов, В. Е. Защита полупроводниковых преобразователей. - М. : Энергоиздат, 1982.

5 А.С. № 1319154 (СССР). Устройство для дифференциальной защиты преобразовательной установки / В. С. Копырин. Б. И. 1987. № 23.

6 Патент № 4361. Республика Казахстан. Устройство для дифференциальной защиты преобразователя / В. С. Копырин, В. П. Марковский. Бюл. № 1. 1997.

С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 24.12.13 редакцияға түсті.

*Ж. Ж. Дюсенова, В. С. Копырин, В. П. Марковский*  
**Дифференциальная защита системы «Тиристорный преобразователь напряжения - нагрузка»**

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайғырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 24.12.13.

*Zh. Zh. Dusenova, V. S. Kopyrin, V. P. Markovsky*  
**Differential protection of «Thyristor converter of voltage - load» system**  
S. Toraigyrov Pavlodar State University, Pavlodar  
Material received on 24.12.13.

*В настоящей статье автор анализирует разработку и исследование дифференциальной защиты трехфазной системы «Тиристорный преобразователь напряжение - нагрузка».*

*In this article, the author analyzes the development and study of differential protection of three-phase «Thyristor converter voltage - load» system.*

**Н. Б. Ермуханова, А. А. Ташимова, С. Т. Абдрахманов**

### **ТОПЫРАҚТАҒЫ АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ ЖЫЛЖЫМАЛЫЛЫҒЫНА АРАЛ ӨҢІРІ БОЙЫНША ЖҮРГІЗІЛГЕН ЗЕРТТЕУЛЕРДІ ТАЛДАУ**

*Арал өңірі бойынша қоршаған орта нысандарының топырағындағы ксенобиотиктерге зерттеулер жүргізілген. Анықталған ауыр металдардың жылжымалылық қасиеттерінің деңгейі әр түрлі болғандықтан, олардың миграциялануы кезінде уыттылығының деңгейі де әр түрлі болады. Топырақтағы қышқылдықтың артуы, олардың жылжымалылығын жоғарлатады. Зерттеулер көрсеткендей, олар топырақта шекті мөлшерден жоғары болғанда тірі ағзаларға жылжу қабілетіне ие. Топырақтың ауыр металдармен күшті зақымдалуы автожолдарға жақын жерлерде, әсіресе қорғасын, сондай-ақ кадмий және мырыш көп анықталады. Анықталған қорғасын әсіресе жол бойынан 100 метрге дейінгі және одан да алысырақ ендікке таралуы мүмкін. Облыс деңгейінде ірі мұнай өндіретін Құмкөл кен орнында да осыған байланысты экологиялық мониторингтер жүргізілуде. Соған қарамастан, өнеркәсіптік және экологиялық қауіпсіздіктің сақталмауынан төтенше жағдайға әкеп соғуы ықтимал.*

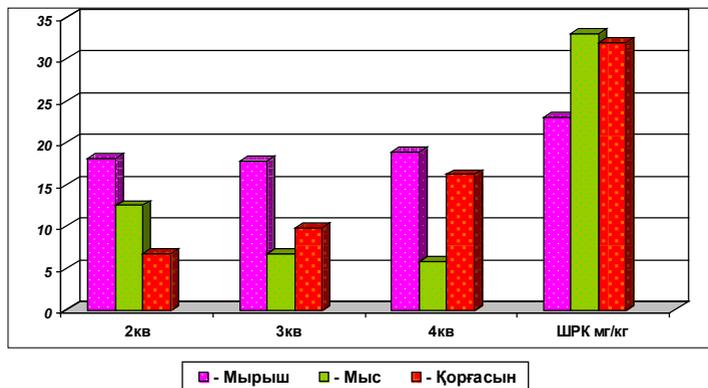
Топырақ қабатына ауыр металдар көбіне атмосферадағы шаң-тозаң, жауын-шашын арқылы келеді. Жауын-шашын арқылы қорғасын, кадмий, мышық, сынап, хром, никель, мырыш және тағы басқа элементтер түседі.

Металдар топырақта оңай жиналады, бірақ оларды жою өте қиын. Топырақты ластайтын аймақтағы мұнай кен орындарындағы негізгі заттарға: мұнай, газ, мұнай суы араласқан қабат сұйықтары, мұнай қабаттарының газды қақпағы; мұнай қабатының сыртындағы сулар; қабат сұйығы мен мұнайды айыру кезінде пайда болатын мұнай, газ және ағын сулар; жер асты сулары; бұрғылау сұйықтары және мұнай өнімдері жатады. Бұл заттар қоршаған ортаға технологияның бұзылуынан, әртүрлі апаттар әсерінен және т.б. болады. Арал өңірінің климатына, өсімдік жамылғысына, гидро-геологиясы мен гидрологиясына тән әр түрлі топырақ түрлері болғанымен, олардың ортақ белгілері карбонаты көп, макроқұрылымы жоқ, суға төзімді, тұзы көптеу, микробиологиялық процестер тым күшті болып келеді. Сырдария өзенінің төменгі ағысында коллекторлы судың түсуі нәтижесінде жинақталған улы қосылыстардың құрамы күрт жоғарылауынан,

өзенінің жағасындағы топырақтың құрамы да өзгергендігі анықталған. 2010-2011 жылғы Сырдария өзенінің жағасынан алынған топырақтың құрамында бензопиреннің канцерогенді көпциклды көмірсутектің мөлшері 42,1-47,9 мг/кг, ал оның судағы мөлшері 0,014-0,015 мкг-кг, яғни ШРК шамамен 3 еседей жоғары болған [7,8].

Топырақтағы ауыр металдардың жылжымалылығы топырақ ортасына байланысты. Қышқылды ылғалды топырақ ортасында Pb, Cr, Ni, Co, Cu, Zn, Cd, Hg - металдары тірі ағзаларға жылжу қабілетіне ие. Нейтралдық ортадағы топырақтағы жылжымалы қосылыстарға Zn, V, As, Se және гумуста кідірісте болған Cd мен Hg жатады. Ортаның өзгеруіне қарай кейбір металдардың жылжымалылық қасиеттері өзгереді. Топырақ ертіндісіндегі Cd<sup>2+</sup> болымсыз (<10мкг/л) мөлшері топырақтың органикалық кешендерімен байланысады, әрі хлорид пен сульфат лигандарын CdCl<sub>3</sub>, CdCl<sub>4</sub>, CdSO<sub>4</sub> түзеді. Бірақ бұл теріс байланыстағы қосылыс Cd<sup>2+</sup> болғандықтан, топырақта ұзақ болмайды, сирек кездеседі. Кадмий топыраққа негізінен ауылшаруашылығында фосфор тыңайтқыштарын көп мөлшерде пайдаланғанда, жылу электр станциялары жұмыс істегенде, пайдалы кен байлықтарды балқыту кезінде таралып, топырақтың беткі қабатында жинақталады [2,3,4,5,6].

Топырақты зақымдаушы кей ауыр металдар көбінесе автотрассаларда және өнеркәсіп орындарының маңында анықталады. Олар қорғасын, мырыш, кадмий. Әсіресе жол бойынан 100 метрге дейінгі топырақ қорғасынмен зақымданады. Қорғасынмен зақымданған топырақта еріген фосфат болса сілтілі немесе нейтралды реакцияда гидроксид түзіледі, ол Pb(OH)<sub>2</sub> біртіндеп Pb<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> – көшеді немесе одан да күрделі суда нашар еритін фосфат, плюмбогуммит PbAl<sub>3</sub>N(OH)<sub>6</sub>{PO<sub>4</sub>}<sub>2</sub> түзеді. Бұл қосылыс топырақ ертіндісіндегі қорғасынның деңгейін нейтралдық ортаға жақын 10<sup>-6</sup> моль/л деңгейіне жуық екендігін көрсетеді. Топырақтағы қорғасын қосылыстарына CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, OH<sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, аниондары үлкен әсерін тигізеді. Облыс аймағындағы Құмкөл кен орны мұнай және газ өндірумен айналысатын ірі компания болғанымен, барлық салалар бойынша мониторингтер жасалып, экологиялық қауіпсіздікті сақтау жолға қойылған. Дегенмен өнеркәсіп қауіпсіздігі сақталмауынан мұнай төгілу немесе құбырлардың жарылуы т.б. жағдайларда топырақтың төтенше қауіпті зақымдалуы пайда болып, төтенше жағдайға әкеп соқтыруы мүмкін. Себебі солтүстік-батыс аймақтағы ағынды сулардың құрамынан ауыр металдармен бірге мұнай көмірсутектері де анықталған [7,8].



1 сурет – 2012 жылғы Құмкөл кен орны КАМ станцияларындағы топырақ жамылғысы құрамындағы ауыр металдар көрсеткіштері.

Топырақты ластаушы ауыр металдар ішінде мырыштың мөлшері анықталды. Zn 11,42– 24,08 мг/кг. «ПҚҚР» АҚ қарасты Қызылқия, Ащысай, Майбұлақ кен орындарымен Акшабұлақ кен орындарында соңғы зерттеулерде мырыш, қорғасын, кадмийдің мөлшерлі концентрациясы аздаған мөлшерде көтерілетіндігі анықталған. Жалпы алғанда мұнай өндіруші бұл өнеркәсіптерде топырақтағы мұнай өнімдері мен ауыр металдар көрсеткіштері шекті рауалы мөлшерлі нормадан асқан жоқ. Бірақ топырақтың химиялық зақымдалу көрсеткіштерінің ауыр металмен зақымдалу индексі кадмий бойынша болымсыз орташа зақымдалған болып саналады. Ал қалған металл көрсеткіштері одан төмен. Металдар топырақта оңай жиналады, бірақ оларды жою өте қиын: мырышты топырақтан жартылай жою кезеңі 70–510 жылға дейін, қорғасындікі 740–5900 жыл, кадмий 13–110жыл, мыс 310–1500 жыл. Топырақтың бетіне ауыр металдардың 80–90% тотықтар түрінде өтеді. Оларға: PbO<sub>2</sub>, CuO, ZnO т.б. Атмосфералық жауын-шашынмен бірге CO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, SO<sub>3</sub>, HCl<sub>2</sub>, HF миграцияланып топыраққа өтеді. Топырақтағы ауыр металдар органикалық қосылыстармен де кешенді күрделі қосылыстарға түседі. Топырақтағы гумуспен байланысып, гуматтар түссе, гумустық заттар фульва қышқылымен байланысып, ауыр металдардың фульваттарын түзеді. Ауыр металдар топыраққа әр түрлі ортада сіңіріле алады. Қышқылды ортада қорғасын мен мырыш, сілтілі ортада кадмий мен кобальт сіңірілетіні анықталған [4,5,6,7,8]. Соңғы екі жылда мұнай өнімдерімен зақымдалған топырақтың 85 м<sup>2</sup> жері мұнай мен төгілген қышқылдардан тазартылып, рекультивацияланды. 2012 жылдың 1-жартысында берілген есеп бойынша (124 га + 0,0085 га) 124,0085 га ластанған және зақымдалған жер рекультивацияланған [8].

1 кесте – Арал өңіріндегі топырақтың зақымдалу көрсеткіштері

Көр Көрсеткіштері	2011жылдың 1-жартысында, га	2012жылдың 1-жартысында, га
Мұнай өнімдерімен зақымдалған	0,54	0,0085
Құрылыс салу кезінде бұзылған жер	229,0	190,05
Рекультивацияланған жер	116,29	124,7585

2-кестеде көрсеткіштер бойынша соңғы жылдардағы жерді тиімді пайдалануға бақылауды күшейтуге байланысты зақымдану 38,95 га, жерге азайған, ал рекультивацияланған жер көлемі 8,46 га, немесе 17,0% 7,3 % -дан 17,0% жеткен.

Топырақта токсиканттар көбірек жиналған сайын мұнда өсетін өсімдердің бойында аккумуляцияланады, ал өз кезегінде бұл өсімдіктермен жануарлар қоректенеді. Өсімдіктің микроэлементтерді жинақтау, оның ішінде ауыр металдарды жинақтауында «топырақ-өсімдік-жануар-адам» тізбегінің аралық қатарларын құрайды. Өсімдіктің химиялық құрамы топырақтың құрамына байланысты қажетті микроэлементтерін топырақтан сіңіріп отырады. Топырақтан оны сіңіру арқылы өсімдік өзінің физиологиялық, биохимиялық қажеттілігін қанағаттандырады. Топырақты түзуге қатысатын немесе өсімдікке сіңірілетін ауыр металдардың транслокациялық қабілеті топырақтың агрохимиялық, физико-химиялық қасиеттеріне әсерін тигізеді. Олар топырақта аз өзгертін, жинақталған, еріген, сіңіруге дайын түрде де болады. Транслокациялық қабілетін анықтау арқылы «топырақ-өсімдік» жүйесіндегі өсімдіктің биологиялық ерекшеліктері мен топырақтың ауыр металдармен зақымдануының деңгейлерін анықтауға болады. Әрине «топырақ-өсімдік» жүйесінде ауыр металдардың миграциясы барлық уақытта қауіпті бола бермейді. Кейбір өсімдіктердің адсорбциялық қасиеті болса, ал екінші бір өсімдіктер тіпті басқаша керісінше уыттылығын жоғарылатуы да мүмкін. Топырақтағы ауыр металдардың токсиканттығы ережеге сәйкес қышқыл, сілтілі және сирек нейтральді топырақтарда байқалады. Ал металдардың өсімдіктерге сіңірілуі де осы ережеге сәйкес келеді. Топырақтағы қышқылдықтың артуы олардың жылжымалылығын жоғарылатады. Мысалы: мырыш топыраққа түсу формуласы ZnO болса, қышқылдығы Рн<7,7 тең болғанда оның иондық формуласы [Zn(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup> гексааква-ион деп аталып, ал Рн>9,1 тең болғанда (ZnOH)<sub>2</sub> немесе [(ZnOH)<sub>2</sub>]<sup>2-</sup> деп белгіленеді.

Ғылыми әдебиеттер мәліметтерінде топырақтың әр түрлі токсиканттармен зақымдалуына өсімдіктің тұрақтылығы - *фитотоксикантты эффект (ФЭ)* өсімдіктің бақылауға алынған биомассасының үлесімен сипатталады:

$$ФЭ = [(P_0 - P_x) : P_0] \times 100\%, \quad (1)$$

Мұнда P<sub>0</sub> – «таза» және P<sub>x</sub> – зақымдалған топырақтағы өсімдікке қатысты салмағы(г),

ФЭ - өсімдіктің бақылауға алынған биомассасындағы ауыр металдардың теріс көрсеткіші анықталады. *Токсикаттардың транслокациялық қосылыстары* өсімдік массасындағы металдардың іздерімен, Удовенко бойынша (ФТ) фитотоксиндігімен бағаланады. Өсімдікке топырақ арқылы енген ФТ биомассасының азаюын мына формуламен өрнектейді:

$$ФТ = [(P_0 - P_x) - C_0 : P_0 - C_x] \quad (2)$$

$C_0$  – үлгі бақылаудағы және  $C_x$  – зақымдалған өсімдіктегі токсикант концентрациясы (мг/кг);

$P_0$  – үлгі бақылаудағы және  $P_x$  – металмен зақымдалған өсімдіктегі токсиканттың құрғақ массасы (г).

(ЭД<sub>50</sub>) – Ауыр металдардың әсеріне өсімдіктердің тұрақтылығын бағалау критерийі - әсерлі доза (ЭД<sub>50</sub>). Ол қорғасын үшін 12,2мг/кг, ал кадмий үшін 3,5 мк/кг [1,2,3,4]. Басқа қоспасыз тек белсендірілген топырақта миграциялық қабілеті төмендеп, Pb өсімдіктің өнімділігіне тікелей әсер етіп, Pb -12 мг/кг, уыттылық коэффициенті - 0,33-ке көтеріледі. Яғни қорғасынның адсорбциялық қабілеті кадмиға қарағанда жоғары, сондықтан ол иондармен қоспада, өз иондары есебінен де сейіліп, өсімдікке әсері азаяды.

2 кесте - Топырақ-өсімдік қоспасындағы қорғасынның (қорғасын-52 мг/кг) миграциялық қабілеттілігі

Топырақ қоспасындағы қорғасын	Өсімдік масса сы, г	Өсімдік-тегі Pb-мг/кг	ФЭ %	Токсикалық коэффициенті (КТ)	Биологиялық сіңіру коэффициенті	Әсерлі доза (ЭД <sub>50</sub> ) мг/кг
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	4,7	3	47	0,13	0,00013	4
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> +Cd(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	4,3	4,2	45	0,17	0,00069	2
Pb+ топырақ қосп.	3,6	12	42	0,33	0,014	12,2

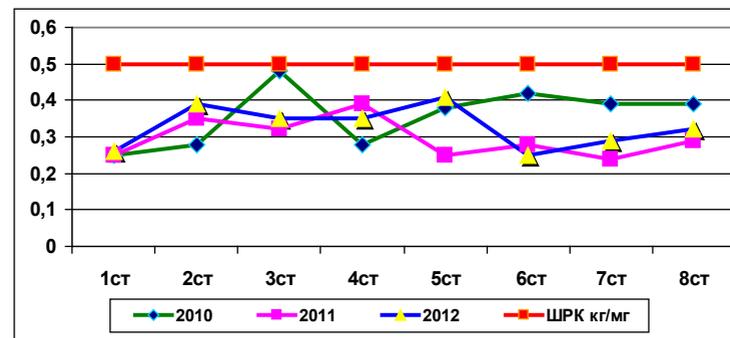
2-кестеде қорғасынның миграциялық қабілеті басқа металдармен қосылыстарда үлкейетіндігін көрсетеді. Ол жылжымалы түрге айналып, өсімдіктің бойында жан-жақты таралып, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>+Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> қосылыстарында қорғасынның өсімдіктегі мөлшері 3 - 4,2 мг/кг, уыттылық коэффициенті 0,13 - 0,17, өсімдікке әсерлі дозасы 4-2 мг/кг болады.

3 кесте - Топырақ-өсімдік қоспасындағы кадмийдің (кадмий-2,5мг/кг) миграциялық қабілеттілігі

Топырақ қоспасындағы кадмий	Өсімдік Масса сы г	Өсімдік-тегі Pb-мг/кг	ФЭ %	Токсикалық коэффициенті (КТ)	Биологиялық сіңіру коэффициенті	Әсерлі доза (ЭД <sub>50</sub> ) мг/кг
Cd(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	4	10,3	48	0,025	0,00015	11
Cd(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> +Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2,3	3,1	70	0,14	0,0057	1,3
Cd + топырақ қосп.	9	0,65	-60	-0,29	0,005	3,5

3 – кестеде көрсетілгендей кадмийдің миграциялық қабілеті топырақ қоспасының барлық деңгейінде кадмийдің төмендеуіне әсер етеді [4,5,6,7,8]. Кадмийдің нитрат және қорғасын қосылыстарымен (Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>+Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) ластанғандағы фитотоксиндігі үлкен - 10,5-3,1 мг/кг. Бірақ өсімдік бойындағы биогендік элементтер мен микроэлементтер онымен қосылыс жасап, өнімділік процесіне қатысады. Әрі кадмийдің әсерінің азаюы биологиялық сіңіру коэффициентіне (0,00015- 0,0057) де тәуелді. Әсерлі доза(ЭД<sub>50</sub>) топырақ қоспасында - 3,5 мг/кг, ең жоғарысы - Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> сәйкес келеді

Зерттеулер көрсеткендей, мұнайлы-көмірсутекті аймақ топырақтарына сіңген кадмий өсімдікке миграциялану сіңу қабілеттілігі жоғары. 2010-2011 жылдары «ПҚҚР» АҚК келісімшарт территория-сындағы (2-сурет) вегетациялық кезеңдегі топырақ-өсімдік құрамындағы сынамаға алынған ебелек және күрделі гүлділер тұқымдасына жататын өсімдіктердің сазды-сортаң және сортаң жерде өсетін түрлерінде кадмийдің концентрациясы жоғары. Топырақта кадмий 0,5 мг/кг-нан 0,09 мг/кг (ШРК - 0,5) аралығында болса, ал үлгіге алынған өсімдік түрлерінде 0,1мг/кг - 0,05 мг/кг аралығында болған.



2 сурет – 2010- 2012 жылғы Құмкөл кен орны станцияларындағы топырақ-өсімдік жамылғысы құрамындағы кадмийдің көрсеткіштері.

«Топырақпен - өсімдік» жүйесінде ластаушы зат салмағына қарай белгілі бір концентрацияда ауытқу байқалады. 2011жылғы ОА топырағына (Шиелі) жүргізген зерттеуде топырақтағы мырыш деңгейі 12,65мг/кг-15,2 (ШРК- 23,0), мыс-23,8 -26,2 мг/кг(33,0), кадмий - 0,6 - 0,8мг/кг (ШРК- 0,5), қорғасын-4,41-14,5 мг/кг (ШРК-32,0), сынап-0,5-0,11 (ШРК-0,1) мг/кг, көмірсутек құрамы 0,30 мг/кг, ол өсімдіктерде 0,14 мкг/г аралығынан ауытқып отырды. Өсімдік бойына сіңірілген ауыр металдар біркелкі таралмайды. Көбіне мыс пен мырыш тамырда, ал кадмий жапырақта шоғырланады [1,4,8].

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 **Садовникова, Л. К.** Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении / Садовникова Л. К., Орлов Д. С., Лозановская И. Н. – М. : Высш. школа, -2006. –336с. – ISBN 5-06-005558-2.

2 **Перязева, Е. Г.** Миграция тяжелых металлов в окружающей среде/ Е. Г. Перязева, А. М. Плюснин, В. И. Гунин // Журнал экология и промышленность России. октябрь 2001. – С.29-31.- ISSN 1816-0395.

3 Миграция тяжелых металлов в системе «почва-растение»./Л. В. Шведова, Т. А. Чеснокова, А. В. Невский // Журнал инженерная экология. - 2004. № 6. – С.46-53. - ISSN 0204-3483.

4 **Шведова, Л. В.** Миграция кадмия и свинца в растения /Л. В. Шведова, А. П. Куприяновская, А. В. Невский //Журнал экология и промышленность России, октябрь 2004. – С. 28-31. - ISSN 1816-0395.

5 **Диаров, М. Л.** Состояние загрязнений почвы тяжелыми металлами на нефтепромыслах НГДУ Жайкнефть / М. Л. Диаров, Е. Г. Гиладжов, А. К. Шапакова, Г. Е. Ким, Т. Ж. Ергалиев // Журнал инженерная экология, 2004. - № 6 - С.24-26. -ISSN 204-3483.

6 **Берденқұлова, А. Ж.** Арал өңірінің түрлі су көздері мен топырақтың ластану деңгейі және оның аймақ тұрғындарының тиреоидты жүйесінің функциялық белсенділігімен түйісуі: автореф.дисс.канд.биол.наук: 03.00.16 / Берденқұлова А. Ж. - Алматы, 2008. – 23 б.

7 ОТЧЕТ о результатах работ по мониторингу окружающей среды и здоровья населения Приаралья за 2008 – 2011гг./ – Кызылорда: Центр экологического мониторинга окружающей среды. - 2012. – С.2-35.

8 Информационно – аналитический отчет по контрольной и правоприменительной деятельности Арало-Сырдарьинского департамента экологии за 2011 год/ Мин.охрана окружающей среды РК ;рук.Ногаев Ш.Н. – Кызылорда. – 2011. – 161 б.

Қорқыт Ата атындағы  
Қызылорда мемлекеттік университеті, Қызылорда қ.  
Материал 31.05.13 редакцияға түсті.

*Н. Б. Ермуханова., А. А. Ташимова., С. Т. Абдрахманов*

**Анализ проведенных исследований на подвижность тяжелых металлов в почве Аральского региона**

Кызылординский государственный университет  
имени Коркыт Ата, г. Кызылорда.  
Материал поступил в редакцию 31.05.13.

*N. B. Yermuhanova, A. A. Tashimova, S. T. Abdrakhmanov*

**The analysis of the research on heavy metals mobility in soils of the Aral region.**

Korkyt Ata Kyzylorda State University, Kyzylorda.  
Material received on 31.05.13.

*В Аральском регионе проводились исследования ксенобиотиков в почве объектов окружающей среды. Уровень токсичности тяжелых металлов во время миграции бывает разным, так как свойства их миграции различные и скорость также зависит от условий почвенной среды. Повышенная кислотность почвы увеличивает скорость миграции тяжелых металлов. Сильное загрязнение тяжелыми металлами обнаружено вблизи автострад, особенно свинцом, а также цинком, кадмием. Ширина придорожных аномалий свинца в почве достигает 100 м и более. В пределах области на месторождении Кумколь действуют крупные нефтегазодобывающие компании, по всем направлениям ведется экологический мониторинг. Но все же при не соблюдении промышленной и экологической безопасности, может привести к чрезвычайным ситуациям.*

*In the Aral region studies were conducted of xenobiotics in the soil of the environment. Toxicity of heavy metals during the migration is different, since the properties of the migration are various and speed also depends on the conditions of the soil environment. Increased acidity of the soil increases the rate of migration of heavy metals. Severe contamination with heavy metals was found near freeways, particularly lead, zinc, cadmium. Width of roadside anomalies of lead in soil is 100 m or more. Within the region in Kumkol operate large oil and gas companies, in all areas the environmental monitoring is conducted. But still fails in observance of industrial and environmental safety, can lead to emergency situations.*

**Н. Б. Жакипов, Б. Б. Утегулов, А. Б. Утегулов,  
А. Б. Уахитова**

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ КРУГОВОЙ ДИАГРАММЫ ИЗМЕНЕНИЯ ФАЗЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ОТНОСИТЕЛЬНО ЗЕМЛИ**

*В работе приведены теоретические исследования круговой диаграммы трехфазной сети для разработки метода определения параметров изоляции в сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В путем измерения величины модуля напряжения фазы относительно земли при включенной дополнительной активной проводимости между ней и землей.*

Для обеспечения роста уровня электробезопасности необходимо знать состояние электроустановок под рабочим напряжением. Следует отметить, что активная проводимость характеризует изоляционные свойства диэлектрика, емкостная проводимость соответственно характеризует емкость сети, то есть количество подключенных электроприемников, и протяженность воздушных и кабельных линий, а полная проводимость характеризует величину тока однофазного замыкания на землю. Поэтому в практике эксплуатации электроустановок необходимо знать активную, емкостную и полную проводимости изоляции фаз электрической сети относительно земли. Это позволит правильно выбрать стратегию разработки организационных и технических мероприятий по повышению уровня электробезопасности в сетях напряжением до 1000 В [1].

Для исследования состояния изоляции в трехфазных электрических сетях с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В разработаны значительное количество методов [2]. Методы определения параметров изоляции в электрических сетях с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В делятся на две группы: со снятием рабочего напряжения; без снятия рабочего напряжения.

Методы определения параметров изоляции в электрических сетях с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В по второй группе делятся: по степени обеспечения безопасности производства работ в электроустановках; по роду измерительного тока (постоянный, переменный); по техническому решению; по типу измерения; по выходным параметрам; по частоте используемого при измерении.

Методы определения параметров изоляции в электрических сетях с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В по первой группе просты в измерении и обеспечивают безопасность проведения измерений. Методы первой группы обладают существенным недостатком, так как измеренные величины не обеспечивают удовлетворительную точность искомых величин. На основе вышеизложенного следует, что для обеспечения удовлетворительной точности определения параметров изоляции необходимо использовать методы второй группы без снятия рабочего напряжения, т.е. в реальных условиях эксплуатации электроустановок на горнодобывающих предприятиях.

Так как впервые проводились исследования состояния изоляции в 1936 г. профессором Л.В. Гладилиным, им же в эти годы разработан метод определения параметров изоляции в сетях с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В (метод амперметра – вольтметра). Метод амперметра – вольтметра является классическим, принцип действия которого заключается в том, что производится измерение величины модуля напряжения фазы сети относительно земли и производится металлическое замыкание какой-либо фазы на землю и измерении величины модуля тока однофазного замыкания на землю, а также основан на подключении активной или емкостной дополнительной проводимости между одной из фаз электрической сети и землей и измерении величины тока протекающего через дополнительную проводимость и измерения падения напряжения на дополнительной проводимости [3].

Для повышения уровня электробезопасности в сетях напряжением до 1000 В следует разработать метод определения параметров изоляции под рабочим напряжением. Разработанный метод должен быть простым, безопасным, и обеспечивать удовлетворительную точность при определении искомых величин.

Для разработки способа измерения полной проводимости и метода определения активной проводимости изоляции в сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В используется метод определения параметров изоляции в сети с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В.

Метод определения параметров изоляции в сети с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В основан на измерении напряжения нулевой последовательности и напряжения фазы относительно земли до и после подключения активной дополнительной проводимости между этой фазой и землей [7].

На основе проведенных измерений  $U_0$  – напряжения нулевой последовательности,  $U_{\alpha}$ ,  $U_{\alpha\alpha}$  – напряжения фазы относительно земли до и после подключения активной дополнительной проводимости, а также с учетом величины  $\xi_{\alpha}$  – активной дополнительной проводимости производится определение параметров изоляции математическими формулами:

- полная проводимость изоляции сети

$$y = \frac{U}{U_n} g_n, \quad (1)$$

- активная проводимость изоляции сети

$$g = \frac{U_1^2 - U_2^2 - U_3^2}{2U_n^2} g_n. \quad (2)$$

Емкостная проводимость изоляции сети определяется как геометрическая разность полной и активной проводимостей изоляции сети.

Метод определения параметров изоляции в сети с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В описывается круговой диаграммой изменения величин модулей напряжения фаз относительно земли и напряжения нулевой последовательности представленной на рисунке 1. Изменения величин модулей напряжения фаз относительно земли и напряжения нулевой последовательности производятся в соответствии с круговой диаграммой от изменения величины вводимой активной дополнительной проводимости.

Экспериментальные исследования круговой диаграммы производились путем использования лабораторного комплекса типа ОЭБ1-С-Р, выпуска 26.08.2005.

Исследования показали, что представленная круговая диаграмма изменения величин модулей напряжения фаз относительно земли и напряжения нулевой последовательности в зависимости от подбора величины вводимой активной проводимости соответствует основополагающим положениям теоретических основ электротехники.

При изменении величины активной дополнительной проводимости изменяются модули и вектора напряжения нулевой последовательности и напряжения фазы относительно земли, где подключена активная дополнительная проводимость между фазой и землей. На рисунке 1 показаны точки соединения векторов напряжения нулевой последовательности и напряжения фазы относительно земли  $0_1, 0_2, 0_3$  при трех случаях.

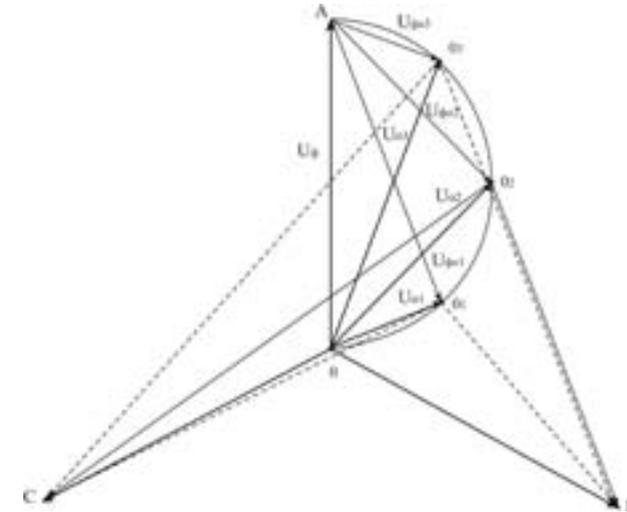


Рисунок 1 – Круговая диаграмма изменения величин модулей напряжения фаз относительно земли и напряжения нулевой последовательности в зависимости от величины вводимой активной дополнительной проводимости

Разработанный метод определения параметров изоляции в сетях с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В основан на измерении величины модуля напряжения фазы относительно земли при включенной дополнительной проводимости между ней и землей. Измеренная величина модуля напряжения фазы относительно земли по круговой диаграмме позволяет определить напряжение нулевой последовательности. Где по проведенным величинам:

- напряжения фазы относительно земли –  $U_a, U_{a0}$  до и после подключения активной дополнительной проводимости между ней и землей;

- напряжения нулевой последовательности –  $U_0$ ,

а также с учетом величины  $g_n$  – активной дополнительной проводимости производится определение параметров изоляции математическими формулами (1) и (2).

Следует отметить, что круговая диаграмма изменения величин модулей напряжения фаз относительно земли и напряжения нулевой последовательности в зависимости от величины вводимой активной дополнительной проводимости положила основу, для разработки способа измерения полной проводимости и метода определения активной проводимости изоляции в сети с изолированной нейтралью напряжением до

1000 В, где также был использован метод определения параметров изоляции в сети с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В.

Разработанный метод определения параметров изоляции в сетях с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В обеспечивает удовлетворительную точность и безопасность производства работ при измерении величины напряжения фазы относительно земли и при коммутации дополнительной активной проводимости между ней и землей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Цапенко, Е. Ф. Контроль изоляции в сетях до 1000 В. – М. : Энергия, 1972. – 152 с.

2 Гладилин, Л. В., Щуцкий, В. И., Бацежев, Ю. Г., Чеботаев, Н. И. Электробезопасность в горнодобывающей промышленности. – М. : Недра, 1977. – 327 с.

3 Гладилин, Л. В., Утегулов, Б. Б. Анализ погрешности метода определения параметров изоляции в трехфазных электрических сетях с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В // Известия вузов. Горный журнал. 1980. – №8. – С. 94- 97.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 08.07.13.

*N. B. Zhakipov, B. B. Utegulov, A. B. Utegulov, A. B. Uahitova*

**Жерге қатысты электрлік желі фазасының дөңгелек диаграммасы негізінде өзгеруі оқшаулама параметрлерін теориялық зерттеу**

С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 08.07.13 редакцияға түсті.

*N. B. Zhakipov, B. B. Utegulov, A. B. Utegulov, A. B. Uahitova*

**Theoretical study of the insulation parameters based on a pie chart of phase change in the power supply to the earth**

Pavlodar State University  
named after S. Toraiygyrov, Pavlodar.  
Material received on 08.07.13.

*Жұмыста жер және қосылып тұрған қосымша белсенді  
откізгіштің арасындағы жерге қатысты фаза кернеуінің модуль  
шамасын өлшеу арқылы кернеуі 1000 В дейінгі бейтарабы оқшауланған*

*желіде оқшауламаның параметрлерін анықтау әдісін әзірлеу үшін  
үшфазалы желідегі дөңгелек диаграммасының теориялық зерттеулері  
келтірілген.*

*The paper presents the theoretical study of a pie chart for three-phase  
net for development of the method for determining the insulation in isolated  
neutral voltages up to 1000 V by measuring the module of phase voltage to  
ground when activated additional conductance between it and the ground.*

УДК 621.313.333.1

**С. С. Исенов\*, В. П. Марковский\*\*, Б. А. Байниязов\*,  
А. М. Акаев\*\*, Г. Т. Сейтжанова\***

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ МОСТОВОГО КРАНА МЕХАНИЗМА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ТЕЛЕЖКИ**

*В научной статье приведена разработанная автоматическая  
система управления электроприводом подвижной платформы  
мостового крана. В качестве основы системы автоматического  
управления механизмом передвижения тележки использованы  
цифровые микросхемы, что приводит к повышению уровня  
автоматизации и надежности работы кранового оборудования.*

На промышленных предприятиях, а также во многих отраслях производства широко распространены мостовые краны, выполняющие различные подъемно-транспортные работы. Возрастающие требования к эксплуатационным показателям крановых механизмов приводят к необходимости применения по возможности простых и надежных электроприводов, удовлетворяющих производственным требованиям. Для мостовых кранов, механизма передвижения тележки, в настоящее время, рационально применение многодвигательного асинхронного электропривода, когда исключается сложная кинематическая цепь, в том числе длинные трансмиссионные валы, связывающие ведущие колеса обеих сторон.

В настоящее время, выпускаются краны в основном с отдельным приводом передвижения (рисунок 1). Рабочими органами механизма передвижения таких кранов являются ходовые тележки с ведущими и

опорными колесами, движущиеся по рельсовому пути. В этом случае каждая ходовая тележка М1 и М2 имеет собственный привод. Оба эти привода механически связаны между собой лишь упругой металлоконструкцией пролетного строения [1].

Работа механизма передвижения тележки мостового крана, в первую очередь, связана с особенностями самого механизма, а также его электропривода. Возможность применения электромеханической системы определяется требованиями технологии и режимом работы. Основными требованиями к мостовым кранам механизмов передвижения являются:

- повторно-кратковременный режим работы с непродолжительным управлением скорости;
- управление скоростью, при постоянном моменте. При необходимости скорости выше номинальной, регулирование должно осуществляться при постоянной мощности;
- обеспечение интенсивных, но плавных переходных процессов (для напряженно работающих кранов с большой продолжительностью включения ПВ или при большом числе включений в час);
- крановые механизмы с электроприводом – сложная электромеханическая система (ЭМС), в которой многомассовая механическая часть с упругими связями и электрическая часть в динамических режимах влияют друг на друга;
- многодвигательные системы – механизмы передвижения моста, тележки и т.п., учитывая то, что в ряде случаев требуется синхронное перемещение их рабочих органов без перекоса конструкции.

На рисунке 1 приведена функциональная схема ЭМС, применительно к многодвигательному асинхронному электроприводу. Здесь АД1 и АД2 – асинхронные двигатели со своими преобразователями П1 и П2, М1 и М2 – два рабочих органа (ходовые тележки механизма передвижения), связанные с двигателями передаточными устройствами ПУ и часто между собой – элементами конструкции М (мост мостового крана и т.д.). В дальнейшем полагаем, что передаточные устройства ПУ и конструкция М – в общем случае многомассовые конструкции, отдельные элементы которых соединены упругими связями. Выходными координатами рабочих органов являются их скорости (после приведения к валу двигателя  $\omega_{M1}$  и  $\omega_{M2}$ ), а при позиционировании – перемещения  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ .

Электродвигатели приведенные на рисунке 1, показаны двумя звеньями: первое преобразует регулируемый параметр в электромагнитный момент М, а выходной координатой второго является угловая скорость вала двигателя  $\omega$  или его угол поворота. Преобразователи с устройствами управления П1 и П2 плавно регулируют величину – амплитуду, частоту напряжения, степень несимметрии напряжения, сопротивление в цепи статора или

ротора и пр., что изменяет момент и скорость двигателя. Они совместно с первыми звеньями двигателей составляют электрическую часть (ЭЧ) электромеханической системы, а вторые звенья двигателей и все элементы конструкции механизмов с передаточными устройствами – механическую часть (МЧ).

На вход устройств управления преобразователей подаются сигналы от аппарата ручного управления, на который воздействуют оператор, перестраивая априорную информацию и изменяя задание скорости, темп ускорения, и сигналы обратных связей, выдающих рабочую информацию о координатах двигателя (М,  $\omega$ ) или рабочих органов ( $\omega_M$ ,  $\alpha$ ). Обратные связи обычно используются для автоматического функционирования заданного алгоритма управления.

При работе таких кранов возможны проскальзывание приводных колес, заклинивание колес о головки рельсов, не одинаковые диаметры колес (вследствие неточной обработки или неравномерного износа) и пр. Так как статическая нагрузка на опорах в общем случае различна и носит случайный характер, а механические характеристик двигателей механизма передвижения не строго идентичны, то вполне вероятно их несогласованное вращение. Все это приводит к забеганию одной из опор и деформации (перекосу) фермы крана. В отдельных случаях возможен шагающий режим. Наряду с этим такие режимы, как пуск, регулирование скорости, специальные квазиустановившиеся режимы, особенно когда нельзя не учитывать механические связи (т.е. если рассматриваются электромеханические системы в комплексе), изучены недостаточно, что в значительной мере ограничивает применение для кранов относительно простых систем асинхронного электропривода [2÷5].

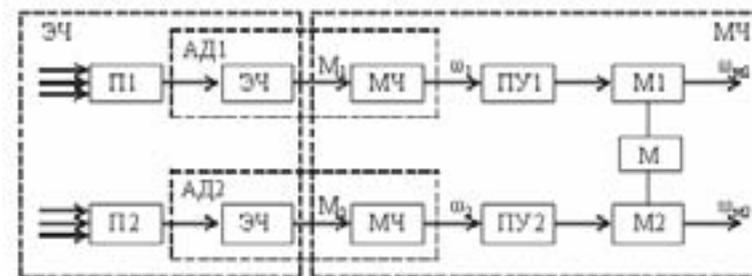


Рисунок 1 – Функциональная схема ЭМС кранового механизма.

На основе вышеизложенного, для повышения уровня автоматизации и надежности работы кранового механизма разработана система управления на основе цифровых микросхем.

Автоматизация кранового оборудования механизма передвижения тележки с применением цифровых элементов минимизирует данную схему, а применение простых двоично-десятичных микросхем уменьшает экономические затраты на реализацию этой схемы. Автоматическое управление подвижной платформой повышает скорость технологического процесса на 30%. Что сказывается на объеме выпускаемой продукции которая увеличивается на 35%. Так управление подвижной платформой осуществляется с помощью двух операторов, которые производят включение-выключение данного электропривода, после внедрения разработанной системы управления, число операторов сократится. Это дает возможность предприятиям оптимизировать число рабочих, что свидетельствует об экономии бюджетных средств. А простота схемы сокращает время обслуживания системы автоматического управления [6].

В принципиальной схеме силовой части оборудования приведенной на рисунке 2, в качестве источников информации о положении платформы на рельсах применяются индукционные выключатели типа ВК, рассчитанные на постоянное напряжение 24 В, а информация о стыковке и отстыковке переходных рельсов получается от путевых микропереключателей типа ВМК-ВЗГ (рисунок 3). Управление реле осуществлено с помощью микросхем ULN 2003. Эти микросхемы содержат соответственно 7 и 8 транзисторных ключей на составных транзисторах (схема Дарлингтона) [7]. Они позволяют управлять нагрузкой до 500 мА при напряжении до 50 В. Внутри микросхем уже имеется встроенный защитный диод, который можно подключать или отключать, осуществляя внешние соединения. В качестве дешифраторов применены цифровые интегральные микросхемы серии К561 ИД1 (аналог CD 4028) [8].

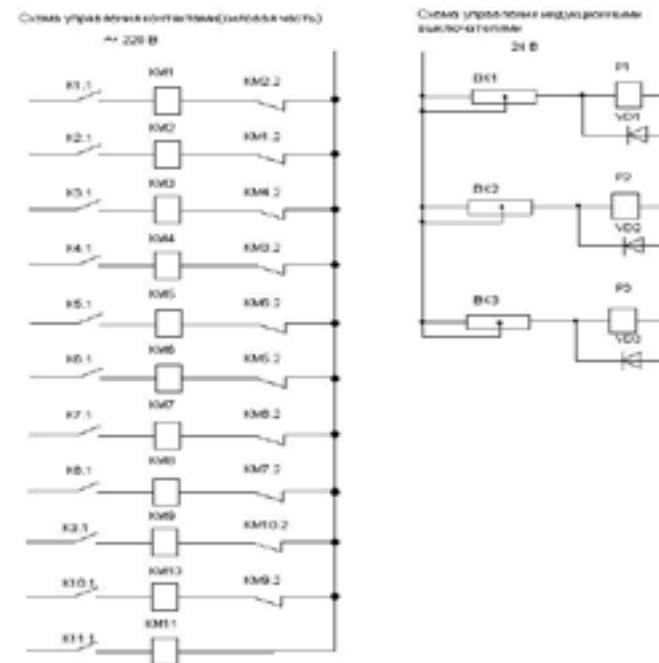
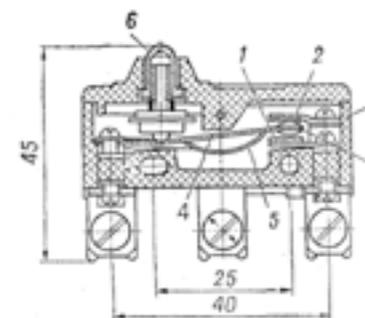


Рисунок 1. Принципиальная схема силовой части оборудования

Рисунок 2 – Принципиальная схема силовой части оборудования.



1, 2 – неподвижные контакты; 3 – подвижный контакт; 4 – плоская часть пружины; 5 – фигурная часть пружины; 6 – головка; 7 – пластмассовый корпус Тип ВМК-ВЗГ; отключаемый ток 2,5 А; напряжение: 1) постоянное: 220 В; 2) переменное: 380 В.

Рисунок 3 – Путевой микропереключатель.

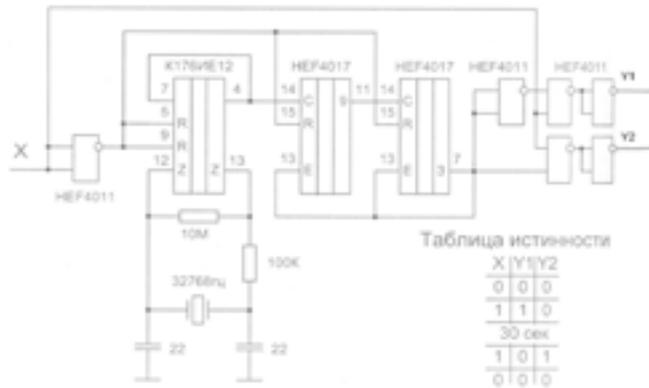


Рисунок 4 – Принципиальная схема таймера для выдержки времени.

Схема принципиальной схемы системы автоматического управления электроприводом приведенная на рисунке 5, работает следующим образом. На вход дешифратора D1-D2 (таблица 1) подается сигнал о наполнении вагонетки, через D3 включается реле K1.1-KM1 (таблица 2), платформа начинается движение платформы назад к прессам для загрузки вагонеткой до появления сигнала на входе 3-D1, что приводит к останову платформы, что приводит к отключению реле K1.1 и включению реле KM11 привода тормоза. Далее производится стыковка переходных рельсов с рельсами прессы до размыкания контактов путевых микропереключателей SB 3.1, SB 4.1, SB 3.2, SB 4.2, замыкаясь запускают таймер с выдержкой времени на 35 секунд, схема которого приведена на рисунке 4.

Таблица 1 – Таблица истинности дешифраторов.

Входы				Выходы										
8	4	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	

Таблица 2 – Таблица работы электроприводов платформы.

Контактор	Операция следующая за срабатыванием
KM1	Ход назад для загрузки вагонеткой
KM2	Ход вперед для выгрузки вагонетки
KM3	Стыковка переходных рельсов с рельсами прессы
KM4	Отстыковка
KM5	Стыковка переходных рельсов с рельсами автоклава
KM6	Отстыковка
KM7	Выезд манипулятора загрузки
KM8	Выезд манипулятора с захваченной вагонеткой
KM9	Выезд манипулятора выгрузки
KM10	Выезд пустого манипулятора
KM11	Привод тормоза

Этому соответствует выезд манипулятора загрузки на определенную длину и манипулятором вагонетки. После 35 секунд на выводе 1 сигнал отключается и выводе 2 «1» это свидетельствует ходу манипулятора назад на платформу с вагонеткой. В течение этого цикла привод тормоза находится во включенном состоянии, что повышает безопасность работы электроприводов для загрузки вагонеток. После на платформу вагонетки индукционный выключатель ВК2 подает сигнал на вход, что приводит к включению привода отстыковки переходных рельсов. Отстыковка продолжается до тех пор пока не разомкнутся контакты SB 1.1, SB 2.1, SB 1.2 замкнувшись в свою очередь подают сигнал на вход 2-D5 включается реле K2, которое в свою очередь включает электропривод хода вперед к автоклавам. Движение платформы производится до тех пор, пока индукционный выключатель ВК 3 не подаст сигнал. После подачи сигнала на вход 2-D2 произведется отключение электропривода и привода тормоза, далее будет произведена стыковка переходных рельсов. Стыковка будет производиться до размыкания контактов SB7.1, SB8.1, SB7.2, разомкнувшись, запускают таймер, который включает с выдержкой времени на 35 секунд 1 этому соответствует выезд манипулятора выгрузки, на определенную выгрузку манипулятором вагонетки после 35 секунд логическая «1» на выводе 1 и появляется на выводе 2 «1» это свидетельствует ходу манипулятора назад.

После выгрузки в автоклав вагонетки на выходе индукционного выключателя ВК 2 будет «0», что приводит к включению электропривода отстыковки переходных рельсов. Ход назад будет отключен до тех пор пока контакт SB5.2, SB6.2 не замкнутся. Замыкание этих контактов будут произведены после отстыковки переходных рельсов для автоклава. После отстыковки схема вновь готова выполнять следующий цикл работы.

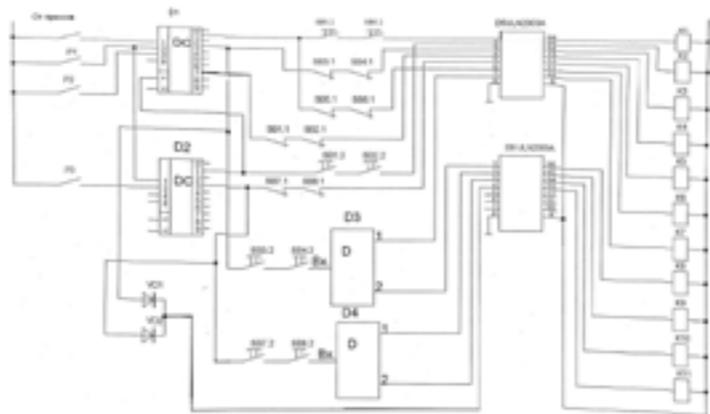


Рисунок 5 – Принципиальная схема системы автоматического управления электроприводом.

Вывод. В научной статье предложено использование цифровой автоматической системы управления подвижной платформы вместо электромеханической системы. Применение цифровых элементов улучшает скорость процесса на 30%, объем продукции увеличивается, тем самым увеличивается и прибыль. Работа позволяет сделать вывод, что с точки зрения автоматизации процесса, надежности и экономии целесообразно использовать в качестве системы управления электроприводом подвижной платформы автоматическую систему управления.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Герасимьяк, Р. П. Тиристорный электропривод для кранов. – М. : Энергия, 1978.
- 2 Основы автоматизированного электропривода / М. Г. Чиликин, М. М. Соколов, В. М. Терехов, А. В. Шинянский. – М. : Энергия, 1974.
- 3 Крановое электрооборудование / Под ред. А. А. Рабиновича. – М. : Энергия, 1979.
- 4 ГОСТ 183-74. Машины электрические вращающиеся. Общие технические требования. – М. : Изд-во стандартов.
- 5 ГОСТ 185-70. Двигатели трехфазные асинхронные крановые. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов.
- 6 Утегулов, Б. Б., Исенов, С. С. и др. Разработка системы автоматического управления подвижной платформы на рельсах. // Материалы

международной научно-практической конференции “Алдамжаровские чтения”. – Костанай, 2007.

7 Интернет: Интернет – Университет Информационных технологий. –http://www.INTUIT.ru.

8 С.Л. Корякин - Черняк Зарубежные микросхемы, транзисторы, диоды. – СПб : Наука и техника, 2001. – 688с.

\*Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана;

\*\*Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 17.05.13.

\*С. С. Исенов, \*\*В. П. Марковский, \*Б. Э. Байниязов, \*\*А. М. Акаев, \*Г. Т. Сейтжанова

**Көпірлік кранның арбашасын жылжыту механизмін көпқозғалтқышты электржетегі арқылы автоматты басқару жүйесін жасау**

\*С. Сейфуллина атындағы

Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.;

\*\*С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 17.05.13 редакцияға түсті.

\*S. S. Issenov, \*\*V. P. Markovskiy, \*B. A. Bainiyazov, \*\*A. M. Akaev, \*G. T. Seitzhanova

**Development of the system of automatic control of the multi-engine electric drive of the bridge crane of the mechanism of movement of the cart**

\*S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. Astana;

\*\*Pavlodar State University named after S. Toraiyrov, Pavlodar.  
Material received on 17.05.13.

*Ғылыми мақалада көпірлік кранның жылжымалы платформасын электржетегі арқылы әзірленген автоматты басқару жүйесі келтірілген. Арбаны жылжыту механизмін автоматты басқару жүйесінің негізі ретінде цифрлы микросхемалар қолданылған, бұл кран жабдықтарының сенімді жұмысының және автоматизацияның жоғары деңгейіне әкеледі.*

The developed automatic control system of the electric drive of a mobile platform of the bridge crane is given in the scientific article. As a basis of the system of automatic control of the mechanism of movement of the cart digital chips were used that leads to increase of the level of automation and reliability of work of the crane equipment.

УДК 621.32

**А. Б. Кайдар\***, **Б. К. Шапкенов\*\***, **В. П. Марковский\*\*\***,  
**Д. Д. Исабеков\*\*\***

### **ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ КОМПАКТНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП**

*В статье приведен анализ работы электронных пускорегулирующих аппаратов для компактных люминесцентных ламп. Рассмотрены режимы работы лампы в нормальном режиме и в момент включения.*

Преобразователи для питания энергосберегающих ламп или иначе компактных люминесцентных ламп (КЛЛ) могут быть построены по различной схемотехнике [1]. Однако, практически все КЛЛ целевого диапазона выполнены по одной и той же концепции – на резонансном полумостовом автогенераторе. Разработано много контроллеров для люминесцентных ламп, с различными функциями, обеспечивающими долговечность ламп, но все это не нашло широкого применения.

Чаще всего преобразователь выполняется по следующей топологии (рис. 1):

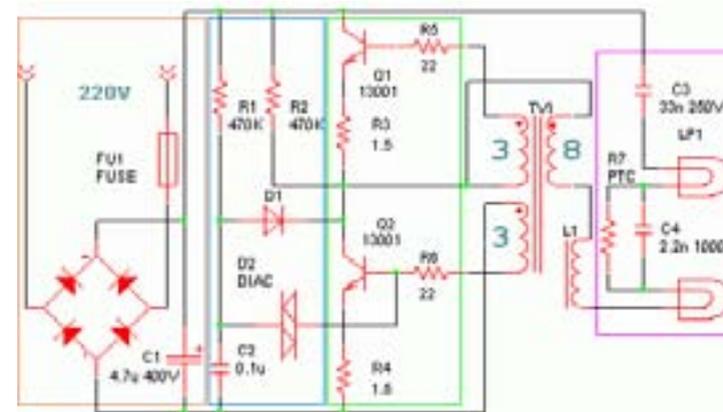


Рисунок 1 – Принципиальная схема КЛЛ

Здесь представлена неполная схема - отсутствует входной фильтр, подавляющий высокочастотные помехи, диоды для защиты транзисторов от обратного напряжения и ряд второстепенных элементов. В КЛЛ брендовых фирм эти компоненты присутствуют в отличие от ламп бюджетного сегмента. Схему можно разделить на следующие части:

Входной выпрямительный узел (коричневый блок) – выпрямляет и сглаживает переменное напряжение сети 220 вольт, формирует постоянное напряжение около 280 вольт для питания преобразователя.

Схема запуска (синий блок) – запускает автогенератор при включении устройства.

Силовая часть (зеленый блок) – преобразует выпрямленное напряжение сети в переменное напряжение высокой частоты.

Управляющий трансформатор TV1.

Узел колбы (фиолетовый блок, совместно с дросселем L1) – согласует выход силовой части с колбой люминесцентной лампы.

Напряжение сети выпрямляется диодным мостом и сглаживается электролитическим конденсатором («C1» на представленной электрической схеме), напряжение с него обеспечивает работу силовой части. Оно подается на два ключа (Q1 и Q2) на биполярных транзисторах n-p-n проводимости, которые преобразуют его в переменное напряжение и передают на узел согласования с колбой.

Вся конструкция электронного балласта - это автогенератор. Устройство работает на некоторой частоте, которая зависит от отдельных характеристик ряда компонентов.

Силовая часть состоит из двух ключей на транзисторах Q1 и Q2, управляемых трансформатором TV1, форма напряжения которого формируется

от тока, проходящего через колбу, последний, в свою очередь зависит от частоты и величины напряжения с выхода ключевых транзисторов Q1/Q2.

Силовые транзисторы Q1 и Q2 открываются попеременно, что обеспечивается полярностью обмоток управляющего трансформатора. Если положить, что на началах обмоток (отмечено точкой) в какой-то момент действует импульс положительной полярности, то на вход транзистора Q1 будет поступать положительное напряжение, а на Q2 - отрицательное. Это означает, что транзистор Q1 будет открыт, Q2 закрыт, и на выходе сформируется уровень напряжения, близкий к напряжению питания (несколько меньше, на величину напряжения насыщения коллектор-эмиттер Q1). Если управляющее напряжение сменит знак, то аналогично сменится и состояние транзисторов – Q1 закроется, а Q2 откроется, таким образом, на выходе установится низкий уровень, почти 0 вольт.

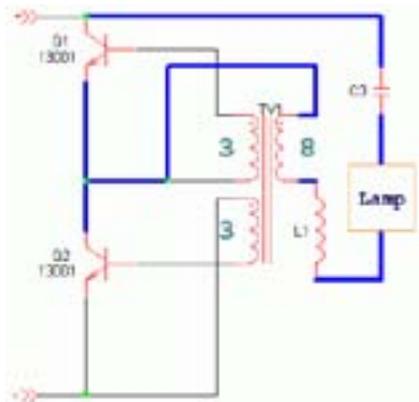


Рисунок 2 – Силовая часть схемы питания КЛЛ

Значит, на выходе получается переменное напряжение с уровнями «ноль» - «все питание» и периодом, зависящим от управляющего сигнала, который формируется трансформатором TV1. В качестве задающей входной величины для него выступает ток нагрузки. Если предельно упростить силовую часть, то она будет выглядеть следующим образом (рис. 2):

Через правую обмотку трансформатора к выходу

ключевого каскада на транзисторах Q1/Q2 подключена нагрузка, состоящая из дросселя L1 и лампы (с парой конденсаторов и терморезистором RТС). Это означает, что ток через лампу является той величиной, что задает форму сигнала, который в свою очередь включает транзисторы. Элементом, определяющим рабочую частоту всего устройства, является резонансный контур из дросселя L1, конденсатора C4 и эквивалентного сопротивления лампы.

Резонансная частота для данного построения зависит не только от величин реактивных компонентов (L1 и C4), но и от приведенного активного сопротивления лампы. Формула выглядит следующим образом:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{1}{(RC)^2}} \quad (1)$$

Хочется отметить важный момент – при уменьшении номинала сопротивления нагрузки происходит снижение резонансной частоты системы.

Подобное построение схемы будет обеспечивать работоспособность лампы, но ни о какой стабилизации не может быть и речи – устройство всегда будет стараться работать на резонансной частоте с максимальной отдачей. Это снижает долговечность лампы, поэтому надо вводить автоматическую регулировку. Если просмотреть изобретения и патенты, то можно найти в схемах электронных пускорегулирующих аппаратов и датчики тока, формирователи опорного напряжения и корректоры частоты, вплоть до кварцевых резонаторов.

Усложнение схемы приведет к ее нецелесообразности, поэтому управляющий трансформатор изготавливают не с обычным сердечником из магнитомягкого материала (феррита), а используют материал с прямоугольной петлей гистерезиса (рис. 3).

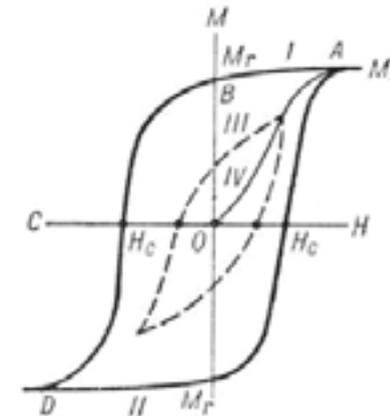


Рисунок 3 - Прямоугольная петля гистерезиса перематывания управляющего трансформатора

Следствием замены обычного ферритового кольца на сердечник с прямоугольным гистерезисом является стабилизация частоты (не резонансная) за счет энергии, которая вызывает напряженность магнитного поля в магнитопроводе. Как только энергия превышает порог, за этим сразу следует переключение. Для данной схемы мерой накопления является количество витков первичной обмотки трансформатора и ток через нее. Данные характеристики являются ограничивающим фактором, регулирующим частоту импульсов для поддержания неизменного тока лампы. Косвенно, на применение специального материала магнитопровода указывает соотношение числа витков – для нормальной работы «токового трансформатора» ток управления транзисторами должен быть примерно в десять раз меньше выходного тока, в противном случае транзисторы работают в режиме насыщения. В данном случае первичная обмотка состоит из восьми витков, а «вторичные» из трех, что означает коэффициент трансформации 2,7 и явно меньше озвученной ранее цифры. Подстройка характеристик преобразователя осуществляется не только количеством витков, но и номиналами резисторов в базах и эмиттерах транзисторов.

Для запуска автогенератора применяется схема, которая генерирует одиночный импульс для открывания нижнего транзистора (Q2), что вызывает запуск автогенератора.

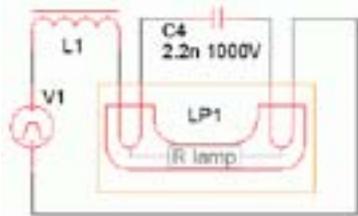
Блок запуска (рис. 1) выделен синим прямоугольником, он состоит из резисторов R1 и R2, диодов D1 и D2, конденсатора C2. На этих элементах собран релаксационный генератор, работает он следующим образом: конденсатор C2 заряжается небольшим током через резистор R1 до напряжения пробоя диодистора D2, обычно это около 30 вольт. При открывании D2 конденсатор C2 разряжается через базу транзистора Q2, что создает импульс запуска преобразователя КЛЛ. Через очень небольшое время напряжение на конденсаторе уменьшается до величины, при котором диодистор выключается и далее цикл повторяется – напряжение на конденсаторе снова будет медленно расти до включения диодистора.

После выхода преобразователя в режим коммутации схему запуска надо блокировать от повторных попыток генерации, что и выполняется с помощью диода D1 – он разряжает конденсатор C2 в те моменты, когда транзистор Q2 открыт.

Функция резистора R2 заключается в том, что он задает ненулевое напряжение на коллекторе транзистора Q2 (а точнее, на конденсаторе C3). Резистор R2 гарантирует наличие напряжения на коллекторе при подаче запускающего импульса на базу транзистора Q2.

Обычно подобных «гарантирующих» резисторов ставят не один, а два: первый – как изображено на схеме, второй – от коллектора Q2 на цепь «—» источника питания. Для полумостовой схемы вреден очень большой начальный импульс и применение пары резисторов позволяет снизить амплитуду в два раза.

Следующий элемент — узел сопряжения с лампой (рис. 4) - состоит из конденсаторов C3 и C4, терморезисторе РТС - R7 и самой лампы.



Рассмотрим упрощенную схему блока лампы без терморезисторе РТС, конденсаторе C3. По двум краям лампы, стеклянной трубки заполненная инертным газом и небольшим количеством ртути, установлены два катода прямого нагрева. Существуют разновидности люминесцентных ламп с «холодным»

катодом (CCFL).

Рисунок 4 – Узел сопряжения с лампой После возникновения разряда между катодами возникает ток, который течет по спирали нити независимо от того, подано ли напряжение на выводы накала. В лампе возникает тлеющий разряд, обеспечивающий ее свечение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 High-frequency generator for gas-filled lamps, A.B. Kaidar, B.K. Shapkenov. Материалы третьей международной научно-практической конференции «Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии», 10-12 сентября 2012 г., Екатеринбург, Россия. 0,25 п.л.

\*Павлодарский филиал АО «Каззахэнергоэкспертиза»;

\*\*Инновационный Евразийский университет;

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

Материал поступил в редакцию 20.10.13.

*A. B. Kaidar\*, B. K. Shapkenov\*\*, V. P. Markovskiy\*\*\*, D. D. Isabekov\*\*\**

### Шағын люминесцентті шамдардың жұмыс ерекшеліктері

\*«Каззахэнергоэкспертиза» АҚ Павлодар филиалы;

\*\*Инновациялық Евразиялық университеті;

\*\*\*С. Торайгыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 20.10.13 редакцияға түсті.

*A. B. Kaidar\*, B. K. Shapkenov\*\*, V. P. Markovskiy\*\*\*, D. D. Isabekov\*\*\**

### Features of compact fluorescent lamps

\* Pavlodar branch of JSC “Kazakhenergoexpertise”;

\*\* Innovative Eurasian University;

\*\*\* Pavlodar State University

named after S. Toraiyrov, Pavlodar.

Material received on 20.10.13.

*Бұл мақалада шағын люминесценттік шамдарға арналған электронды іске қосып реттегіш аппараттардың жұмыстарының сараптамасы көрсетілді. Шамдардың қалыпты режимдегі және қосылу сәтіндегі жұмыс режимдері қарастырылды.*

*This article gives the analysis of performance of electronic gear control for compact electronic lamps. Work regimes in normal regimes and in moment of inclusion are viewed.*

**Б. Е. Калимбетов, К. Баймаханов**

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИВОДА ШПИНДЕЛЕЙ ХЛОПКОУБОРОЧНОГО АППАРАТА

*Статья посвящена повышению надежности работы привода шпинделей за счет податливости колодки при реверсе шпинделей, созданию возможности использования его при применении шпинделей с увеличенной массой. Разработана оригинальная методика измерения величины износа приводных ремней колодки. Приведены результаты проведенных экспериментов по обоснованию параметров и режимов их работы.*

*Ключевые слова: механизм привода шпинделей хлопкоуборочного аппарата, шпindel, колодка обратного вращения шпинделей, приводные ремни, реверсивное движение, износ ремней, методика измерения износа.*

### Введение

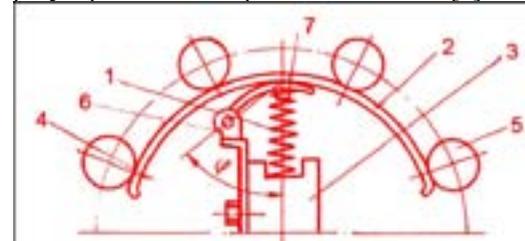
Современные конструкции вертикально-шпиндельных хлопкоуборочных аппаратов (ВШ ХУА) с ремённым приводом шпинделей уступают горизонтально-шпиндельным аппаратам (ГШ ХУА) с зубчатым приводом шпинделей в эксплуатационной надёжности и долговечности, но имеют неоспоримое преимущество в направлениях простоты изготовления, дешевизны и простоты обслуживания. Ремённый привод шпинделей ВШ ХУА работает в условиях обеспечивающих реверс шпинделей при каждом обороте шпиндельного барабана, что обуславливает значительные ударные нагрузки на ремни привода и, следовательно, их повышенный износ [1, 7].

Износ ремней привода шпинделей уменьшает их тяговую способность, что приводит к снижению скорости вращения шпинделей в рабочей зоне и зоне съёма и, соответственно, к снижению агротехнических показателей. В процессе работы клиновые ремни привода шпинделей, особенно колодок обратного вращения, чрезмерно перегреваются, разрушаются, теряют свои фрикционные свойства и выходят из строя, нарушая заданный режим работы, что отрицательно сказывается на полноте сбора и производительности хлопкоуборочной машины.

Для снижения ударных сил роликов нами были разработан экспериментальный механизм привода шпинделей (рис.1) состоящий из колодки обратного вращения 1 с поводковым звеном 2, ремней прямого

вращения 3. Отличается он от серийного тем, что крепления колодки на шпиндельном барабане, состоящее из направляющей скобы и направляющей опоры [3] заменено поводковое звено. Поводковое звено – один конец, которого шарнирно сочленен каркасом колодки, а другой – с верхним корпусом барабана [2].

Колодка - структурный каркас дугообразным изгибом изготовленный из металла с резиновой прокладкой трехручейными ремнями, обеспечивающая регулирования хода ролика шпинделя [4].



1- пружина; 2-колодка с клиновидными ремнями; 3-верхний корпус барабана; 4-барабан; 5- приводные ролики; 6-поводковое звено; 7-цилиндрический штырь;

Рис.1 Схема устройства экспериментальной колодки привода шпинделей ВШ ХУА

### 1. Предлагаемая теория

Привод шпинделей состоит из приводных роликов, закрепленных на концах шпинделей, расположенных по периферии шпиндельного барабана. Ролики выполнены в виде многоручьевых шкивов, взаимодействующих с наружными и внутренними фрикционными дорожками, которые снабжены клиновыми ремнями. Клиновые ремни наружной и внутренней дорожек имеют различное сечение.

При таком выполнении привода шпинделей приводные ролики в рабочей зоне аппарата взаимодействуют с приводными ремнями меньшего, а в зоне съема – большего поперечного сечения. Благодаря этому, радиус качения приводных роликов при взаимодействии с ремнями колодки обратного вращения шпинделей увеличивается, а в рабочей снижается. Это способствует увеличению частоту вращения шпинделей рабочей зоне, что повышает их захватывающую способность и снижает частоту вращения шпинделей в зоне съема без ухудшения условия съема и качества очистки шпинделей, что увеличивает долговечность приводных ремней колодки обратного вращения [2].

При проведении исследований [6] для привода шпинделей в рабочей зоне и использовались серийные приводные ремни (типоразмер «А», поперечное сечение – 81мм<sup>2</sup>), в зоне съема ремни с поперечным сечением на 20% большим по сравнению с поперечным сечением ремней прямого вращения (типоразмер «Б» с подгонкой их поперечного сечения до размера 97-100мм<sup>2</sup>).

Эффективность внесённых конструктивных изменений КОВ шпинделей определялись износными испытаниями, по оригинальной методике

испытания клиновых ремней на износ, разработанные нами, позволяющая производить замеры величины износа ремней без их демонтажа [3].

### 3. Методика проведения эксперимента

Сущность данной методики заключается в следующем. На торце приводного ролика отмечается определенное количество точек, например шесть, которые равноудалены друг от друга по его наружной окружности (рис.2).

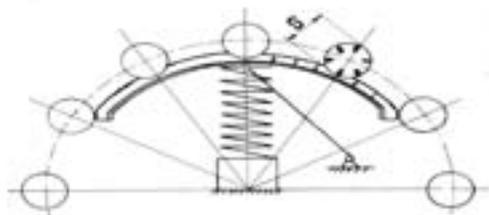


Рис. 2

К методике измерения износа ремней привода шпинделей.

Далее ролик подводится к колодке обратного вращения до касания с ней. На каркасе колодки, напротив этого ролика, делается первая отметка, обозначенная точкой 1. Затем, поворачивая ролик вручную относительно его собственной оси, первую отметку совмещаем с первой отметкой на каркасе. В этом положении микрометром замеряем расстояние между тыльной стороной ролика и внутренней поверхностью каркаса. Обычно замеры производят не менее чем в трехкратной повторности и столько раз, сколько ремней на колодке, т.е. для каждого ремня в отдельности. После этого, медленно вращая шпиндельный барабан вручную, подводим вторую точку на ролике до касания с ремнями колодки и делаем на каркасе вторую отметку. Аналогично поступаем и с остальными точками. Так устанавливаем исходные размеры ремней в разных точках по их длине.

Далее запускаем хлопкоуборочный аппарат и через определенное время останавливаем его и повторяем прежние замеры. Очевидно, что разница величин между предыдущими и последующими замерами на соответствующих точках и определяет величину износа на тех же точках касания ролика с ремнями. Другими словами, по мере работы хлопкоуборочного аппарата величины соответствующих замеров по точкам уменьшаются, что и характеризует степень износа ремней в их соответствующих точках [3].

### 2. Эксперименты и результаты

#### 3.1. Динамика износа ремней колодки обратного вращения

Экспериментальная колодка с обычными ремнями испытывалась при приводе составных шпинделей сравнительно с серийной колодкой.

Опыты проводились в стационарных условиях на лабораторном стенде (рис. 3) при  $n = 105 \text{ мин}^{-1}$  и  $F = 100 \text{ Н}$ , путем измерения величины износа ремней в ряде характерных точек [3, 5].

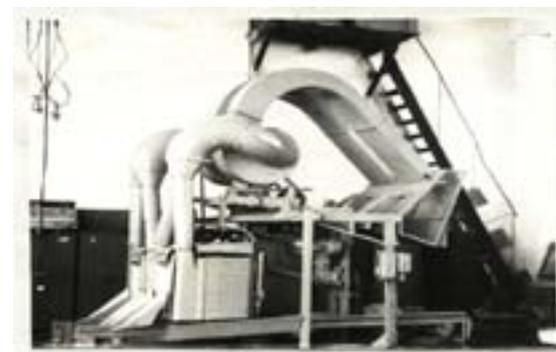


Рис.3

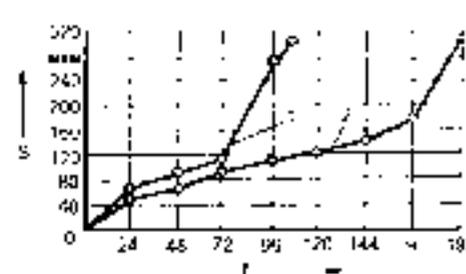
Универсальный стенд для испытания хлопкоуборочных аппаратов

Далее запускаем хлопкоуборочный аппарат и через определенное время останавливаем его и повторяем прежние замеры. Очевидно, что разница величин между предыдущими и последующими замерами на соответствующих точках и определяет величину износа на тех же точках касания ролика с ремнями. Другими словами, по мере работы хлопкоуборочного аппарата величины соответствующих замеров по точкам уменьшаются, что и характеризует степень износа ремней в их соответствующих точках.

Замеры проводились через каждые два часа работы хлопкоуборочного аппарата. Общая наработка составила 192 часа.

Работа хлопкоуборочного аппарата осуществлялась на первой рабочей скорости, частота вращения шпиндельных барабанов составляла  $105 - 108 \text{ мин}^{-1}$ . Замерам подвергалась заходная часть ремней колодки обратного вращения, т.е. та часть, на которую приходится наиболее значительные динамические нагрузки в момент реверса шпинделей и, которая в большинстве случаев в производственных условиях выходит из строя в первую очередь.

Первой точкой замеров принималась точка касания приводного ролика о ремень. Полученные результаты представлены в виде графика динамики износа ремней экспериментальной и серийной колодок представлена на рис 4.



1-серийная;  
2-экспериментальная

Рис.4 Динамика износа ремней серийной и экспериментальной колодок (после 192-часовой наработки)

Полученные результаты свидетельствуют о следующем: серийная колодка полностью выходит из строя после 108ч. наработки (износ ремней - 312мкм), а износ ремней у экспериментальной колодки после 192ч. наработки износ ремней составил - 310 мкм. Интенсивность износа ремней экспериментальной колодки происходит более плавно, чем у серийных. Это говорит о том, что начальный процесс приработки фрикционной пары «ролик-ремень» при использовании экспериментальной колодки происходит без значительных ударных нагрузок, на более щадящем режиме. Увеличенные значения величины исходных размеров приводных ремней экспериментальной колодки по сравнению с ремнями серийной колодки объясняется тем, что экспериментальная колодка оснащена ремнями с большим поперечным сечением.

Таким образом, экспериментальная колодка с обычными ремнями (сечения «А») при приводе составных шпинделей имеет срок службы более чем в 2 раза больший, чем обычная.

Для проверки влияния внесённых конструктивных изменений в колодку обратного вращения на процесс съёма хлопка со шпинделей, а следовательно на агротехнические показатели хлопкоуборочного аппарата были проведены лабораторно-полевые опыты, результаты которых приводятся ниже.

### 3.2. Результаты лабораторно-полевых исследований

Для проведения лабораторно-полевых опытов была подготовлена двухрядная хлопкоуборочная машина ХНП--1,8Б, один уборочный блок которой был оборудован серийными колодками обратного вращения шпинделей, а другой – экспериментальными [6]. В работе использовались составные шпиндели диаметром 29,5мм и массой 1,84кг. Лабораторно-полевые опыты проводились согласно ОСТ 70.8.11-83 и по экспресс-методике [8]. При проведении опытов соответствующие учётные велелись отдельно для правого и левого хлопкоуборочных блоков.

Результаты лабораторно-полевых исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Показатели работы хлопкоуборочных аппаратов с серийной и экспериментальной колодками обратного вращения

№	Показатели	Значения	
		Серийная	Экспериментальная
1	Раскрытие коробочек, %	87,7 ... 88,1	
2	Густота стояния, тыс. шт/га	81,3 ... 85,4	
3	Урожайность, ц/га	27,3 ... 28,6	
4	Скорость машины, км/ч	3,8	
5	Рабочая щель, мм	32 - 28	
6	Высота растений, см	76 ... 89	
7	Собрано хлопка уборочным аппаратом, %	<b>83,8</b>	<b>84,4</b>
8	Оставлено хлопка на кустах, %	11,0	10,8
9	Сбито хлопка на землю, %	5,2	4,8

10	Сбито зелёных коробочек, шт/п.м.	0,12	0,10
11	Засорённость хлопка, %	10,2	10,2

Из представленных данных следует, что агротехнические показатели сравниваемых аппаратов находятся практически на одном и том же уровне. Это означает отсутствие отрицательных эффектов от применения экспериментальных колодок обратного вращения.

### 4. Выводы и рекомендации:

1. Использование для привода шпинделей в зоне съёма приводных ремней с увеличенным поперечным сечением на 20% большим по сравнению с серийным, имеет срок службы более чем в 2 раза больший, чем обычная и соответственно срок службы, что, в конечном счёте, приведёт к увеличению производительности хлопкоуборочной машины в целом.

2. Агротехнические показатели хлопкоуборочных аппаратов, оснащённых экспериментальными и серийными колодками обратного вращения шпинделей, находятся на одном уровне.

3. Разработанная оригинальная методика определения динамики износа клиновых ремней привода шпинделей не требует их демонтажа, менее трудоёмка и проста в эксплуатации, обеспечивает требуемую точность при измерениях.

Полученная методика и результаты могут быть использованы в процессе проведения исследовательских работ по определению износа резинотехнических материалов, а так же в процессе обучения студентов и магистрантов ВУЗов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Глуценко, А. Д., Тошболтаев, М. Т. Динамика узлов вращения уборочных аппаратов хлопкоуборочных машин. - Ташкент; Наука, 1990 - 138 с.

2 Калимбетов, Б. Е., Аугамбаев, М., Михайловский, А. Н. Механизм привода шпинделей вертикально-шпиндельного барабана хлопкоуборочной машины. А.С.№9200084.1. 30.09.95. Бюл. №3 патент №2678.

3 Калимбетов, Б. Е. Разработка и обоснование параметров модернизированной колодки обратного вращения шпинделей вертикально-шпиндельных хлопкоуборочных машин: - Дис. ... канд. техн. наук. - Ташкент; 2009. - С.136.

4 Kwon, H. C., Im, Y. T., Ji, D. C., Rhee, M. H. The bending of an aluminum structural frame with a rubber pad. Original Research. Article Journal of Materials Processing Technology, Volume 113, Issues 1–3, 15 June 2001, Pages 786-791.

5 **Калимбетов, Б. Е.** К вопросу повышения технологической надежности хлопкоуборочного аппарата. //Тез. докл. научно-практической конференции посвященной 75-летию УзМЭИ-Гулбахор; 2008.- С.200-204с.

6 **Калимбетов, Б. Е., Михайловский, А. Н.** Отчет научно-исследовательской работы по инновационному проекту КХИ-5-04 «Изготовление макетного образца ресурсосберегающего привода ВШ ХУА и проведение полевых испытаний. - Гулбахор; 2012. - С.32.

7 **Юлдашев, Ш.У.** Основы технического уровня ХУМ:- Ташкент, Наука,1983-87с.

8 **Спеваков, Р. И.** Методика оценки основных показателей хлопкоуборочных машин. // Сборник научных трудов УзМЭИ – Янгиюль, 1975.

Южно-Казахстанский государственный университет  
имени М. Ауэзова, г. Шымкент.  
Материал поступил в редакцию 03.10.13.

*Б. Е. Калимбетов, К. Баймаханов*

**Мақта жинайтын аппарат шпинделдері жетегінің пайдаланым сенімділігін арттыру жолдары**

М. Әуезов атындағы  
Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент қ.  
Материал 03.10.13 редакцияға түсті.

*B. E. Kalimbetov, K. Baimakhanov*

**Ways to improve operational reliability of the drive unit spindles of cotton harvesting apparats**

M. Auevov South Kazakhstan State University, Shymkent.  
Material received on 03.10.13.

*Бұл мақалада авторлар мақта жинайтын машиналардың жұмыс сапасына және жұмыс өнімділігіне тікелей әсер ететін терім аппараты шпинделдері жетегінің пайдаланым сенімділігін арттыру негізінде оның техникалық дәрежесін арттыруға арналған ғылыми ізденістері нәтижелері келтірілген.*

*The results of scientific research dedicated to improving the technical level of the cotton harvesting machine by increasing the operational reliability of the drive cleaning apparatus, has a decisive influence on the quality and performance of the machine as a whole.*

УДК 631.358.633.511

**Б. Е. Калимбетов\*, К. Баймаханов\*, О. Б. Баубекев\*\***

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ШПИНДЕЛЕЙ ХЛОПКОУБОРОЧНОГО АППАРАТА**

*В статье приведены результаты экспериментальных исследований новых приводных механизмов шпинделей по специально разработанным методикам с использованием оригинальных стендовых и лабораторно-полевых установок.*

*Ключевые слова: хлопкоуборочный аппарат, шпиндель, привод шпинделей, методика и средства измерений.*

Одной из особенностей вертикально-шпиндельного хлопкоуборочного аппарата является то, что его шпиндели имеют резко выраженную знакопеременную частоту вращения, т.е. при работе, за один оборот шпиндельного барабана, шпиндели дважды меняют направление вращения. Вследствие этого его приводные механизмы (ремни прямого и колодки обратного хода шпинделей) в зонах реверса шпинделей работают, испытывая значительную нагрузку. Необходимость обеспечения реверсивного вращения рабочих органов значительно затрудняет проведение измерений их кинематических режимов, так как за каждый оборот шпиндельного барабана происходит смена направления вращения шпинделей и установка фиксирующе-измерительных устройств должна производиться непосредственно на шпиндельном барабане с учётом его геометрических размеров.

Стенд для определения кинематических параметров шпинделей в зоне съёма хлопкоуборочного аппарата состоит из несущей рамы, одной пары шпиндельных барабанов с механизмами привода шпинделей, редуктора с контрприводом и электродвигателя. Он позволяет варьировать частоту вращения шпиндельных барабанов с помощью сменных звездочек цепной передачи контрпривода (рис. 1).



Рисунок 1 - Стенд для проведения лабораторных исследований

В предыдущих исследованиях частота вращения шпинделей и других динамических и кинематических параметров измерялись с использованием и светолучевых осциллографов, записывающих показания датчиков при исследовании протекающих процессов на бумажные носители (осциллограммы). В настоящее время в исследованиях применяется измерительно-регистрирующая аппаратура ЭМА – П или «Морион» усредняющая результаты измерений за опыт, которая не может быть использована для измерения величин, характеризующих быстропротекающие процессы.

В связи с этим, нами была разработана методика определения требуемых параметров с использованием экспериментальной системы «OBERTRON».

Система имеет аналоговый вход для подключения источника сигналов (тензоусилитель, индукционный и пьезодатчик, Герконовый прерыватель - Герконовый датчик основан на размыкании магнитных пластин) и цифровой выход для передачи преобразованных данных в компьютер, который осуществляет управление системой и принимает данные для последующей обработки. Сочетание источника аналоговой измерительной информации с системой «OBERTRON» и компьютером образует современный вид компьютеризованных средств измерений – виртуальную измерительную систему, в которой часть функций и операций осуществляется не аппаратно, а программно с помощью персонального компьютера, который служит базовым компонентом.

Установка значений частоты квантования, усиления сигнала и его смещения осуществляется в системе программно, органами управления компьютером.

Предварительные визуальные наблюдения за процессом прохождения ролика шпинделя по колодке обратного вращения (шпиндельный барабан вращался вручную) показали, что ролик осуществляет при контакте с ремнями

колодки 2 – 2,5 оборота. Поэтому, исходя из габаритных возможностей и ожидаемой частоты вращения (950 – 1150 мин<sup>-1</sup>) был применён индукционный датчик с магнитным сердечником. Для осуществления возбуждения последнего были изготовлены два варианта коллектора – стакана, которые имели центрирующий буртик и плотно крепились болтом к верхней торцевой поверхности ролика шпинделя. Первый вариант стакана был изготовлен с двумя симметрично расположенными выемками на его боковой поверхности, во втором варианте выемок было четыре, т.е. один оборот шпинделя соответствовал двум или четырём импульсам. При этом ширина контактных поверхностей стакана составляла 10мм.

Индукционный датчик 1 устанавливался напротив стакана 2 на стойке 3, вворачиваемой вместо крепёжного болта, фиксирующего подшипник шпинделя к верхнему диску шпиндельного барабана (рис. 2).



1 – индукционный датчик; 2 – стакан-коллектор; 3 – стойка

Рисунок 2 - Установка индукционного датчика

Зазор между датчиком и стаканом составлял 1,5–2,0 мм. Для подключения индукционного датчика (рис.3, 4) 1 к измерительной системе в период прохождения шпинделя со стаканом 2 зоны колодки обратного вращения 3 на верхний диск 4 шпиндельного барабана устанавливалась специальная планка 5 шириной 20мм, длина которой (340 мм) соответствовала длине дуги (Y) сектора воздействия колодки на каждый шпиндель. Планка была установлена с консолями 6 и её начало находилось напротив шпинделя со стаканом. Конечный выключатель 7 закреплялся к раме стенда и его включение, и выключение происходило от контакта с планкой.

Схема установки конечного выключателя и его общий вид на стенде показаны на рис. 2



Регулировка срабатывания конечного выключателя относительно начала и конца времени контакта ролика с колодкой осуществлялась при помощи электролампочки, подключаемой к конечному выключателю. Регулировка проводилась, как изменением положения конечного выключателя относительно контактной планки, так и подгибанием консольной части планки относительно кончика. Электролампочка загоралась в момент начала контакта конечного выключателя с консольной частью планки и прекращала гореть, когда планка выходила из зоны действия конечного выключателя. Проверка и при необходимости регулировка срабатывания конечного выключателя на соответствие моментам начала и прекращения касания роликом шпинделя колодки обратного вращения производились при каждой замене шпинделей или колодок.

Конечный выключатель был изготовлен на базе выключателя В601 – 2С.

Для подключения индукционного датчика с вращающегося барабана к измерительной системе был использован ртутно-амальгамированный токосъёмник «Трак-8», прошедший техническое обслуживание согласно инструкции.

Ротор токосъёмника посредством эластичной резиновой трубки подсоединялся к шпильке установленной в отверстии вала барабана и фиксировался при помощи специального стопора. Провода от индукционного датчика проходили через полый вал барабана и соединялись с ротором токосъёмника.

Статор токосъёмника с помощью кронштейна крепился к верхней крышке редуктора стенда. Перемещением кронштейна устанавливалась соосность токосъёмника и вала барабана для исключения биения (вибрации).

Принципиальная измерительная схема и общий вид стенда, оснащённого средствами измерений, представлен на рис. 4.



1 – индукционный датчик; 2 – токосъёмник; 3 – конечный выключатель; 4 – устройство «OBERTRON»; 5 – компьютер  
Рисунок 4 - Принципиальная измерительная схема

Рекомендуемым положением токосъёмника, гарантирующим надёжную его работу, является положение близкое к горизонтальному. Поэтому для обеспечения надёжности работы при вертикальном расположении токосъёмника, в него было залито меньшее количество ртути, а кольца были запараллелены в два входа и выхода.

В процессе проведения предварительных опытов по уточнению методики выполнения измерений была выявлена необходимость использования датчика с четырьмя импульсами за один оборот.

При проведении исследований с цифровой обработкой аналоговых сигналов очень важно правильно выбрать частоту квантования (частоту преобразования) неискажающую аналоговый сигнал и результаты последующей обработки данных.

Согласно теореме В.А. Котельникова [3] частота квантования должна быть не менее чем в два раза большей, чем частота верхней границы спектра аналогового сигнала.

В случае измерения частоты вращения шпинделя в ожидаемых пределах 950–1150 мин<sup>-1</sup> (15–19 сек<sup>-1</sup>) с помощью датчика, дающего четыре импульса за один оборот, верхняя граница спектра составит 80сек<sup>-1</sup>. Система «OBERTRON» имеет частоту квантования 100гц, что явно недостаточно и поэтому была применена во всех проведенных экспериментах частота квантования 1000гц. Чем выше частота квантования, тем лучше качество представления в аналоговой форме и полнота статистической обработки опытных данных.

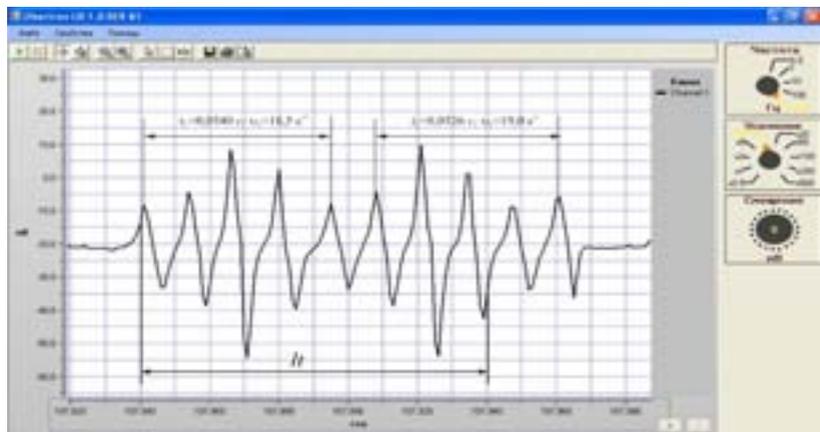


Рисунок 5 - К методике обработки результатов эксперимента

На рисунке приведена измерительная информация с экрана монитора, в виде аналоговой записи показаний датчика, частоты вращения шпинделя. Запись представлена с использованием двух координатных осей – вертикальной в милливольтках (mV) и горизонтальной в единицах времени (с).

Обработка аналоговой измерительной информации с экрана дисплея (рис.1) заключается в следующем. Первоначально определяется масштаб времени (с/мм), т.е. отношение промежутка времени к соответствующему расстоянию на горизонтальной оси ( $t / lt$ ).

В нашем случае  $lt = 114$  мм. На рис. 5 масштаб  $Mt = 0,1 / 114$  с/мм. Каждые четыре впадины соответствуют одному обороту ролика шпинделя, поэтому измерение по горизонтальной оси расстояния соответствующего одному обороту и последующее умножение его значения на масштаб времени даёт значение периода полного оборота (t).

В примере  $t_1 = 61,6 \times 0,1 / 114 = 0,054$  с и  $t_2 = 19,0 \times 0,1 / 114 = 0,0166$  с. Частота вращения ролика определяется по формулам  $1 / t$  (с-1) или  $60 / t$  (мин-1). На рис. 5 видно, что частота вращения ролика шпинделя вначале составляла 18,5 с-1 (1110 мин-1), а в конце 19,0 с-1 (1140 мин-1), что соответствует действительному процессу разгона шпинделя ремнями колодки обратного вращения.

При проведении исследований для привода шпинделей в рабочей зоне использовались серийные приводные ремни (типоразмер «А», поперечное сечение 81мм2).

Серийная колодка обратного вращения оснащалась специально изготовленными приводными ремнями, которые отлиты вместе с основанием (толщиной 6 – 7мм), находящимся между ними и каркасом колодки. В

нашем случае приводные ремни и их эластичное основание изготавливались раздельно с последующим креплением к каркасу колодки.

Привод шпинделей в зоне съёма осуществлялся приводными ремнями с поперечным сечением на 20% большим по сравнению с поперечным сечением ремней прямого вращения. В связи с этим, были проведены лабораторные (стендовые) опыты с целью определения действительной частоты вращения различных типов шпинделей в зоне съёма. Лабораторные исследования проводились при частоте вращения шпиндельного барабана 110 мин-1.

При этом использовались три типа шпинделей:

- нарезной цельнометаллический, диаметром 24 мм и массой 1,48 кг;
- составной (витой элемент + несущий стержень), диаметром 29,5 мм и массой 1,88 кг;
- нарезной цельнометаллический увеличенного диаметра, диаметром 29,5 мм и массой 1,99 кг. Полученные результаты лабораторных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Частота вращения шпинделей в зоне съёма при различных колодках обратного вращения

№ п/п	Тип шпинделя	Диаметр (d) и масса (m)	№ замера	Тип колодки	
				Серийная	Экспериментальная
				Частота вращения, мин-1	
1.	Серийный, цельнометаллический, нарезной	d=24мм m=1,48кг	1.	1111,1	1071,4
			2.	1134,2	1131,9
			3.	1094,9	1089,9
			4.	1093,3	1111,1
			5.	1152,6	1083,0
Среднее значение				<b>1117,2</b>	<b>1097,5</b>
Среднеквадратическое отклонение				25,7	24,1
2.	Составной (витой элемент+несущий стержень)	d=29,5мм m=1,86кг	1.	1128,8	1016,9
			2.	1017,0	1003,3
			3.	1043,8	1060,0
			4.	1034,5	1016,9
			5.	1052,6	1020,1
Среднее значение				<b>1055,3</b>	<b>1023,4</b>
Среднеквадратическое отклонение				23,1	21,4
3.	Цельнометаллический нарезной, увеличенного диаметра	d=29,5мм m=1,99кг	1.	971,2	955,4
			2.	998,9	968,3
			3.	1034,5	967,7
			4.	955,4	997,5
			5.	1000,0	983,5
Среднее значение				<b>992,0</b>	<b>974,5</b>
Среднеквадратическое отклонение				30,4	16,3

Анализ приведенных данных свидетельствует о следующем:

Средняя частота вращения нарезных цельнометаллических шпинделей диаметром 24мм при использовании серийной колодки обратного вращения составляет 1117,2 мин-1, а с экспериментальной колодкой – 1097,5 мин-1. Частота вращения составных шпинделей диаметром 29,5 мм при серийной колодке составляет 1055,3мин-1, при рекомендуемой – 1097,5мин-1 и этот показатель для нарезных шпинделей увеличенного диаметра 29,5мм при серийной колодке составляет- 992 мин-1, при экспериментальной – 974,5 мин-1.

Как видно из данных приведенной таблицы наблюдается тенденция снижения частоты вращения шпинделей по мере увеличения их массы и диаметра. Это естественно и объясняется тем, что с увеличением массы и диаметра шпинделей повышается их инерционная масса и, следовательно, возрастают нагрузки на колодку обратного вращения, которые и обуславливают некоторое снижение частоты вращения.

Вместе с этим следует отметить, что наиболее низкая частота вращения была зафиксирована у цельнометаллических шпинделей увеличенного диаметра, но и это значение не ниже допустимого предела частоты вращения шпинделей для зоны съёма (950 мин-1).

Таким образом, проведенная серия лабораторных, при взаимодействии их колодкой обратного вращения, оснащённой приводными клиновыми ремнями с увеличенным на 20% поперечным сечением, свидетельствует о том, что разработанная колодка обратного вращения [4], обеспечивает кинематические режимы торможения и разгона шпинделей, рекомендуемые для зоны съёма. Это относится и к цельнометаллическим нарезным шпинделям увеличенного диаметра, имеющим наиболее большую физическую массу – 1,99 кг.

Полученная методика и результаты могут быть использованы в процессе проведения исследовательских работ, а так же в процессе обучения студентов и магистрантов ВУЗов.

#### ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разработанная экспериментальная колодка обратного вращения, оснащённая приводными клиновыми ремнями с увеличенным на 20 % поперечным сечением, обеспечивает кинематические режимы торможения и разгона шпинделей с увеличенными диаметрами, имеющим наиболее большую физическую массу, рекомендуемые для зоны съёма хлопка-сырца со шпинделей.

2. Разработана оригинальная методика определения требуемых параметров кинематических режимов работ быстротекущих процессов шпинделей с применением современных компьютеризованных средств измерений – виртуальную измерительную систему.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Глущенко, А. Д., Тошболтаев, М. Т. Динамика узлов вращения уборочных аппаратов хлопкоуборочных машин. - Ташкент : Наука, 1990 - 138 с.

2 Аугамбаев, М. А., Иванов, А. З., Терехов, Ю. И. Основы планирования научно– исследовательского эксперимента. – Ташкент : Укитувчи, 1993.

3 Котельников, В. А. «О пропускной способности эфира и проволоки в электросвязи. - М., 1933.

4 Калимбетов, Б. Е., Аугамбаев, М., Михайловский, А. Н. Механизм привода шпинделей вертикально-шпиндельного барабана хлопкоуборочной машины. А. С. №9200084.1. 30.09.95. Бюл. №3 патент №2678.

5 Калимбетов, Б. Е. Разработка и обоснование параметров модернизированной колодки обратного вращения шпинделей вертикально-шпиндельных хлопкоуборочных машин: - Дис. ... канд. техн. наук. - Ташкент : 2009. - С. 136.

6 Калимбетов, Б. Е., Михайловский, А. Н. Отчет научно-исследовательской работы по инновационному проекту КХИ-5-04 «Изготовление макетного образца ресурсосберегающего привода ВШ ХУА и проведение полевых испытаний. - Гулбахор : 2012. - С.32.

\*Южно-Казахстанский государственный университет имени М. Ауэзова, г. Шымкент;

\*\*Шымкентский агроколледж, п.Тассай.

Материал поступил в редакцию 07.12.13.

*Б. Е. Қалимбетов\*, К. Баймаханов\*, Ө. Б. Баубекөв\*\**

**Мақта жинайтын аппарат шпинделдерінің кинематикалық жұмыс режимдерін зерттеу**

\* М. Әуезов атындағы

Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент қ.;

\*\*Шымкент агроколледжі, Шымкент қ.

Материал 07.12.13 редакцияға түсті.

*B. E. Kalimbetov\*, K. Baimahanov\*, U. B. Baubekov\*\**

**Research of kinematic modes of operation of the drive unit spindles of cotton harvesting apparatus**

\*M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent;

\*\*Shymkent agrocollege, Tassai.

Material received on 07.12.13.

*Мақалада компьютерлік өлшеу технологиясы көмегімен орындалған мақта жинайтын аппараттың кинематикалық жұмыс режимін зерттеулер нәтижелері келтірілген.*

*The article presents the results of computerized measurements of the kinematic mode of the spindle cotton-harvesting apparatus (machine).*

УДК 661.666:541.395

**М. Н. Камбаров\*, Б. Ж. Унайбаев\*, Ж. К. Камбаров\*,  
К. Ж. Шорманова\*, К. Т. Саканов\*\***

## **ПУТЬ ЦЕЛЕСООБРАЗНОГО ВОДОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА**

*Предлагаются целесообразные пути водоснабжения Центрального Казахстана. Рассмотрены технические сопоставляемые пути использования подземных возобновляемых водных бассейнов.*

Как известно Казахстан из-за его географического положения и, соответственно, климата относится к странам с рискованным земледелием в виду маловодности (аридности) его большинства территорий. Несколько лет назад вопросы водобеспечения государства на долгосрочную перспективу рассматривались на заседании Совета безопасности Республики Казахстан под председательством Президента страны. Было отмечено, что ситуация с обеспечением водой обостряется, и требует принятия кардинальных мер. Ограниченность водных ресурсов, территориальная и сезонная неравномерность их распределения является сдерживающим фактором освоения богатейших природных запасов и устойчивого развития страны. Соответствующим государственным органам поручено обеспечить реализацию долгосрочных мер комплексного характера, направленных на устранение негативных последствий ограниченности водных ресурсов, созданию условий для экономического роста, решения социальных и экологических проблем, урегулирования межгосударственных водных отношений.

Особенно остро такая проблема стоит в отношении территорий Центрального Казахстана (ЦК) с площадью около миллиона кв. км и населением порядка 10 миллионов человек. Как известно все многоводные реки Казахстана втекают на территорию республики из соседних стран, то есть они являются трансграничными, почему и ставится вопрос об урегулировании межгосударственных водных отношений. Так р. Урал втекает в республику

из России, реки Иртыш, Или - из Китая, Сырдарья, Чу - из республик Центральной Азии, что ставит республику в определенную политическую и экономическую зависимость от них. Причем указанные реки текут, в основном, по приграничным с указанными странами областями Казахстана.

Регионы ЦК не имеют крупных рек, что существенно ограничивает его экономическое развитие. В связи с этим, несколько десятилетий тому назад было осуществлено строительство дорогостоящего канала Иртыш-Караганда с каскадом из 12 мощных насосных станций для подъема вод канала, примерно на 150 м. выше отметки уреза воды реки Иртыш. Намечалось осуществить вторую очередь канала и довести его до Жезказгана. Однако воды р. Иртыш уже зарегулированы на территории Казахстана водохранилищами Бухтарминской, Усть-Каменогорской и Шульбинской гидростанций. Намечается строительство Булакской ГЭС на этой реке. Помимо того, Китай, развивая свои западные регионы, может забрать на свои нужды до 50% стока реки Иртыш. В связи с этим различными политическими деятелями России реанимируется идея поворота части вод сибирских рек в сторону Аральского моря через ЦК.

Вместе с тем ЦК обладает крупными запасами подземных вод [1]. Их разведанные и, что самое главное, возобновляемые запасы, по данным института гидрогеологии РК, составляют до тысячи кубических километров (триллиона куб. метров), что составляет примерно до тридцати объемов оз. Балхаш. То есть под территорией Казахстана разбросаны несколько десятков разномасштабных линз с залежами подземных вод. Большая часть запасов этих вод является пресными или слабо засоленными. Надо особенно подчеркнуть, что возобновляемые ресурсы этих вод могут составить свыше 5% в год, что превышает три объема Капчагайского водохранилища, т.е. свыше 50 кубокилометров (миллиардов м<sup>3</sup> /год). Глубина залегания этих вод, в том числе и многовековых запасов, колеблется от 50 до 100 метров.

Указанный объем возобновляемых вод можно круглогодично поднимать на поверхность с расходом примерно 1500 м<sup>3</sup> /сек ( а это 4 среднегодовых расходов реки Или) без ущерба для этих запасов подземных вод и экологии, поскольку этот объем восстанавливается в течение года на большой территории ЦК естественным образом (подпитка от дождей, таяния снегов).

### **Возможный путь решения задачи**

Задача подъема части этих возобновляемых объемов вод зависит от энергообеспечения комплекса насосных станций (КНС) располагаемых на мощных водяных скважинах. Однако крупные электрические станции Казахстана расположены на достаточно большом удалении от мест дислокации подземных вод. Доставка электроэнергии к ним будет обходиться дорого, с большими потерями, а объем поставки э/э к КНС ограничивается малой пропускной способностью местных маломощных линий электропередач 35 – 10 кВ. К тому же свободных мощностей ЭС в Казахстане не имеется.

Оценим объем потребной э/э для подъема подземных вод с максимальным суммарным дебетом  $Q=500 \text{ м}^3/\text{с}$  ( треть возможной добычи) при усредненной глубине залегания вод 75 метров.

Мощность электродвигателей насосных станций составит:

$$P = 9,8 * Q * H = 9,8 * 500 * 75 = 367\,500 \text{ кВт или примерно } 350 \text{ Мвт.}$$

При работе по 18 часов в сутки (примерно 6500 часов в году) насосные станции потребуют 2 275 млн. квт-ч электроэнергии.

Объем поднятых вод составит  $500 \text{ м}^3/\text{с} * 6500 \text{ ч} * 3600 \text{ с} = 11,67$  млрд кубометров, немного меньше объема Капчагайского водохранилища.

Таким образом для подъема вод в размере примерно одного Капчагайского водохранилища потребуется порядка 2,3 млрд квт-ч электрической энергии.

Как поставить такое количество электрической энергии на комплекс мощных насосных станций для подъема возобновляемых подземных вод, затем для транспортировки воды потребителям в города и потребителям сельского хозяйства. При этом желательно не загрязнять атмосферу выбросами продуктов сгорания топлива. Доставка электрической энергии должна быть надежной, экологически чистой и практически без потерь.

Предлагается создать ряд энерго-водоконкомплексов в составе комплекса ветряных электростанций с суммарной мощностью до 1000 МВт непосредственно над линзами подземных вод, а это сотни кв. км. Последние находятся на значительных удалениях друг от друга на территории ЦК и прилегающим к ним регионам. Это решит проблему надежной доставки электрической энергии на КНС практически без потерь, поскольку электрическая энергия производится на месте потребления, и ограничен объем поставок. Указанное снизит стоимость электрической энергии для КНС, себестоимость единицы объема поднимаемых вод, повысит надежность их электроснабжения. Тем более, что совмещение карты ветров Казахстана с соответствующей картой подземных вод дают достаточно приемлемую корреляцию этих возобновляемых природных ресурсов.

По нашему мнению, это техническое предложение (ТП) по ряду соображений конкурентоспособно с другими известными проектами:

- переброски вод рек Сибири (они также будут втекать извне);
- строительства АЭС на Мангышлаке.

В последнем случае, помимо экологических проблем, имеется очень существенный недостаток - поставка электрической энергии от АЭС за многие сотни км, в 3-х направлениях будет сопровождаться потерями э/э порядка 40% (включая потери по месту потребления в местных низковольтных сетях). Они лягут на стоимость электрической энергии для конечных потребителей. Сама же АЭС потребит на собственные нужды свыше 15%. В конечном итоге конечный к.п.д АЭС будет менее 50%, а следовательно и инвестиции в нее, будут очень неэффективными. В нашем техническом предложении (ТП) потери электрической энергии практически нулевые, а к.п.д. ВЭС хоть и ниже 40%, но

энергоресурс используемый для выработки электрической энергии-ветер, он беззатратный и бесконечный. При этом электрическая энергия с таким эффектом расходуется на жизненно важный для Казахстана продукт –дефицитную воду.

В настоящее время начаты прикидочные работы по данному «ноу –хау». Однако, очевидно, что без серьезного ТЭО оно может так и остаться на уровне ТП.

#### Оценим стоимость электроснабжения проекта

Ветры центрального Казахстана могут обеспечить до 3000 часов полной загрузки ветроустановок в году. Тогда мощность ветростанции будет:

$$P_{вэс} = 2300 \text{ млн квт-ч} / 3000 \text{ ч} = 766 \text{ Мвт.}$$

Но мировая стоимость ветроустановок для ВЭС неуклонно поднимается. Для избежания этого ВЭС должны оснащаться ветротурбинами (ВТ) казахстанского производства. Такие возможности есть [2]. При этом стоимость одного МВт ВЭС, оснащенных ветротурбинами (ВТ) производимым в республике составляет 0,8 млн долл. США- в два раза ниже уровня мировых цен Стоимость КВЭС в этом случае составит немногим более 600 млн. долл. США. С учетом необходимости строительства местных электросетей и подстанций, стоимость возрастет до 700 млн.долл.

Принимая стоимость насосных станций, буровых работ и прокладку транспортных трубопроводов порядка 1,3 млрд.долл., будем иметь конечные затраты в размере 0,16 долл/  $\text{м}^3$  воды. При стоимости воды 1,8 цента/ $\text{м}^3$ , проект может окупиться за 5,33 года или практически за 6 лет.

Возможен и третий вариант электроснабжения комплексов насосных станций – строительством АЭС вблизи подземной линзы большого размера. Минимальная мощность блока АЭС составляет 640 МВт., выработка электроэнергии порядка 4,5 млрд.кВт-ч, что в 2 раза превышает требуемый объем электроэнергии для КНС. Однако стоимость только блока составляет порядка 2 млрд. долл. включая строительство большого водохранилища только для охлаждения АЭС, и не используемый для водообеспечения Центрального Казахстана. Сроки их строительства могут составить до 7 лет. То есть первые воды для нужд промышленности и сельского хозяйства появятся только через 7-9 лет. Вода же востребована уже сейчас. Этот Проект также неделим и не гибок, как и канал , поскольку вводится один блок АЭС, и электроснабжение комплекса насосных станций по всей территории ЦК будет осуществляться только с одной ее площадки. Это имеет ряд инженерных неудобств. Главная из них - выход электрической энергии в сеть как минимум 220 кВ с дальнейшей обратной трансформацией на более низкое напряжение, их тоже надо строить дополнительно.

В предлагаемом комплексе ВЭС и КНС будут использованы существующие ЛЭП 35 и 110 кВ, темпы ввода их мощностей могут быть синхронизированы с потребностями в воде, и в дальнейшем будут постепенно наращиваться по мере возрастания объемов водопотребления. Комплекс ВЭС

и КНС могут быть разбиты на ряд подпроектов и расположены на удаленных друг от друга на большой территории ЦК, комплексы вводятся параллельно, независимо друг от друга, в любой требуемой последовательности.

Принимая во внимание ряд экологических проблем проекта с АЭС и необходимость согласования выбранной площадки с международными контролирующими организациями, утверждения ТЭО в многочисленных инстанциях, сроки строительства могут быть увеличены еще на несколько лет, таким образом реальный срок этого варианта водообеспечения может продлиться до 9-10 лет. Центральный Казахстан нуждается в пресной воде уже сейчас, если не сказать уже вчера.

Слабозасоленные воды ( юго-восточная часть Актюбинской обл), непригодные для питьевых нужд населением могут быть использованы для подачи их в близлежащее Аральское море с расходом до 500 м<sup>3</sup>/с ( практически с расходом средней реки Казахстана, типа р. Или). То есть произойдет вливание в море недостающих ей малосольные воды. Как известно это море после процессов высыхания имеет повышенный уровень засоленности , по сравнению с бывшим уровнем, и его надо разбавить до его естественного уровня по содержанию солей. Значит в Проекте могут быть использованы не только пресные воды Казахстана, но и малозасоленные воды , имеющим соизмеримый подземный объем с пресными водами. Такое же решение может быть применено для стабилизации уровня оз. Балхаш. То есть ареал использования подземных вод Казахстана значительно расширяется по площади их утилизации.

Таким образом водоснабжение территорий Центрального Казахстана может осуществляться с использованием двух видов неисчерпаемых возобновляемых ресурсов: энергии ветров и залежей подземных вод. Те и другие беззатратные, экологически привлекательные, Казахстан обеспечен ими практически неограниченно.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Ахмедсафин, У.** и др.// Подземные водные ресурсы Казахстана. – Алматы : Издательства Ғылым, 1986.

2 **Камбаров, М.** Ветрогенератор для линейных ветров // Журнал «Энергетика и топливные ресурсы Казахстана». - Алматы, 2010. №2. - с. 47 - 53.

\*Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз;

\*\*Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 25.12.13.

*М. Н. Камбаров\**, *Б. Ж. Унайбаев\**, *Ж. К. Камбаров*, *К. Ж. Шорманова\**, *Қ. Т. Сақанов\*\**

**Орталық Қазақстанды сумен қамтамасыз ету мәселелерін шешудің жолы**

\*Академик Қ. Сатпаев атындағы  
Екібастұз инженерлі-техникалық институты, Екібастұз қ.;

\*\*С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті Павлодар қ.  
Материал 25.12.13 редакцияға түсті.

*M. N. Kambarov\**, *B. J. Unaybayev\**, *J. K. Kambarov*, *K. J. Shormanova\**, *K. T. Sakanov\*\**

**The Central Kazakhstan regions water supply providing**

\*Ekibastuz Technical Engineering Institute  
named after acad.K. Satpayev;

\*\*S. Toraighyrov Pavlodar State University.  
Material received on 25.12.13.

*Орталық Қазақстанды ауызсумен қамтамасыз ету мәселелерін шешудің жолы. Жер астындағы жанартылатын су қоймаларын пайдаланудың техникалық салыстырмалы жолдары қарастырылған.*

*Offered expedient ways of water supply in Central Kazakhstan. Examined the technical matching ways to use renewable underground water basins*

УДК 62-523

**В. В. Кибартас, Е. Ю. Степанов**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДАЧИ ГРАНУЛ ИЗ УСТАНОВКИ  
ВТОРИЧНОЙ ОБРАБОТКИ В ПРОЦЕССЕ  
ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЙ НИТИ**

*Тканые полипропиленовые мешки являются одним из наиболее популярных видов упаковочной тары для сыпучих материалов. Помимо маркетинговых целей, обеспечения дизайна, упаковка продукции в мешки выполняет чрезвычайно важную задачу сохранения и уменьшения потерь продуктов на стадиях их переработки,*

хранения и реализации. В данной статье излагается один из способов автоматизации технологического процесса подачи гранул вторичной переработки для производства полипропиленовой нити.

Полипропилен пользуется постоянным спросом в следующих областях промышленности: радиотехнической; медицинской; пищевой и др. Широкое применение этого материала обусловлено его высокой химической стойкостью к агрессивным средам, механической прочностью при повышенных температурах, хорошей износостойкостью и высоким пределом прочности на разрыв. В связи с этим, основными видами изделий из полипропилена являются упаковочные пленки, листы и плиты для изготовления многослойных материалов для футеровки химических аппаратов, трубы для транспортировки агрессивных жидкостей и газов, а также изделия народного потребления. В том числе, изготовление полипропиленовых мешков, которые являются одним из наиболее популярных видов упаковочной тары для сыпучих материалов: мука, сахар, соль, удобрения, гранулированные полимеры, органические и неорганические химические вещества, сыпучие строительные материалы и т.д.

Технологический процесс по стандартной схеме предполагает изготовление полипропиленовой ткани различной плотности с различными характеристиками и разделен на несколько частей. В том числе, гравиметрический смеситель, с подачей гранул и смешиванием с полипропиленом, мелом и дополнительными добавками. Затем сырье поступает в экструдер, где разогреваются до температуры 250 °С, и через сопло в ванну охлаждения поступает пленка толщиной около 5 мкм. Охлаждаясь, пленка поступает на режущий вал, где образуются нити.

При производстве изделий из полипропилена происходит производственный брак. Для переработки бракованной продукции и улучшения экологической ситуации необходимо применять установки вторичной переработки, которые бракованную продукцию переработают на гранулы для вторичного использования.

Установлено, что переработанные гранулы можно использовать как добавку в гравиметрическом смесителе, в (91-93)% полипропилена, 5% мела и (4-2)% гранул полипропилена вторичной переработки. В этом случае качество полипропиленовой нити ощутимо не ухудшится.

В настоящее время, проблема экономного и ресурсосберегающего производства реализовывалась за счет вторичной переработки гранул путем привлечения не автоматизированных систем, а человеческого труда. Однако, исключение ошибок, к которым может привести человеческий фактор, позволит существенно повысить производительность предприятия. Учитывая факторы, которые ведут к повышению производительности труда

и снижению себестоимости продукции, необходимо создание системы автоматизации технологического процесса подачи гранул вторичной переработки полипропилена.

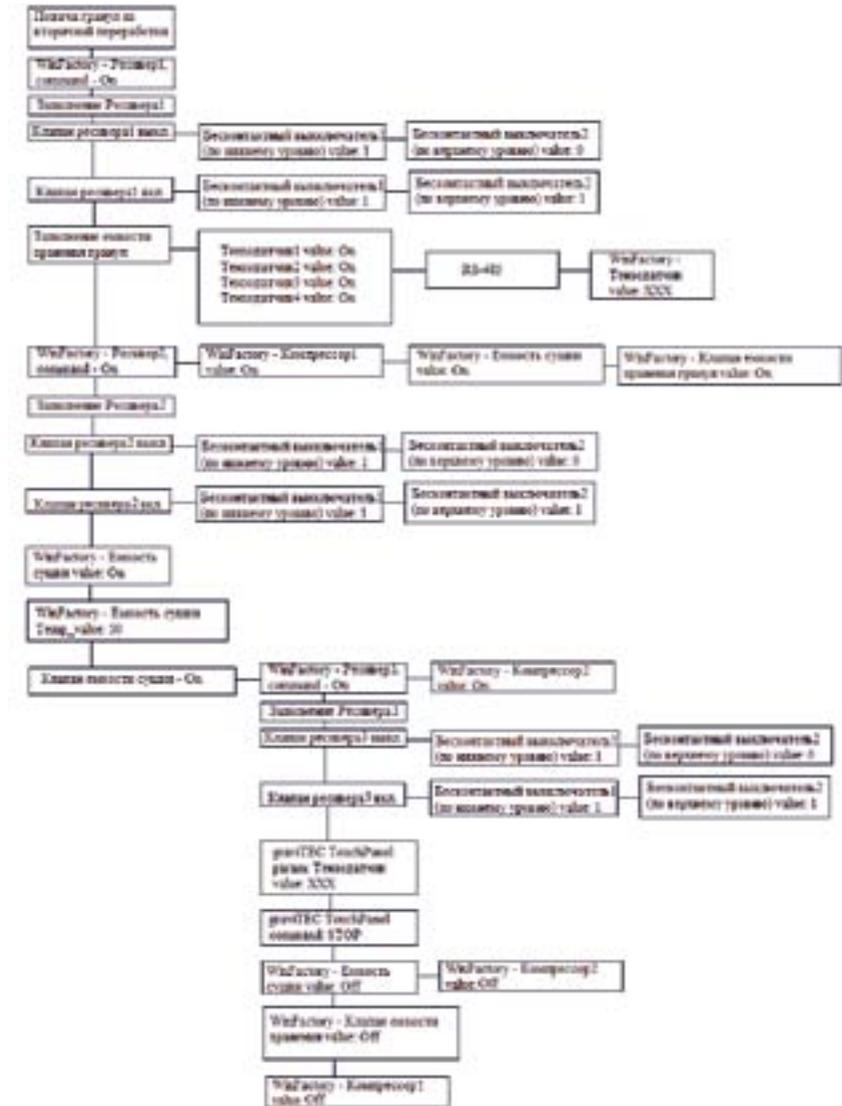


Рисунок 1 - Алгоритм автоматизированного технологического процесса подачи гранул вторичной обработки

Автоматизацию технологического процесса подачи гранул вторичной переработки полипропилена предложено реализовать путем установки емкости для хранения гранул вторичной переработки, соединив трубопроводом установку вторичной переработки с емкостью хранения гранул. Дополнительно установив емкость для сушки гранул, путем соединения трубопроводом емкости для хранения гранул с емкостью сушки гранул, через пневматический клапан, установленный на выходе из емкости для хранения, и ресивер, установленный на емкости для сушки. При этом необходимо установить ресивер на гравиметрическом смесителе, с целью дальнейшей транспортировки гранул вторичной переработки из емкости сушки в гравиметрический смеситель. На рис. 1 представлен алгоритм выбранного решения автоматизации технологического процесса подачи гранул вторичной переработки.

Технологическим процессом управляет оператор, используя, в том числе управление через удаленный доступ. Гранулы вторичной переработки, по трубопроводу поступают в емкость хранения сырья. При необходимости подачи гранул в гравиметрический смеситель, оператор открывает пневматический клапан и сырье подается в сушилку, где происходит процесс сушки до требуемой температуры. Далее включается ресивер на гравиметрическом смесителе, куда подаются гранулы уже высушенные до необходимой температуры.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Черкасский, В. М.** Насосы, вентиляторы, компрессоры. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 296 с.
- 2 **Амброж, И.** Полипропилен / Под редакцией В. И. Пилиповского и И. К. Ярцева. – Л. : Химия, 1967. – 105 с.
- 3 **Локотеш, Б. Н.** Пневматические шаговые двигатели систем автоматического управления. – Общество «Знание», 1982.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 25.12.13.

*В. В. Кибартас, Е. Ю. Степанов*

**Полипропилен жіп өндірісі процессінде екінші рет өңдеуді құруда  
гранула берілісін автоматтандыру**

С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 25.12.13 редакцияға түсті.

*V. V. Kibartas, E. J. Stepanov*

**Automating the granules feed from the recycling installation during  
production of polypropylene filaments**

Pavlodar State University named after S. Toraiygyrov, Pavlodar.  
Material received on 25.12.13.

*Тоқымалы полипропилен қаптар бір теңде тары ең танымал  
көріністерінен құйылма материалдар үшін болып табылады. Басқа  
маркетинг мақсат, дизайнның қамсыздандыруының, өнімнің ораушысы  
қаптарға сақта және азық-түліктің шығынының кемуінің төменше  
маңызды мақсатын баста кезеңдерде оның өңдеуінің, сақта және жүзеге  
асу орындайды. Айтқылмыш мақалада бір екі рет өңдеудің грануласының  
берісінің технологиялық үдерісінің автоматтандыруының әдіс  
айлаларынан полипропилен жіп өндірісі үшін баяндайды.*

*Woven polypropylene bags are one of the most popular types of  
packaging for bulk materials. In addition to marketing purposes, providing  
design the product packaging in bags plays an extremely important task  
of preserving and reducing the loss of product in the stages of processing,  
storage and marketing. This article describes one way to automate the process  
of granules feed recycling for the production of polypropylene filaments.*

УДК 621.313.3

**В. В. Кибартас, Ю. В. Кибартене, А. Ш. Кабылдина**

**ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ УСТРОЙСТВА МЯГКОГО  
ПУСКА СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ  
АГРЕГАТОВ СРЕДНЕЙ И БОЛЬШОЙ МОЩНОСТЕЙ**

*Рассмотрены вопросы применения полупроводниковых устройств  
для улучшения процессов пуска синхронных электродвигателей,  
рассмотрены технические решения, направленные на улучшение  
пусковых свойств синхронного электродвигателя. Рассмотренные  
решения обеспечат управляемый мягкий пуск синхронных  
электродвигателей агрегатов средней и большой мощностей.*

Для насосных установок средней и большой мощностей мягкий пуск с  
помощью полупроводниковых преобразователей исключает возникновение

значений критических токов, недопустимых просадок напряжений сети, ударных нагрузок в трубопроводной системе, тем самым продлевая срок службы производственных установок [1, 2].

Для мягкого пуска синхронных электродвигателей (СД) большой мощности возможно применение различных типов преобразователей и систем управления в зависимости от технологических требований.

В [3] рассмотрены вопросы применения регулируемого электропривода на основе непосредственных преобразователей частоты (ПЧ) с естественной коммутацией тиристоров. Их главный недостаток - ограниченная частота на выходе (не более половины частоты сети).

Проблему мягкого пуска СД позволяют решать высокоэффективные регулируемые управляемые полупроводниковые устройства. Для выбора структуры двухзвенного ПЧ могут быть рассмотрены три основных типа преобразователей: управляемый выпрямитель - автономный инвертор напряжения (УВ-АИН); управляемый выпрямитель - автономный инвертор тока (УВ-АИТ) и неуправляемый выпрямитель - автономный инвертор с широтно-импульсной модуляцией (НВ-АИ с ШИМ).

По условиям коммутации АИТ может работать только с активно-емкостной нагрузкой, т.е. при опережающем инвертированном токе, когда между анодом и катодом закрывшегося вентиля некоторое время (время выключения) поддерживается отрицательное напряжение, необходимое для восстановления запирающих свойств вентиля. При активно-индуктивной нагрузке баланс реактивной мощности обеспечивается коммутирующими конденсаторами, дополнительно включаемыми в схему преобразователя частоты.

АИН работает, как правило, с активно-индуктивной нагрузкой. При опережающем инвертируемом токе (активно-емкостной нагрузке) возникают недопустимые броски тока в моменты включения вентиля, в связи с чем возникает необходимость в принятии дополнительных схемных решений, значительно усложняющих силовую часть ПЧ. Необходимо отметить, что СД, как правило, проектируются так, что по отношению к сети они являются источниками реактивной мощности (т.е. являются активно-емкостной нагрузкой). Кроме того, инвертор тока технически реализуется проще инвертора напряжения, т.к. в нем отсутствует обратный диодный мост. Достоинством рассмотренных выше схем ПЧ с управляемыми выпрямителями заключается в относительной простоте их реализации. В качестве недостатков рассмотренных схем следует отметить: низкий коэффициент мощности; наличие высших гармоник напряжения.

Существенными преимуществами обладают схемы ПЧ с неуправляемыми выпрямителями и АИ - ШИМ, позволяющие получить синусоидальное напряжение или ток на выходе инвертора. В качестве устройства управления используется микропроцессор, осуществляющий распределение импульсов управления.

При проектировании автоматизированных систем мягкого пуска СД необходимо обратить внимание на следующие аспекты применения комплектных полупроводниковых устройств: выбор принципа организации устройства плавного пуска СД; выбор управляемого полупроводникового устройства, с учетом установленной мощности приводного механизма.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Лезнов, Б. С. Экономия электроэнергии в насосных установках. М.: ЭАИ, 1991.

2 Мельников, В. Ю., Кибартас, В. В., Кибартене, Ю. В., Зигангирова, Е. В. Энергосберегающая система регулирования производительности насосной установки Сб. трудов МНТК конференции "Наука - Техника Технологии на рубеже 3-го тысячелетия" Россия, г. Находка, 2001.

3 Слежановский, О. В. Системы подчиненного регулирования электропривода переменного тока с вентильными преобразователями/ О.В. Слежановский, Л.Х. Дацковский, И.С. Кузнецов и др. - М: ЭАИ, 1983.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 21.12.13.

*V. V. Kibartas, Yu. V. Kibartene, A. S. Kabyldin*

**Синхронды электрқозғалтқыш агрегаттары орташа және жоғары қуаттылықта жартылай өткізгіш құрылысын іске қосу**

С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 21.12.13 редакцияға түсті.

*V. V. Kibartas, Yu. V. Kibartene, A. S. Kabyldin*

**Semiconductor devices of soft start of synchronous electric motors of medium and high power units**

Pavlodar State University  
named after S. Toraigyrov, Pavlodar.  
Material received on 21.12.13.

*Синхронды электрқозғалтқыш үрдістерін жіберуді жақсарту үшін шала өткізгіш құрылысын қолдану сұрақтары қарастырылған, техникалық шешімі, синхронды электрқозғалтқыштың жіберу қасиетін жақсартуға бағытталған. Орташа және күшті қуатты*

*синхронды электрқозғалтқыштың агрегаттарын жеңіл жіберіп басқаруды қамтамасыздандыру шешімі қарастырылған.*

*Questions of use of semiconductor devices for improving the processes of synchronous electric motors start-up are considered, the technical solutions directed on improvement of starting properties of the synchronous electric motor are considered. The considered decisions will provide operated soft start-up of synchronous electric motors of the average and high capacity units.*

УДК 620.92

**В. Р. Киушкина\***, **А. А. Шацева\***, **А. Н. Бергузинов\*\***  
**Е. Ж. Сарсикеев\*\*\***

## **ИНТЕГРАЦИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ТЕРРИТОРИИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

*В статье представлена оценка уровня развития возобновляемых источников энергии на примере локального использования в Республике Саха (Якутия). Рассмотрены аспекты законодательной и нормативной базы развития ВИЭ в РС (Я). Идентифицированы барьеры при внедрении установок на базе ВИЭ, сформулированы задачи интеграции ВИЭ. Выявлены основные выгоды в результате интеграции ВИЭ в энергобаланс республики.*

*Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, децентрализованная зона, задачи интеграции, повышение энергоэффективности.*

В последние годы тенденция роста использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) становится достаточно явной. Ежегодно темпы ее глобального роста превышают 10 % и, по прогнозам, будут сохраняться в будущем. В балансе России доля нетрадиционных возобновляемых источников энергии не превышает 1,5 % (удельный вес нефти, природного газа и угля суммарно составляет около 90%). По масштабам использования возобновляемых источников энергии Россия отстает от большинства государств мира, несмотря на то, что ресурсы, поддающиеся использованию на техническом уровне уже сегодня, огромны. По состоянию на 2002 год технический потенциал оценен в 4,6 млрд. т у.т. (табл. 1), т.е. в 5 раз больше объема потребления всех топливно-энергетических ресурсов России. Их экономический потенциал составляет 270 млн. т у.т., т.е. более 25% внутреннего потребления энергоресурсов в стране [1].

Таблица 1 - Потенциал возобновляемых энергоресурсов на территории РФ

Ресурсы	Валовый потенциал, млн. т у.т./год	Технический потенциал, млн. т у.т./год	Экономический потенциал, млн. т у.т./год
Энергия ветра	26х103	2000	10,0
Малая гидроэнергетика	360,4	124,6	65,2
Солнечная энергия	2,3х106	2300	12,5
Энергия биомассы	10х103	53	35
Геотермальная энергия	*	*	115,0**
Низкопотенциальное тепло	525	115	36
Итого по НВИЭ	2,36х106 (без геотермальной энергии)	4593,0 (без геотермальной энергии)	273,5

\*По приближенной оценке ресурсы геотермальной энергии в верхней толще глубиной до 3 км составляют около 180 трлн. т у.т., а пригодные для использования – около 20 трлн. т у.т.  
\*\*В качестве экономического потенциала взята оценка запасов первоочередного освоения теплоэнергетических вод и парогидротерм с использованием геотермальной технологии.

Перспективы традиционной энергетики на ископаемом топливе напротив не утешительны. Так, по официальным прогнозам легко добываемого газа в России хватит на 80 лет, а нефти — на 20 лет [2]. Решить проблемы тепло- и электроснабжения населения и производства в условиях России могут возобновляемые источники энергии. Кроме этого ВИЭ способны повысить надежность энергоснабжения населения и производства (особенно сельскохозяйственного) в зонах децентрализованного энергоснабжения (главным образом в дефицитных энергосистемах), снизить ущерб от аварийных и ограничительных отключений, особенно частых в сельской местности. 63%

По мнению экспертов, развитие ВИЭ полностью на всей территории нашей страны не целесообразно, однако есть регионы, где это просто необходимо. Сегодня Дальневосточный регион, и особенно – Республика Саха (Якутия) – один из самых перспективных для реализации проектов возобновляемых источников энергии. Здесь существуют изолированные системы, между которыми зачастую отсутствуют связи даже в соседних населенных пунктах. Крупные электростанции значительно удалены от потребителей. Кроме того, доля стоимости топлива в тарифе составляет почти 60%, поскольку Дальний Восток напрямую зависит от привозного угля и особенно мазута [3]. Поэтому необходим поиск иных путей обеспечения устойчивого энергоснабжения.

Большее половины (54%) населения арктических районов Якутии проживает в поселках городского типа, 46 % в малочисленных сельских пунктах [4]. Основным родом деятельности жителей селений арктических улусов являются оленеводство, рыболовство, охота, мясо-молочное животноводство и земледелие (рис. 1). Основные производственные фонды как промышленного, так и сельскохозяйственного назначения невелики.

Электроснабжение населенных пунктов отличается преобладанием коммунально-бытовой нагрузки (освещение, электропитание маломощных

бытовых электроприборов) с ярко выраженным сезонным характером и непостоянным суточным графиком. Труднодоступное расположение поселений арктических улусов, с редкими очагами промыслово-животноводческого хозяйства, привело к неизбежности образования децентрализованных зон с первостепенным источником электрической энергии – дизельными электростанциями (ДЭС).

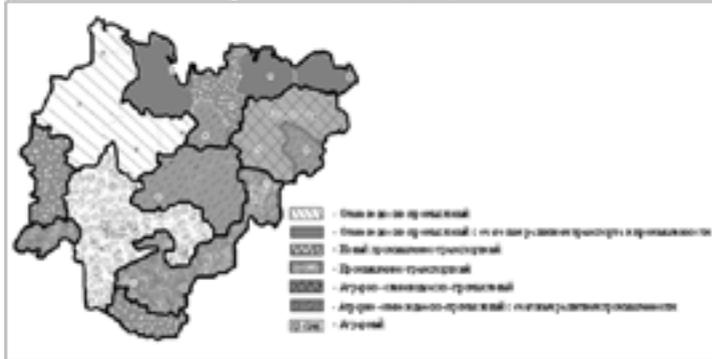


Рисунок 1 - Типы освоения территории Якутии

Фрагментарное расположение ДЭС по территории республики и общая географическая удаленность от поставщиков топлива создают большие трудности с доставкой топлива, необходимостью его резервирования в связи с сезонным характером его завоза. Недостаток собственного автотранспорта и сложная транспортная схема доставки приводят к постоянному росту стоимости завоза дизтоплива, что отражается на росте тарифов на электроэнергию и усиливает зависимость населения и предприятий от бесперебойности поставок дизельного топлива.



Рисунок 2 - Проблемы локальной энергетики РС(Я)

Себестоимость 1 кВт/ч энергии, выработанного дизельными станциями, колеблется от 20 до 40 рублей. При этом степень износа основного

оборудования ДЭС в среднем равна 75% и продолжает нарастать. ОАО АК «Якутскэнерго», лидер на республиканском рынке электроэнергии, вместе со своим дочерним обществом ОАО «Сахаэнерго» находится в активном поиске замены дорогостоящему и неэкологичному дизтопливу [5].

Учитывая такую особенность функционирования локальной республиканской энергетики как неравномерный график нагрузок и необходимость кратного резервирования мощностей, альтернативным решением могут стать источники энергии, сочетающий в себе элементы нетрадиционной – ветровые электростанции, солнечные модули, мини- и микро-ГЭС, и традиционной энергетики – ДЭС, в качестве резервного источника мощности. Комбинированные системы энергоснабжения позволят значительно снизить финансовые ресурсы, привлекаемые для завоза дизельного топлива, что делает реализацию проектов с ВИЭ экономически эффективной, а по достижении окупаемости проекта позволит снизить тариф и решить первостепенную задачу интеграции ВИЭ в децентрализованной энергетике – повышение надежности электроснабжения потребителей и устойчивого функционирования малых энергетических хозяйств.

Самый большой, к тому же расположенный на Крайнем Севере страны, регион России острее всех нуждается в эффективных механизмах энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Для обеспечения условий реализации проектов ВИЭ необходимо применить системный подход, основной задачей станет запуск единичных проектов в серийное производство, с климатическим исполнением для северных регионов. Также необходимо решить вопросы, связанные с тарифным регулированием и обеспечением возврата инвестиций, с учетом практики финансирования проектов ВИЭ. Утверждение фиксированной стоимости 1 кВт·ч электроэнергии, вырабатываемой ВИЭ, позволит стимулировать их строительство на основе государственного частного партнерства и сократить затраты изолированной энергетики снижением объемов финансовых средств, уходящих на ввозимые топливные ресурсы.

Как показывает мировой опыт, без эффективной государственной поддержки, выраженной в наличии законодательно установленных механизмов стимулирования производителей энергии из ВИЭ – тарифных систем, систем квот и «зеленых сертификатов», налоговых льгот, надбавок и т.п. – успешное развитие ВИЭ практически невозможно, так как себестоимость энергии, получаемой от возобновляемых источников, оказывается чаще всего выше энергии от традиционных источников.

В правительстве Республики Саха (Якутии) в настоящее время только создается законодательная база стимулирования механизмов энергосбережения. Государственная политика в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, проводимая на территории республики, ставит перед собой ряд задач, выполнение которых позволит



атмосферы и малой облачности ресурсы солнечной энергии в Республике Саха оказываются больше, чем в других субъектах Дальневосточного федерального округа (рис. 5).

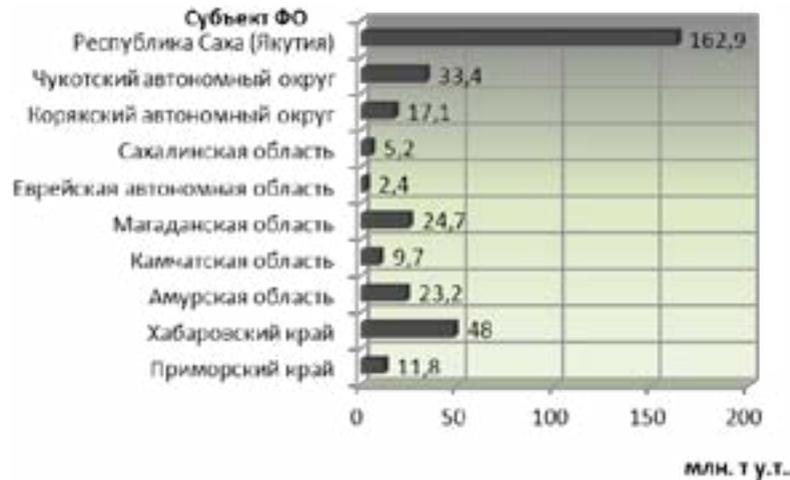


Рисунок 5 - Технический потенциал производства электроэнергии субъектов Дальневосточного федерального округа

В качестве эксперимента в июне 2011 г. произведен ввод в эксплуатацию солнечной электростанции (СЭС) мощностью 10 кВт в параллельной работе с дизельной электростанцией в п. Батамай Кобяйского улуса. Опыт эксплуатации в течение весенних и летних месяцев оказался столь положительным, что в августе 2012 г. мощность станции была увеличена до 30 кВт, а во 2 квартале 2012 года в п. Ючюгей Оймяконского района была построена еще одна СЭС мощностью 20 кВт. Весной текущего года в поселке Дулгалах Верхоянского улуса в составе автономного энергетического комплекса запущена в эксплуатацию третья по счету среди СЭС ОАО «Сахаэнерго», и первая, построенная за границей Полярного круга. Теперь энергоснабжение поселка сочетает в себе традиционные и возобновляемые источники энергии: автоматизированную блочно-модульную ДЭС 350 кВт и фотоэлектрические панели [8].

Успешный опыт эксплуатации объектов генерации солнечной и ветровой энергии подтверждает необходимость внедрения технологий ВИЭ в зоны децентрализованного энергоснабжения с целью улучшения ситуации в сфере надежности энергоснабжения и повышения энергетической безопасности региона в целом. Для определения основных задач, которые состоят в выполнении комплекса конкретных работ, проектов и реализации их на

практике для получения энергии от возобновляемых источников в условиях Республики Саха (Якутия) необходимо четко обозначить существующие проблемы в данной сфере деятельности.

При идентификации барьеров на пути внедрения ВИЭ определены четыре проблемные группы (рис. 6), работа в рамках которых позволит определить механизмы поддержки развития ВИЭ, направленные на использования потенциала возобновляемой энергетики в системе энергоснабжения республики для решения проблемы децентрализованного потребителя.



Рисунок 6 - Идентифицированные барьеры на пути внедрения ВИЭ [9]

На сегодняшний день по всем видам оборудования для ВИЭ Россия находится на мировом уровне, за исключением ветроустановок большой мощности (1-3 МВт) и передовых исследований в области фотоэлементов. Однако малый объем заказов лишает изготовителей возможности совершенствовать свои изделия и снижать цены. Без специальной поддержки проекты использования ВИЭ не тиражируются, а оборудование для них остается штучным.

Нехватка технического и рабочего персонала эксплуатационников, кадровые ограничения на уровне специалистов инженерного профиля говорят о необходимости формирования научно-технической и кадровой платформы для полноценного развития ВИЭ. Помимо повышения уровня профессиональной подготовки специалистов в данной области немаловажным является осознание населением актуальности задачи использования ВИЭ для региона и страны в целом.

Также необходима дополнительной поддержке стартовых фаз проектов, т.к. производимая на основе ВИЭ электроэнергия, может достичь уровня

конкурентоспособности с традиционными видами топлива только при привлечении инвестиций для развития ВИЭ путем оказания льгот для инвесторов и потребителей.

Для формирования благоприятного инновационного климата для внедрения ВИЭ необходим системный подход в рамках реализации целей и задач интеграции (рис. 7), который позволит создать энергоснабжение на базе возобновляемых источников энергии и обеспечить условия для его устойчивого функционирования.



Рисунок 7 - Цели и задачи интеграции ВИЭ в энергобаланс РС(Я)

В результате интеграции ВИЭ в энергобаланс республики будут достигнуты следующие результаты:

- осознание населением актуальности задачи использования ВИЭ для страны;
- снижение импорта ископаемого топлива;
- снижение уровня загрязнения окружающей среды и газовыделений;
- повышение показателей энергетической безопасности и снижение энергетической зависимости от импортируемых источников энергии;
- дополнительное создание новых рабочих мест.

Интеграция мер в области возобновляемых источников энергии в энергетическую стратегию представляет собой важный вклад в обеспечение энергетической безопасности, диверсификации источников и достижение других целей в сфере энергетики. Учитывая наличие технологически изолированных энергорайонов и районов децентрализованного энергоснабжения на территории Республики Саха (Якутия), повышение энергоэффективности производства электроэнергии имеет большое значение, которое будет достигнуто за счет применения возобновляемых источников энергии.

Статья выполнена в рамках государственного исследования №5245: «Повышение эффективности реализации стратегии энергетической безопасности Республики Саха (Якутия) на основе диверсификации децентрализованного электроснабжения возобновляемыми источниками энергии».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Безруких, П. П.** Нетрадиционные возобновляемые источники энергии // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». 2008. № 5. URL: [http://esco-ecosys.narod.ru/2008\\_5/art140.htm](http://esco-ecosys.narod.ru/2008_5/art140.htm) (дата обращения 18.02.2013).

2 **Гаврилов, В. П.** Прогноз развития газовой отрасли России в условиях глобального похолодания (РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина) // Журнал «Газовая промышленность». 2012. №11. URL: [http://www.gubkin.ru/faculty/geology\\_and\\_geophysics/chairs\\_and\\_departments/geology/Gas%20brach%20in%20cold%20conditions.pdf](http://www.gubkin.ru/faculty/geology_and_geophysics/chairs_and_departments/geology/Gas%20brach%20in%20cold%20conditions.pdf) (дата обращения 18.02.2013)

3 Радужные перспективы для ВИЭ на Дальнем Востоке // Северо-Западный информационный центр «Энергоэффективность и ресурсосбережение». 2012. URL: <http://www.spbenergo.com/newsrea/1159-vostok-vie.html> (дата обращения 03.03.2013).

4 **Леонтьева, К. Н.** Экономическая эффективность применения альтернативных источников энергии на севере России // «Экономика и менеджмент в современном мире»: Труды Междунар. заочной научно-практ.

конференции. – Новосибирск, 2012. - URL: <http://sibac.info/index.php/2009-07-01-10-21-16/3210-2012-06-29-07-34-46> (дата обращения 01.03.2013).

5 Пресс-служба ОАО АК «Якутскэнерго». Ветроэнергетика и солнечные электростанции - в Якутии // Официальный информационный портал РС(Я). 2012. URL: <http://sakha.gov.ru/sakha/node/88961> (дата обращения 16.03.2013).

6 Пресс-служба ОАО «Сахаэнерго». Свет и тепло якутских улусов // Губернский деловой журнал». 2012. № 11-12. URL: [http://sakhaenergo.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=657](http://sakhaenergo.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=657) (дата обращения 16.03.2013).

7 Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива (показатели по территориям) / под ред. П.П. Безруких - М.: «ИАЦ Энергия», 2007 – 272 с.

8 Еще плюс 20 кВт солнечной энергии для Якутии // Интернет-портал сообщества ТЭК. 2013. URL: <http://www.energyland.info/news-print-106187> (дата обращения 01.07.2013).

9 **Постолатий, В. М., Берзан, В. П., Ермуратский, В. В., Капралов А.И., Бурцев С.В.** и др. Национальная Программа по использованию возобновляемых источников энергии на 2006-2010г.г. // Официальный сайт Республики Молдова по изменению климата. 2006. URL: <http://www.clima.md/files/EficientaEnergetica/Publicatii/RO/Problemele%20Energeticeii%20Regionale%20nr%202%202006%20Programul%20RES%20rus.pdf> (дата обращения 11.06.2013).

\*Технический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова, Россия;

\*\*Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар;

\*\*\*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия.  
Материал поступил в редакцию 26.12.13.

*В. Р. Киушкина\**, *А. А. Шацева\**, *А. Н. Бергузинов\*\**, *Е. Ж. Сарсикеев\*\*\**

**Алыс шығыс территориясында қайтадан жаңаратын энергия көздерінің интеграциясы**

\*М. К. Аммосов атындағы Солтүстік-Шығыс Федералдық университеті, Ресей;

\*\*С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;

\*\*\*Ұлттық зерттеу Томск политехникалық университеті.  
Материал 26.12.13 редакцияға түсті.

*V. Kiushkina\**, *A. Shatceva\**, *A. Berguzinov\*\**, *E. Sarsikeev\*\*\**

**Integration of renewable energy sources on the territory of the Far East**

\*Technical Institute (branch) of North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Russia;

\*\*Pavlodar State University named after S. Toraigyrov, Pavlodar;

\*\*\*National Research Tomsk Polytechnic University, Russia.

Material received on 26.12.13.

*Мақалада Саха (Якут) Республикасында жергілікті пайдалану мысалында қайтадан жаңаратын энергия көздерінің даму деңгейінің бағасы көрсетілген. СР(Я) қайтадан жаңаратын энергия көздері даму базасының заңнамалық және нормативтік аспектілері қарастырылған. Қайтадан жаңаратын энергия көздері базасы ретінде қондырғыларды енгізуде тосқауылдар сөйкестендірілген, ҚЖЭК интеграциялау міндеттері тұжырымдалған. Республика энергобалансында ҚЖЭК интеграциясы нәтижесінде негізгі пайдалар алынған.*

*Кілтті сөздер: қайтадан жаңаратын энергия көздері, орталықтандырылмаған аймақ, интеграция міндеттері, энергия тиімділігін жоғарылату.*

*In the article the estimation of the level of renewable energy sources development on the example of the local use in the Republic of Sakha (Yakutia). The aspects of the legislative and regulatory framework of renewable energy development in SR (Ya). Barriers in the implementation of installations based on renewable energy are identified, the problems of integration of RES stated. The main benefits from integration of renewable energy in the energy balance of the Republic are revealed.*

*Keywords: renewable energy sources (RES), decentralized area, the task of integration, higher energy efficiency.*

**А. П. Кислов\*, А. Н. Бергузинов\*, Д. Сагидулла\*\***

## **ВЫСШИЕ ГАРМОНИЧЕСКИЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ РАБОТЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

*В статье рассмотрены высшие гармонические составляющие токов и напряжений при работе электротехнологических установок.*

Наличие в контурах отдельных видов ЭТУ нелинейных элементов является одной из причин появления высших гармонических токов и напряжений в электрических сетях, питающих эти ЭТУ. К элементам такого рода относятся электрические дуги ДСП и РТП; выпрямительные агрегаты установок вакуумных дуговых печей; статические преобразователи частоты установок индукционных печей; тиристорные блоки со встречно-параллельным включением вентилей для регулирования мощностей печей сопротивления и индукционных печей; печные трансформаторные агрегаты.

Нелинейность вольтамперной характеристики дуги ДСП и РТП вызывает искажение формы кривой тока и генерацию высших гармонических. Несинусоидальные токи через печной трансформатор попадают в сеть электроснабжения и вызывают для каждой гармоники различные падения напряжения, в результате чего искажается форма кривой питающего напряжения.

Наряду с дуговым разрядом электропечной контур содержит другой существенно нелинейный элемент - трансформаторный агрегат, состоящий для печей малой емкости из печного трансформатора и токоограничивающего реактора, а для мощных печей - из регулировочного автотрансформатора и печного трансформатора. В номинальном режиме работы сталь сердечников трансформаторов, реакторов и автотрансформаторов не насыщена (намагничивающий ток составляет 0,5-3 %  $I_{ном}$ ). В режимах эксплуатационных КЗ при включениях и отключениях трансформаторных агрегатов наличие стальных сердечников оказывает существенное влияние на кривую тока в цепи. В момент отключения печного трансформаторного агрегата в сеть генерируется непродолжительный (0,01—0,03 с) фронт импульсов частотой 10-20 Гц и амплитудой (1,5-3,5) Uф. Эти колебания вызваны нелинейностью вольтамперной характеристики аппаратной дуги и повторными ее зажиганиями.

Существенно нелинейными элементами в электрических цепях ЭТУ являются выпрямительные устройства и тиристорные преобразователи, получившие широкое распространение взамен электромашинных преобразователей.

Наличие в напряжении системы электроснабжения значительной доли высших гармонических составляющих обуславливает увеличение потерь в сети, возникновение помех в работе близлежащих линий связи, нарушения действия дугогасящих катушек в сетях с компенсирующими устройствами. При применении конденсаторных батарей для повышения коэффициента мощности, в том числе и для печных установок, возможен частичный резонанс напряжений или токов (в зависимости от схемы соединений батарей с печным трансформатором) для  $\nu$ -й гармоники. При этом трансформаторы и конденсаторные батареи перегружаются токами высших гармонических составляющих.

Высшие гармоники приводят к большим затруднениям при автоматическом регулировании, так как измерительные системы электронных регуляторов реагируют на амплитудные значения токов и напряжений, а последние наиболее сильно искажаются высшими гармоническими составляющими.

Высшие гармоники ухудшают режимы работы трехфазных электроприемников (вращающихся машин). Возникновение в таких приемниках магнитных полей, вызывающих дополнительные потери, и появление отрицательного вращающего момента ведет к дополнительному нагреву обмоток, ускоряя старение изоляции и, таким образом, снижая срок службы приемников.

В связи с изложенным возникает задача рассмотрения влияния ЭТУ на такой показатель качества электроэнергии, как несинусоидальность формы кривой напряжения в сетях переменного тока.

Согласно ГОСТа несинусоидальность формы кривой напряжения характеризуется:

- а) составом высших гармоник, каждая из которых определяется действующим значением  $U_\nu$ ;
- б) действующим значением всех высших гармоник, равным

$$U_{\Sigma \nu} = \sqrt{\sum_{\nu=3}^{\infty} U_\nu^2},$$

где верхний предел суммирования может быть ограничен  $\nu=13$ .

Несинусоидальность формы кривой напряжения, при которой  $U_{\Sigma \nu}$  не превышает 5% действующего значения напряжения основной частоты ( $U_{\nu=1}=U_1$ ), длительно допустима на выводах любого приемника электрической энергии.

Остановимся подробнее на наиболее мощных источниках высших гармонических составляющих - ДСП.

Высшие гармоники влияют как на другие потребители, так и на сами ДСП. Исходя из условия, что несинусоидальный ток за небольшой отрезок времени периодически изменяется, потери энергии  $\Delta W_{\alpha}$ , соответствующие сопротивлению короткой сети гк,с, можно записать следующим образом:

$$\Delta W_{\alpha} = r_{гк,с} (I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots) \Delta t = r_{гк,с} I_1^2 \Delta t,$$

где  $I_1$ - $I_4$  - токи гармоник 1-4 и т. д.;  $r_{гк,с}$  - эквивалентное сопротивление печного контура, т. е. сопротивление, дающее такие же потери, которые были бы с учетом всех гармоник, но при действии только основной гармоники.

В свою очередь потери от токов первой гармоники

$$\Delta W'_{\alpha} = r_{гк,с} I_1^2 \Delta t.$$

Относительное увеличение потерь для несинусоидального тока:

$$\frac{\Delta W_{\alpha}}{\Delta W'_{\alpha}} = \frac{r_{гк,с}}{r_{гк,с}} = 1 + \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2 + \left(\frac{I_3}{I_1}\right)^2 + \left(\frac{I_4}{I_1}\right)^2 + \dots$$

Подобным же образом происходит увеличение реактивных потерь:

$$\frac{\Delta W_p}{\Delta W'_p} = \frac{X_{гк,с}}{X_{гк,с}} = 1 + \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2 + \left(\frac{I_3}{I_1}\right)^2 + \left(\frac{I_4}{I_1}\right)^2 + \dots$$

Несимметричный режим работы печи, а также несимметрия токопровода сказываются на гармоническом составе токов и питающего напряжения: 3-я и кратные трем гармоники возникают во всех фазах.

Для определения количественного состава высших гармонических составляющих был проведен комплекс измерений на ДСП различной емкости, целью которых было определение относительной доли высших гармоник в токе и напряжении на стороне высшего напряжения печного агрегата и напряжении электрод-земля. Основные параметры и сопротивления

электрических цепей исследованных ДСП приведены в табл. 3.5, а данные по составу высших гармонических составляющих - в табл. 3.6 - 3.8.

Измерения производились в следующих точках электропечного контура (рис. 3.4) А - падение напряжения на электроде и дуге по отношению к общей точке; Б - напряжение на первичной стороне печного трансформатора; В - фазные токи на стороне высшего напряжения; Г - напряжение питающей системы. Датчиками напряжения служили емкостные делители напряжения 35/6/0,02 кВ.

Использование емкостных делителей позволило исследовать гармонический состав фазного напряжения в любой точке печного контура и на шинах питающей подстанции при отключенной печи.

Датчиками тока служили встроенные в электропечной контур трансформаторы тока. Во вторичных цепях маломощных печей установлены трансформаторы тока, вторичные обмотки которых подключены к цепям автоматического регулирования. Во вторичных цепях мощных и сверхмощных печей трансформаторы тока не устанавливались из-за невозможности их изготовления.

В результате экспериментов на печах ДСП-100 было показано, что сдвиг по фазе между первичным током, снимаемым с помощью пояса Роговского с последующим интегрированием, равен нулю.

Сигналы тока и напряжения, уменьшенные до значения входного сигнала, подавались одновременно на два записывающих устройства: на электронно-лучевой осциллограф с механической разверткой, с помощью которого одновременно записывались три тока и напряжения, и на магнитную ленту.

Осциллограммы обрабатывались методом аналитического разложения непериодических функций в гармонический ряд.

В результате обработки определяли содержание относительной доли амплитудных значений высших гармоник в зависимости от амплитуды основной синусоиды и углы сдвига каждой исследуемой гармоники.

В осциллограммах напряжения электрод-земля также определяли относительные доли нулевой гармоники (постоянной составляющей).



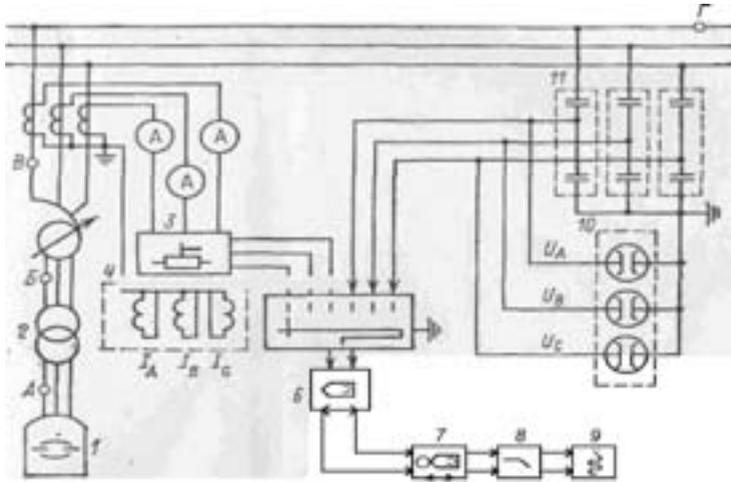


Рисунок 1 - Схема экспериментальных измерений гармонического состава напряжения и тока в контуре ДСП: 1 - дуговая сталеплавильная печь; 2 - печной трансформаторный агрегат; 3 - магазин шунтов и сопротивлений; 4 - магнитная система отклонения осциллографа; 5 - переключатель рода работ на входе записывающего устройства; 6 - устройство, записывающее на магнитную ленту; 7 - кольцевой магнитофон; 8 - анализатор гармоник низких частот; 9 - регистрирующий прибор; 10 – электростатическая система отключения осциллографа; 11 - емкостные делители напряжения

На магнитную ленту со скоростью около 19,05 см/с записывали сигналы тока и напряжения. Обработку сигналов производили методом последовательного анализа спектров нестационарных случайных процессов колебаний напряжений и токов в контуре ДСП. С записывающего устройства сигнал поступал на кольцевой магнитофон, где в течение периода закольцовки производилась запись сигнала. С головок воспроизведения кольцевого магнитофона информация, повторяющаяся с периодом  $T_p$ , поступала на вход анализатора гармоник низких частот.

При перестройке анализатора последовательно на разные частоты входной сигнал раскладывали на гармонические составляющие. Действующие значения гармонических составляющих считывали со стрелочного прибора и одновременно записывали на регистрирующее устройство. В результате исследований на вышеуказанной серии печей было получено распределение гармонического состава напряжения и тока по ходу плавки. С увеличением мощности печей содержание нулевой и четных гармоник уменьшалось, а 3-й и кратных трех увеличивалось.

Исследовался гармонический состав напряжения и тока на стороне 35 кВ ДСП-200 с трансформатором мощностью 60 МВ.А. Мощность короткого замыкания на шинах высокого напряжения, питающих печь, равна 920 МВ.А.

В процессе записи исследуемого сигнала фиксировали его действующие значения. Усредненные за период реализации действующие значения тока и напряжения использовали для расчета действующих значений каждой гармонической составляющей по формуле

$$X = \sqrt{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_{13}^2},$$

где  $X$  - действующее значение исследуемого сигнала;  $X_1$  - действующее значение основной гармоники, принятое за 100 %;  $X_{2-13}$  - действующие значения соответствующих гармоник.

Мгновенные значения несинусоидального напряжения и тока описывались выражениями:

$$\left. \begin{aligned} u &= U_0 + \sum_{v=1}^{13} U_{mv} \sin(\omega v t + \psi_v), \\ i &= I_0 + \sum_{v=1}^{13} I_{mv} \sin(\omega v t + \psi_v) \end{aligned} \right\}$$

где  $U_{mv}$ ,  $I_{mv}$ ,  $\omega_v$ ,  $\psi_v$ ,  $\varphi_v$  - соответственно амплитуды, частоты и фазы  $v$ -х гармонических составляющих.

Наибольший номер гармоники - 13. Фазы  $\psi_v$  и  $\varphi_v$ , постоянные составляющие  $U_0$  и  $I_0$  определялись методом графоаналитического разложения кривых напряжения и тока, записанных на осциллограммах.

Осциллограммы обрабатывались аналитическим методом применительно к периодическим несинусоидальным функциям вида  $f(\omega t)$ , удовлетворяющим условиям Дирихле. Функции представлялись бесконечным гармоническим рядом Фурье:

$$f(\omega t) = A_0 + \sum_{v=1}^{\infty} [B_v \sin(v \omega t) + C_v \cos(v \omega t)],$$

где  $\omega = 2\pi/T$ ;  $T$  - период изменения несинусоидальной функции.

Коэффициенты ряда определялись по формулам Эйлера-Фурье:

$$A_0 = \frac{1}{\omega T} \int_0^{\omega T} f(\omega t) d\omega t; \quad B_v = \frac{2}{\omega T} \int_0^{\omega T} f(\omega t) \sin(v \omega t) d\omega t; \quad C_v = \frac{2}{\omega T} \int_0^{\omega T} f(\omega t) \cos(v \omega t) d\omega t.$$

Графоаналитический метод определения  $A_0$ ,  $B_v$ ,  $C_v$  основан на приближенной замене определенного интеграла суммой конечного ряда

слагаемых. Это дало возможность получить слагающие амплитуды гармоники  $v$ -го порядка, а затем определить амплитуду и фазу гармоники:

$$A_v = \sqrt{B_v^2 + C_v^2};$$

$$\operatorname{tg} \varphi_v = C_v / B_v.$$

Коэффициенты несинусоидальности формы кривых напряжений и тока рассчитывались по формулам:

$$K_{wU} = \frac{\sqrt{\sum_{v=2}^n U_v^2}}{U_1}; \quad K_{wI} = \frac{\sqrt{\sum_{v=2}^n I_v^2}}{I_1}.$$

Запись сигналов напряжения и тока в контуре исследуемой печи осуществлялась при отключении печных трансформаторов параллельно работающих печей. Полученные результаты сравнивались с результатами исследования параллельной работы двух и более печей. Наиболее неблагоприятным режимом являлось наложение периодов расплавления шихты нескольких печей. Например, проводили эксперимент параллельного питания от одного ввода трех печей с трансформаторами мощностью 25 и 60 МВ.А, при этом коэффициент несинусоидальности питающего напряжения достигал 14,5%.

Плавку металла ДСП разбивали на периоды, характерные как по технологическому циклу, так и по электрическому режиму. Начало расплавления характерно глубокими колебаниями тока, несимметрией нагрузки фаз. При холодном металле дуга горит неустойчиво, длина ее все время меняется. В этот период содержание третьей гармоники преобладает над содержанием других гармонических составляющих в токе и напряжении; велики также нулевая и вторая составляющие.

По мере проплавления колодцев в шихте и появления жидкого металла дуги становятся короче, следовательно, горение их стабильно; 5-я и 7-я гармонические составляющие достигают своего максимального значения, а нулевая гармоника в напряжении электрод - земля достигают 15 % основной. Конец расплавления на малых печах и конец проплавления первых, вторых, а также третьих колодцев на больших печах отличался крайне беспокойным режимом. В этот период наблюдаются частые обвалы шихты, что приводит к шунтированию печных дуг, а следовательно, к несимметричной нагрузке фаз.

Наряду с этим недобор мощности отдельными фазами ввиду невозможности своевременного перепуска электродов приводит к резкой несимметрии нагрузки и к увеличению третьей и кратной трем гармоник. Наличие нулевой и четных гармоник в напряжении обуславливается различной электроэмиссионной способностью графитированного электрода

и металла, различными условиями охлаждения катодного пятна на электроде и на металле. Если катодом являлся электрод, то напряжения зажигания и горения ниже, чем когда катодом являлся металл.

В периоды окисления и рафинирования металла короткая печная дуга горит стабильно и устойчиво; содержание высших гармоник в напряжении и токе уменьшается и достигает своего минимального значения в конце плавки. Резкое уменьшение третьей гармоники свидетельствовало о равенстве фазных нагрузок и определяется в основном несимметрией короткой сети. В этот период искажения питающего напряжения не превышают 2 %.

Разложение сигналов напряжения и тока на гармонические составляющие ограничивалось 13-й гармоникой (650 Гц), что не противоречит условиям ГОСТа. Уровень сигнала гармоник выше 13-й соизмерим с уровнем погрешности метода последовательного анализа. Так, 15-я гармоника составляет около 0,07%. В фазном напряжении на шинах 35 кВ это составляло всего 14,1 В. Погрешность оценивалась в соответствии с требованиями ГОСТа. Она составила по амплитуде  $\delta_a = 2,805\%$ , по частоте  $\delta_\omega = 11,1\%$ . Погрешность по частоте уменьшали за счет улучшения разрешающей способности фильтра-анализатора гармоник.

Полученные данные (табл. 2 – 4) для печей различной емкости позволили выработать рекомендации при анализе влияния работы ДСП на системы электроснабжения в соответствии с ГОСТом, а также по гармоническому составу токов и напряжений в общей точке подключения с учетом параметров системы электроснабжения, схемы соединения и токов в узлах схемы, генерируемых ДСП и другими потребителями.

При решении задачи компенсации реактивной мощности в контуре ДСП как продольным, так и поперечными способами, учитывались высшие гармоники в токе и напряжении. Кроме расчета резонансных явлений в контурах компенсирующих устройств учитывалась загрузка конденсаторов токами высших гармоник и влияние этих токов на старение изоляции конденсаторов. Для общности основные результаты по составу высших гармонических (табл. 5) были приведены к параметрам энергетических систем, питающих исследуемые печи, в том числе мощности короткого замыкания по формуле

$$U_{дк}^* = \frac{I_{дк}}{I_{ном}} v (x_c + x_T + x_n) \frac{I_{ном}}{U_{ном}} = v \frac{I_{дк}}{I_{ном}} \left( \frac{S_{ном}}{S_K} + \sin \varphi_{ном} \right),$$

где  $v$  - номер гармоники;  $U_{дк}$ ,  $I_{дк}$  - напряжение и ток дуги  $v$ -й гармоники;  $x_c$  - сопротивление питающей сети;  $x_T$  - сопротивление трансформатора ГПП;  $x_n$  - сопротивление печного контура;  $U_{ном}$  - номинальное напряжение печного трансформатора;  $S_{ном}$  - номинальная мощность печного трансформатора;  $S_K$  - мощность короткого замыкания в точке подключения печи к ГПП;  $\sin \varphi_{ном} = \sin \arccos \cos \varphi_{ном}$  - соответствует номинальному значению коэффициента мощности печной установки.

Таблица 5 - Обобщенные характеристики состава высших гармонических для различных ДСП

Тип печи	Исследуемая печь и ее параметры			$S_K$ , МВ·А	Номер гармоники и соответствующие ему значения $I_{дк}^*$ (вверху), $U_{дк}^*$ (внизу), %											
	$S_{ном}$ , МВ·А	$\gamma$	$\cos \varphi_{ном}$		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ДС-5МТ	2,8	4,60	0,748	87,3	3,60	4,40	1,40	2,50	0,70	1,10	0,60	0,80	0,40	0,50	0,30	0,40
ДСВ-20	9	4,36	0,860	270	2,08	3,80	1,61	3,60	1,21	2,22	1,38	2,08	1,16	1,59	1,08	1,50
ДСП-100	32	5,60	0,720	761	7,20	12,3	5,40	5,70	1,70	1,10	0,80	0,90	0,50	0,40	0,30	0,40
ДСП-200	60	7,15	0,700	2513	5,90	15,1	8,80	11,65	4,16	3,14	2,60	3,30	2,04	1,08	1,47	2,12
					5,70	6,70	1,40	1,50	0,60	0,70	0,30	0,50	0,20	0,30	0,20	0,10
					5,04	8,90	2,47	3,31	1,59	2,16	1,06	1,98	0,88	1,46	1,06	0,57
					2,40	3,20	1,00	0,60	0,70	0,50	0,20	0,20	0,10	0,10	0,07	0,06
					2,94	5,90	2,45	1,84	2,58	2,14	0,98	1,10	0,61	0,68	0,52	0,47

Примечание:  $I_{дк}^* = (I_{дк} / I_{ном})100$ ;  $U_{дк}^* = (U_{дк} / U_{ном})100$ .

Полученные данные использовались для решения ряда практических задач, связанных с компенсацией реактивной мощности и мероприятиями по снижению уровня высших гармонических в электрических сетях при работе ДСП.

Применение вычислительной техники для решения практических задач позволяло обрабатывать значительные массивы данных, которые были получены при аналого-дискретных измерениях электрических сигналов напряжения и тока в интервалах времени, в течение которых в ДСП сохранялась стационарность и даже слабая эргодичность процессов, т. е. порядка 2-3 мин. Например, при дискретном измерении электрических сигналов промышленной частоты (50 Гц) и числе интервалов квантования около 50 (за период) получали за 2 мин матрицу размером 50X100. Такой массив являлся вполне представительным для получения результатов анализа статистическими методами, но мог быть реализован в реальном масштабе времени только с применением компьютеров.

Кроме того, применение ПК позволило привлекать для анализа более глубокие и сложные параметры исследуемых электрических сигналов, к которым можно отнести параметры спектральных характеристик, получаемых при анализе изменения во времени какого-либо информативного параметра величины (например, амплитуды или фазы  $v$ -й гармоники исследуемого электрического сигнала), определяемой как параметр начального исследуемого сигнала.

Еще раз отметим, что ЭТУ в силу своих особенностей как потребители электроэнергии являются источниками различного рода помех, снижающих качество электроэнергии в питающих сетях и оказывающих тем самым отрицательное влияние на работу других электроприемников. Вид помех, генерируемых ЭТУ, и степень их воздействия на показатели качества электроэнергии зависят от типа, числа и мощности ЭТУ, электрического режима, в котором они находятся, схемы подключения ЭТУ к питающей сети.

Основными видами помех, генерируемых ЭТУ, являлись:

- колебания токов и напряжений (ДСП, РТП);
- несимметрия токов и напряжений (ДСП, РТП, мощные однофазные индукционные печи, печи сопротивления и электрошлакового переплава);
- высшие гармонические токов и напряжений (ДСП, рафинировочные печи, установки, оснащенные полупроводниковыми выпрямителями и преобразователями);
- отклонения напряжения (все мощные ЭТУ).

Наиболее мощными источниками помех в электрических сетях являлись ДСП. Они практически создают весь комплекс перечисленных выше помех, особенно это относится к периоду расплавления твердой шихты.

Тенденция к росту числа и мощности ЭТУ, широкому использованию электротермических процессов в народном хозяйстве сильно осложнила проблему повышения качества электрической энергии в промышленных электрических сетях. Низкое качество электроэнергии отражается и на работе самих ЭТУ. Так, отклонения напряжения приводят к снижению производительности ЭТУ. Например, производительность ДСП в период расплавления пропорциональна квадрату подводимого к ней напряжения. Колебания и несимметрия напряжений снижают КПД и производительность ЭТУ. Высшие гармонические не только увеличивают потери, но и часто являются причиной выхода из строя конденсаторных установок, входящих в состав ЭТУ.

Показатели качества электроэнергии у ее приемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения, регламентируются ГОСТом. Вопросы обеспечения нормируемых показателей решаются комплексно при проектировании электроснабжения ЭТУ, а также при реконструкции, монтаже и наладке электротехнологического оборудования на заводах страны.

\*Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар;

\*\*ГРЭС-2, г. Экибастуз.

Материал поступил в редакцию 30.12.13.

*A. P. Kislov\*, A. N. Berguzinov\*, D. Sagidulla\*\**

**Электр технологиялық қондырғылардың жұмысындағы токтар мен кернеулердің жоғары гармоникалық құраушылары**

\*С. Торайгыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;

\*\*ГРЭС-2, Екібастұз қ.

Материал 30.12.13 редакцияға түсті.

*A. P. Kislov\*, A. N. Berguzinov\*, D. Sagidulla\*\**

**Higher harmonic components of currents and voltages at work of electro technological installations**

\* Pavlodar State University  
named after S. Toraigyrov, Pavlodar;

\*\* GRES-2, Ekibastuz.

Material received on 30.12.13.

*Мақалада электр технологиялық қондырғылардың жұмысындағы токтар мен кернеулердің жоғары гармоникалық құраушылары қарастырылған.*

*In the article the higher harmonic constituents of currents and tensions during work of electro technological are considered installations.*

УДК 621.373

**А. П. Кислов, А. Н. Бергузинов**

## **ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ НА СИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

*В статье рассмотрены влияния электромагнитных помех на силовое оборудование.*

Для производства, передачи и распределения электроэнергии требуются определенные средства производства, которые складываются из основных фондов и предметов труда. По принятой классификации силовое оборудование (генераторы, трансформаторы, электродвигатели и т.д.) и передаточные устройства (РУ, линии электропередачи и т.д.) являются наиболее дорогими группами основных фондов и входят в состав группы основного оборудования.

В настоящее время в электроэнергетике России быстрыми темпами увеличивается количество основного оборудования, отработавшего свой нормативный ресурс. К 2010 г. предельной наработки достигнет 761 турбина на ТЭС суммарной мощностью более 76 млн. кВт; к 2015 г. сработка ресурса генерирующих мощностей достигнет 112 млн. кВт или 62% от установленной мощности; к 2015 г. расчетный ресурс сработают 58% силовых трансформаторов напряжением 110 кВ и выше; к этому же году общая протяженность электросетей, отработавших расчетных ресурс, достигнет 75%. Темпы нарастания изношенного электрооборудования составляют от 2 до 6% в год от общего количества. Динамика перехода электрооборудования в категорию изношенного оборудования в 3,5-4 раза выше темпов списания по износу. Согласно новой концепции предоставления технологических услуг обеспечение надежности электрооборудования должно достигаться путем реализации трех основных направлений: своевременным и качественным ремонтом (42,5%); техническим перевооружением действующих энергообъектов (30%); модернизацией электрооборудования (10%). Техническое перевооружение и модернизация требуют значительных инвестиций в электроэнергетику и обуславливают отдельную сложную технико-экономическую проблему [82].

Сложившаяся ситуация в электроэнергетике такова, что в ближайшие десятилетия бесперебойное электроснабжение будет определяться надежностью действующего в настоящее время оборудования в региональных ЭЭС. Поэтому актуален поиск путей продления ресурса действующего электрооборудования и сетей за счет улучшения параметров ЭМО, обеспечивающих нормированные уровни ЭМС технических средств.

Такая постановка задачи требует ужесточить технологию эксплуатации высоковольтного электрооборудования с выработанным ресурсом. Для этого необходимо исключить воздействие на это оборудование кондуктивных ЭМП по коэффициенту несимметрии напряжений по обратной последовательности, а также других ЭМП, распространяющихся по сетям ЭЭС. Причем осуществить это необходимо при неудовлетворительном состоянии устройств релейной защиты и автоматики.

В настоящее время УРЗА в отдельных региональных ЭЭС не отвечают предъявляемым к ним требованиям из-за физического износа и изменения ЭМО в электрических сетях. Проблема реконструкции и перевооружения УРЗА обостряется тем, что началось интенсивное внедрение полупроводниковых и микропроцессорных (МП) устройств, многие из которых на несколько порядков более чувствительны к ЭМП, чем электромеханические. Для успешного применения МП устройств в условиях техперевооружения энергообъектов необходимо как можно более точно определять ЭМО в местах установок электрооборудования и его помехоустойчивость и привести их в соответствие путем разработки и осуществления защитных мероприятий. В конечном итоге все сводится к борьбе с ЭМП, которые проникают к УРЗА и к их исполнительным органам.

Социальный аспект подавления этих ЭМП обусловлен необходимостью повышения уровней ЭМС технических средств в быту. Прежде всего это относится к периферии России. Дело в том, что по экономическим и транспортным условиям предприятия промышленности (черной, цветной, химической и т.д.), электроустановки которых обуславливают появление кондуктивных ЭМП, приближены к сырьевым базам. В отдельных районах России и Казахстана и др. странах СНГ они стали социальным градообразующим фактором, на основе их образованы индустриальные районы с центрами в городах Норильске, Серове, Братске, Пышме, Кышме и др. (Россия), Балхаше, Темиртау, Аксу, Риддере и др. (Казахстан). Электрические сети этих городов и многочисленных рабочих поселков подвергаются воздействию кондуктивных ЭМП, миллионы граждан испытывают неудобства в быту из-за низких показателей КЭ.

Жизнеобеспечивающий аспект проблемы подавления кондуктивных ЭМП (повышение уровней ЭМС) обусловлен необходимостью жесткой экономии электроэнергии в регионах России и Казахстана, имеющих

холодный климат (ГОСТ 15150-69). Отличительная особенность электрической энергии как товара (продукции) состоит в том, что ее передача (транспортировка) осуществляется за счет ее расхода. При передаче электроэнергии с шин источников питания до приемников теряется больше при низких показателях КЭ от 15 до 27%, чем при нормируемых значениях этих показателей.

При использовании некачественной электроэнергии уменьшается коэффициент преобразования энергетического ресурса от 4 до 11% в следующих направлениях использования этого энергоносителя:

- электрокинетические процессы;
- электролиз цветных металлов и химических элементов, а также и другие электрохимические и электрофизические процессы;
- силовые процессы, их них двигательные процессы и процессы непосредственного воздействия.

Таким образом, с позиции повышения энергетической безопасности регионов кондуктивные ЭМП, распространяющиеся по сетям, представляют реальную опасность и поэтому должны быть подавлены.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 30.12.13.

*A. P. Kislov, A. N. Berguzinov*

#### **Күштік жабдықтарға электрмагниттік кедергілердің әсері**

С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 30.12.13 редакцияға түсті.

*A. P. Kislov, A. N. Berguzinov*

#### **Influence of the electromagnetic interferences on the power equipment**

Pavlodar State University  
named after S. Toraigyrov, Pavlodar.  
Material received on 30.12.13.

*Мақалада күштік жабдықтарға электрмагниттік кедергілердің әсері қарастырылған.*

*In the article the influence of electromagnetic interferences on the power equipment are considered.*

А. П. Кислов, А. Н. Бергузинов

### ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ ПРИ НЕСИММЕТРИИ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ В ТРЕХФАЗНОЙ СИСТЕМЕ

*В статье рассмотрены энергетические соотношения при несимметрии токов и напряжений в трехфазной системе.*

При рассмотрении энергетических процессов в трехфазных системах широко используют величину комплексной мощности. Комплекс мощности в трехфазной цепи составляет

$$S' = P + jQ = \dot{U}_A \hat{I}_A + \dot{U}_B \hat{I}_B + \dot{U}_C \hat{I}_C, \quad (1)$$

где  $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$  - комплексы фазных напряжений;

$\hat{I}_A, \hat{I}_B, \hat{I}_C$  - сопряженные комплексы фазных токов.

В соответствии с методом симметричных составляющих для фазных напряжений имеем

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_A &= \dot{U}_1 + \dot{U}_2 \\ \dot{U}_B &= a^2 \dot{U}_1 + a \dot{U}_2 \\ \dot{U}_C &= a \dot{U}_1 + a^2 \dot{U}_2 \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где  $\dot{U}_1, \dot{U}_2$  - соответственно векторы напряжений прямой и обратной последовательностей.

Учитывая, что комплекс сопряженный  $a$  равен  $a^2$  и наоборот, для комплексов фазных токов получим

$$\left. \begin{aligned} \hat{I}_A &= \hat{I}_1 + \hat{I}_2 \\ \hat{I}_B &= a \hat{I}_1 + a^2 \hat{I}_2 \\ \hat{I}_C &= a^2 \hat{I}_1 + a \hat{I}_2 \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где  $\hat{I}_1, \hat{I}_2$  - сопряженные комплексы токов прямой и обратной последовательностей.

Подставляя формулы (2) и (3) в выражение (1), после преобразования получим

$$S' = 3\dot{U}_1 \hat{I}_1 + 3\dot{U}_2 \hat{I}_2,$$

откуда

$$P = 3U_1 I_1 \cos \varphi_1 + 3U_2 I_2 \cos \varphi_2 = P_1 + P_2; \quad (4)$$

$$Q = 3U_1 I_1 \sin \varphi_1 + 3U_2 I_2 \sin \varphi_2 = Q_1 + Q_2, \quad (5)$$

где  $\varphi_1, \varphi_2$  - разности фаз симметричных составляющих фазных напряжений и соответствующих симметричных составляющих фазных токов прямой и обратной последовательностей;

$P_1, P_2$  - активные мощности составляющих токов и напряжений прямой и обратной последовательностей;

$Q_1, Q_2$  - реактивные мощности составляющих токов и напряжений прямой и обратной последовательностей.

Суммарное значение активной мощности  $P$  имеет тот же смысл, что и при симметричной системе. Аналогичная операция для реактивной мощности  $Q$  не имеет существенного смысла. Объясняется это тем, что резерв мощности одной последовательности не может компенсировать потребление реактивной мощности в системе другой последовательности. Реактивная мощность представляется формально составляющей мгновенной мощности, изменяющейся с двойной частотой. Физически это объясняется наличием в электрической цепи элементов, с которых возможно периодическое (в течение одного периода) накопление и возврат энергии.

В связи с этим в несимметричной системе реактивная мощность представляется величиной  $Q_1$ , а величину  $Q_2$  относят к мощности несимметрии  $H$ , хотя природа этих мощностей одинакова. Поэтому полная мощность несимметричной системы определяется по формуле

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + H^2}. \quad (6)$$

Коэффициент мощности трехфазной нагрузки определяет степень использования забираемой из сети полной мощности и определяется по формуле

$$\lambda = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + H^2}} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{P^2 + Q^2 + H^2}} \approx K_x \cos \varphi, \quad (7)$$

где  $\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$  - коэффициент сдвига, характеризующийся соотношением между активной и реактивной мощностями;

$K_x = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{P^2 + Q^2 + H^2}}$  - коэффициент несимметрии, характеризующий степень несимметрии нагрузки фаз.

Коэффициент использования активной мощности в несимметричной системе определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sqrt{Q^2 + H^2}}{P}. \quad (8)$$

Приведенные математические модели (7) и (8) показывают, что для эффективного использования электрической энергии необходимо стремиться к уменьшению реактивной мощности и мощности искажения. Следовательно, симметрирование нагрузки в трехфазной системе с энергетической точки зрения является задачей аналогичной компенсации реактивной мощности.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 27.12.13.

*А. П. Кислов, А. Н. Бергузинов*

**Үшфазалық жүйеде токтар мен кернеулердің симметриялы емес энергетикалық қатынастары**

С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 27.12.13 редакцияға түсті.

*A. P. Kislov, A. N. Berguzinov*

**Energy correlations in the asymmetry of currents and voltages in a three phase system**

Pavlodar State University  
named after S. Toraigyrov, Pavlodar;  
Material received on 27.12.13.

*Мақалада үшфазалық жүйеде токтар мен кернеулердің симметриялы емес энергетикалық қатынастар қарастырылған.*

*In the article the power correlations at asymmetry of currents and voltages in the three-phase system are considered.*

УДК 621.3.015

**А. П. Кислов, А. Н. Бергузинов**

**НЕСИММЕТРИЯ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ РАБОТЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

*В статье рассмотрена несимметрия токов и напряжений при работе электротехнологических установок.*

Несимметричные режимы электрической нагрузки ЭТУ наиболее проявляются при работе ДСП и РТП. Дуговые сталеплавильные и РТП являются мощными установками трехфазного тока, питание которых осуществляется от заводских распределительных сетей напряжением 6, 10 и 35 кВ. В соответствии с действующими правилами устройства электроустановок эти сети работают с изолированной нейтралью. При работе печей вследствие колебаний электрической нагрузки действующие значения токов в любой момент времени образуют несимметричную систему. Несимметрия токов усугубляется различием уставок регуляторов тока.

Несимметрия трехфазных токов характеризуется коэффициентом несимметрии, определяемым как отношение модуля составляющей обратной последовательности к модулю составляющей прямой последовательности:

$$\alpha = I_2 / I_1$$

Несимметричная трехфазная система токов  $I_A, I_B, I_C$  может быть разложена на симметричные составляющие токов прямой, обратной и нулевой последовательности:  $I_1, I_2, I_0$ .

В настоящее время практически все ДСП и РТП строятся с непроводящими подинами и работают без нулевого провода. Первичные и вторичные цепи ДСП и РТП являются трехпроводными без нулевого провода и нулевая составляющая в указанных сетях отсутствует ( $I_0=0$ ). Поэтому записали:

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{1}{3}(I_A + aI_B + a^2I_C), \\ I_2 &= \frac{1}{3}(I_A + a^2I_B + aI_C), \end{aligned} \right\}$$

$$a = e^{j120} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \text{ - фазовый оператор.}$$

При анализе несимметричных режимов коэффициент несимметрии токов  $a$  вычисляли непосредственно через модули (действующие значения) токов фаз  $I_A, I_B$ , и  $I_C$ , которые в условиях эксплуатации могут быть измерены тремя стрелочными амперметрами с помощью специального фиксирующего устройства, либо определены по синхронной записи действующих значений токов на многоканальном самопишущем приборе или с помощью осциллографа.

Формула для определения коэффициента несимметрии через действующие значения токов имеет вид:

$$\alpha = \frac{I_2}{I_1} = \frac{\sqrt{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 - 4P\sqrt{3}}}{\sqrt{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 + 4P\sqrt{3}}} = \frac{\sqrt{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 - 4\sqrt{3}p(p - I_A)(p - I_B)(p - I_C)}}{\sqrt{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 + 4\sqrt{3}p(p - I_A)(p - I_B)(p - I_C)}}$$

где  $P = \sqrt{p(p - I_A)(p - I_B)(p - I_C)}$ ;  $p = (I_A + I_B + I_C)/2$ .

Колебания токов отдельных фаз являются процессами случайными, поэтому коэффициент несимметрии токов изменяется во времени также случайным образом и требует для анализа использования статистических методов. Алгоритм по выражению для  $a$  был использован при статистическом анализе несимметричных режимов токов ряда установок ДСП и РТП. При экспериментальных исследованиях действующие значения токов всех трех фаз записывали синхронно на трехканальном самопишущем приборе. При

этом для ДСП (см. табл. 1) брали наиболее тяжелый период работы — период расплавления твердой шихты, который, в свою очередь, разделялся на наиболее характерные стадии (участки): расплавление первых (I), вторых (II) и третьих (III) колодцев, расплавление после подвалки шихты (IV). Для РТП брали периоды с установившимся и переходными режимами, а также периоды выпуска расплава.

Для ввода и обработки данных на компьютере непрерывно записанные процессы изменения токов представлялись в виде дискретных последовательностей синхронных «троек» ординат с объемом выборки  $n=T/\Delta t_k$ .

где  $T$  - длительность реализации;  $\Delta t_k$  - шаг дискретизации (квантования).

Шаг дискретизации выбирали из условия получения независимых значений токов. Минимальные значения его составляли: для ДСП - 5 с, для РТП - 5 мин. Минимальный объем выборки из условия допустимой погрешности оценки статистических параметров, не превышающей 10%, составлял 36 значений.

В табл. 1 и 2 в качестве примера приведены результаты исследования несимметрии токов печей ДСП-100/32 и трех печей типа РКО-20, используемых для выплавки ферросилиция.

Для ДСП-100/32 несимметрия токов исследовалась на пяти плавках для участков с периодом расплавления. В экспериментальных цепях уставки регуляторов тока менялись в пределах 90-150 % номинального тока печного трансформатора. В табл. 1 результаты статистической обработки расположены в порядке убывания среднего значения коэффициента несимметрии.

Анализ полученных материалов показал, что коэффициенты несимметрии в период расплавления принимали значения от 0 до 100 %; средний коэффициент несимметрии  $\bar{\alpha}$  лежал в пределах 7- 40 %. Между колебаниями токов и несимметрии обнаружили зависимость: усиление колебаний токов приводило к увеличению несимметрии (с увеличением  $\sigma I$  увеличивался в целом  $\bar{\alpha}$ , размах значений  $\alpha$  и  $\sigma_\alpha$ ).

Таблица 1 - Результаты исследования несимметрии токов в печи ДСП-100/32

№ исследуемой плавки	Технологический режим	Отношение среднего тока исследуемого участка к номинальному току печного трансформатора, %			Среднеквадратичное значение колебаний тока от значения номинального тока печного трансформатора, %			Коэффициент несимметрии средних токов $\alpha_{\bar{I}}$ , %	Размах значений $\alpha_p$ , %	Средний коэффициент несимметрии $\bar{\alpha}_I$ , %	Среднеквадратичное отклонение $\sigma_{\alpha}$ , %
		$\bar{I}_A$	$\bar{I}_B$	$\bar{I}_C$	$\sigma(I_A)$	$\sigma(I_B)$	$\sigma(I_C)$				
42	I	114,1	101,4	131,8	40,5	18,6	29,1	15,6	2,5-100	38,7	34,0
60	IV	114,1	110,0	108,6	37,7	35,5	37,7	3,0	2,9-100	29,2	8,5
50	I	114,0	99,1	104,1	43,6	40,0	44,1	8,7	4,4-50,7	23,2	11,2
42	IV	108,5	99,7	102,0	36,7	33,9	29,3	5,2	3,1-68,1	21,7	12,7
42	III	126,0	123,0	122,0	30,6	42,2	37,5	1,4	1,9-72,6	18,8	15,8
60	II	130,5	131,4	135,0	34,5	12,3	20,0	2,2	4,4-78,4	18,7	12,5
50	IV	106,4	108,6	106,4	34,5	28,6	29,5	1,4	3,6-44,4	17,6	8,1
60	IV	145,0	150,0	142,0	25,0	16,4	20,9	3,2	0,4-59,2	17,0	8,1
64	I	101,8	100,9	105,0	25,0	29,1	32,3	2,5	0,5-51,2	13,7	10,8
60	I	103,6	91,4	94,5	17,7	29,2	20,6	7,8	0-38,5	13,0	7,1
50	IV	124,5	123,6	126,4	15,5	20,0	17,3	1,0	2,1-60,2	12,5	16,5
63	IV	141,8	140,9	131,1	18,2	13,6	13,2	5,0	3,8-18,1	12,2	3,8
60	II	150,9	144,1	133,2	20,5	15,5	14,5	7,2	0,4-25,2	11,9	6,4
63	III	140,0	115,5	131,8	19,1	19,1	20,0	5,7	2,3-29,3	11,7	9,0
64	I	120,9	121,4	120,9	19,1	20,5	17,7	0,1	0-31,2	11,5	8,5
42	II	124,0	120,0	128,0	27,8	15,9	21,8	3,6	2,3-33,0	11,2	6,5
50	III	13,5	142,7	132,7	23,2	19,5	18,6	4,2	1,5-26,0	10,3	5,5
42	IV	101,0	105,0	109,0	15,9	16,9	12,3	4,2	0-26,0	10,2	5,0
50	IV	150,5	157,3	151,8	13,6	16,9	14,1	2,8	0-18,0	7,6	3,6

Подобная зависимость была также между полной несимметрией и несимметрией средних токов; по мере проплавления колодцев и к концу периода расплавления колебания токов постепенно снижались, вместе с этим уменьшалась и несимметрия токов. Наибольшие значения  $\alpha$  приходились на начало проплавления первых колодцев и на начальный период после подвалки шихты.

При значительном увеличении средних токов наблюдалось уменьшение колебаний токов и несимметрии; закон распределения значений  $\alpha$  отличался от нормального. Среднее значение  $\alpha$  практически во всех случаях было смещено влево от центра отсчета.

Таблица 2 - Результаты исследования несимметрии токов в печах РКО-20

Объект исследования	Статистические показатели, %				
	$\alpha_{I \min}$	$\alpha_{I \max}$	$\alpha_{\bar{I}}$	$\bar{\alpha}_I$	$\sigma_{\alpha}$
Одинокная печь РКО-20	0	34,5	1,9	5,3	6,3
Узел питания трех печей РКО-20	0	26,0	1,8	6,1	4,1

При исследовании режимов несимметрии токовой нагрузки ФСП ставилась одновременно задача выявления законов распределения значений  $\alpha_{\bar{I}}$ . Как показали исследования, теоретически наиболее точно они описываются гамма-распределением. Для участков с установившимся режимом возможно также использование логарифмически нормального распределения.

При установившихся процессах коэффициент несимметрии токовой нагрузки одиночных печей находится в диапазоне 0 - 10%. Наиболее большие и длительные режимы несимметрии соответствовали периодам выпуска расплава и перепуска электродов. При выпуске расплава фаза околелеточного электрода теряла до 60-70% нагрузки при одновременном повышении на 10-20% нагрузки на двух других фазах.

Поочередный перепуск электродов в течение 10-15 мин производился до 3 раз в сутки. В ходе перепуска на перепускаемом электроде нагрузка возрастала до 120-130% установленного значения. Для устранения общей перегрузки печного трансформатора два других электрода приподнимали, что приводило к значительной несимметрии токов, снижавшейся при параллельной работе печей (табл. 2).

В связи с тем, что производительность РТП находится в прямой зависимости от используемой активной мощности, несимметрию режима ее нагрузки в ряде случаев удобнее характеризовать коэффициентом несимметрии используемых фазных активных мощностей  $\alpha_p$ , который аналогично параметру  $\alpha_{\bar{I}}$  определяется как отношение мощностей обратной и прямой последовательностей фаз. В табл. 3 (в числителе) приведены значения коэффициента несимметрии средних мощностей фаз  $\bar{\alpha}_p$ , по каждой из исследованных печей, свидетельствующие о существенном различии активных нагрузок по фазам на ФСП.

Проведенные исследования позволили осуществить ряд организационно-технических мероприятий по уменьшению уровня несимметрии электрической нагрузки питающей и распределительной сетей завода. У всех исследованных печей фазы околелеточных электродов и фазы прожига оказались одинаковыми. Это явилось одной из главных причин усиления несимметрии нагрузки на сборных шинах ГПП и в силовом трансформаторе, питающем печи, особенно в периоды совпадения выпусков расплава нескольких печей. В связи с этим было предложено произвести перераспределение фаз электродов.

В табл. 3 показана фазировка электродов печей до и после перераспределения. Значения коэффициента несимметрии на шинах 10 кВ ГПП свидетельствуют о существенном выравнивании средних мощностей по фазам на сборных шинах ГПП после перераспределения фаз электродов печей. Из организационных мероприятий наибольший эффект обеспечивало внедрение и жесткое соблюдение графиков выпуска расплавов, перепуска электродов с учетом особенностей схемы питания печей в цехе. Новые графики исключали одновременный выпуск расплавов или перепуск электродов одинаковых фаз печей, подключенных к одному питающему вводу (силовому трансформатору).

Таблица 3 - Фазировка электродов в РТП

Номер печи	Фаза			$\alpha_p$	
	электрода около рабочей летки	прожига	электрода около резервной летки	отдельной печи	на шинах 10 кВ ГПП
1	A/B	B/C	C/A	24,1/24,1	10,8/0,4
2	A/A	B/B	C/C	23,9/23,9	
3	A/C	B/A	C/B	22,5/24,1	

Примечание: в числителе и знаменателе приведены данные, соответственно до и после распределения фаз.

Если принять во внимание, что совместное питание печей от одного ввода ведет к снижению несимметрии суммарной нагрузки (табл. 3), вариант увеличения числа печей, питающихся от одного ввода, был учтен при реконструкции системы электроснабжения завода.

Предложенный анализ несимметричных режимов токов ДСП весьма прост и может быть реализован в производственных условиях электросталеплавильных цехов. Накопленная с его помощью информация позволяет эксплуатационному персоналу предупредить возможные случаи нарушения регламентируемой ГОСТ несимметрии в сети, питающей дуговые печи, выявить качество ведения технологического процесса в печах, степень недовыпуска за счет перекоса фаз.

Проведя сравнительные оценки случаев, когда степень несимметрии была минимальной, с учетом сопутствующих этим случаям условий работы ДСП (качество подготовки и загрузки шихты, квалификации обслуживающего персонала, идентичность отладки регуляторов различных фаз печи, качество питающего напряжения в сети и т. п.) принимали меры к ведению плавки по  $\alpha = \min$  и, таким образом, добивались уменьшения расхода электроэнергии на тонну выплавляемого металла, времени плавки и износа печного оборудования. Анализ формулы для  $\alpha_p$ , в которой площадь инвариантного треугольника F в числителе входит с минусом, а в знаменателе - с плюсом, позволил сделать вывод о целесообразности ведения плавки при минимизации площади F при попытках симметрирования режима.

В соответствии со сказанным предложено следующее техническое решение.

На рис. 1,а представлена структурная схема устройства; на рис. 1,б - схема элемента вычисления площади треугольника, образованного действующими значениями токов фаз; на рис. 1,в - схема блока определения фазы с минимальным значением среднего действующего значения тока.

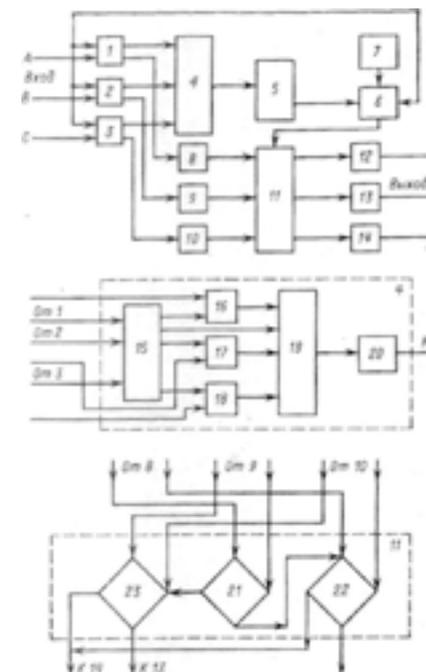


Рисунок 1 - Структурная схема устройства управления ДСП по принципу симметрирования фазных токов: а - схема; б - элемент определения сигнала; в - блок определения фазы

Датчики 1 - 3 действующего значения токов фаз  $A$ ,  $B$ ,  $C$  (рис. 1,а) связаны через элемент 4 определения сигнала, пропорционального площади треугольника, образованного действующими значениями токов фаз, с элементом 5 измерения среднего значения площади треугольника за заданный интервал времени.

В блоке 6 сравнивается сигнал от элемента 5 с сигналом от блока 7 задания площади треугольника при полной симметрии фаз.

Блоки 8 - 10 определения среднего действующего значения токов фаз  $A$ ,  $B$ ,  $C$  связаны со входами блока 11 определения фазы с минимальным значением среднего действующего значения тока за заданный интервал времени, а его выходы подключены к регуляторам 12 - 14 напряжения фаз  $A$ ,  $B$ ,  $C$ .

Элемент 4 определения сигнала, пропорционального площади треугольника, образованного действующими значениями токов фаз (рис. 1,б), состоит из элемента 15 суммирования и масштабирования (деления на 2), соединенного с элементами 16 - 18 вычитания, связанными с элементом 19 умножения, соединенным с элементом 20 извлечения квадратного корня.

Блок 11 определения фазы с минимальным средним действующим значением тока за заданный интервал времени (рис. 1, в) состоит из элемента 21 сравнения среднего действующего тока фазы  $A$  с током фазы  $B$ , связанного с элементом 22 сравнения среднего действующего значения тока фазы  $A$  с током фазы  $C$ , а также с элементом 23 сравнения среднего действующего значения тока фазы  $B$  с током фазы  $C$ .

Устройство работало по приведенной структурной схеме следующим образом.

Сигналы датчиков 1 - 3 действующих значений токов фаз  $A$ ,  $B$ ,  $C$  поступали на элемент 4, в котором вырабатывался сигнал, соответствующий площади треугольника, образованного этими токами, а элемент 5 производил усреднение полученного сигнала за определенный интервал времени. Сигнал с элемента 5 поступал на блок 6, где он сравнивался с сигналом, заданным блоком 7 и соответствующим площади треугольника, образованного действующими значениями токов фаз при их полной симметрии. В том случае, если выработанный в элементе 5 сигнал не соответствовал заданному, сигнал с блока 6 поступает на блок 11. Если же полученный в элементе 5 сигнал соответствовал заданному, то сигнал с блока 6 поступал на датчики 1 - 3, и процесс работы повторялся снова.

Одновременно сигналы с датчиков 1 - 3 действующих значений токов фаз  $A$ ,  $B$ ,  $C$  поступали на соответствующие блоки 8 - 10 определения средних действующих значений токов фаз  $A$ ,  $B$ ,  $C$  за заданный интервал времени, а с них на блок 11 определения фазы, в которой среднее действующее значение тока минимально.

В том случае, если на блок 11 одновременно поступал сигнал и с блока сравнения 6, сигнал с блока 11 поступал на регулятор напряжения 12 - 14 той фазы, в которой среднее за заданный интервал времени значение тока минимально для повышения напряжения этой фазы.

Применение предлагаемого устройства управления трехфазной ДСП позволило работать с наибольшей симметрией по фазам и, таким образом, сократить удельный расход электроэнергии на выплавку тонны стали, повысив КПД ДСП. Техничко-экономический расчет для печи ДСП-100 дал сокращение времени расплавления за счет введения симметрирования с применением предлагаемого устройства на 0,048 часов.

Несимметрия первичных токов приводит к появлению в распределительной сети напряжения обратной последовательности, которое при определенных условиях может оказать отрицательное воздействие на нормальную работу других потребителей.

При расчете несимметричных режимов электрических сетей допускается принимать всю питающую сеть как один эквивалентный источник питания, индуктивные сопротивления всех трех последовательностей которого считаются одинаковыми. Фазные напряжения источника принимаются симметричными и неизменными по значению.

Рассмотрим случай подключения к электрической сети одиночной ДСП. Анализ несимметричных режимов напряжения произведем для узла подключения электропечной установки. Таким узлом для крупнотоннажных ДСП являются, обычно, сборные шины 35 кВ ГПП.

Токи фаз ДСП вызывают потери напряжения в сопротивлениях фаз между источником и расчетным узлом, которые определяли, по формуле

$$\Delta U_{\phi} = I_{\phi} r_{\phi} \cos \varphi_{\phi} + I_{\phi} x_{\phi} \sin \varphi_{\phi},$$

где  $I_{\phi} = I_A, I_B, I_C$  - ток фаз  $A, B, C$ ; ( $\varphi_{\phi}$  - фазовый сдвиг между фазным напряжением в расчетном узле и током соответствующей фазы;  $r_{\phi}, x_{\phi}$  - активное и индуктивное сопротивления сети между источником питания и расчетным узлом.

Для систем электроснабжения мощных ДСП  $rc \ll xc$ , вследствие чего влиянием активного сопротивления можно пренебречь, и тогда

$$\Delta U_{\phi} = I_{\phi} x_{\phi} \sin \varphi_{\phi}.$$

Сопротивление  $x_{\phi}$  определяли из соотношения

$$x_{\phi} = U^2 / S_k,$$

где  $U$  - напряжение в расчетном узле (значение его может быть принято равным номинальному значению  $U_{ном}$ );  $S_k$  - мощность короткого замыкания в расчетном узле.

Значение  $\sin \varphi_\phi$  определяли по рабочим характеристикам ДСП в зависимости от значения тока  $I_\phi$ .

Если принять напряжение источника равным номинальному, то фазные напряжения в расчетном узле равны:

$$\left. \begin{aligned} U_A &= U_{\text{ном}, \phi} - \Delta U_{\Delta\phi}; \\ U_B &= U_{\text{ном}, \phi} - \Delta U_{\Delta\phi}; \\ U_C &= U_{\text{ном}, \phi} - \Delta U_{\Delta\phi}. \end{aligned} \right\}$$

где  $U_{\text{ном}, \phi} = U_{\text{ном}} / \sqrt{3}$ .

На рис. 2 в общем виде представлена векторная диаграмма фазных и линейных напряжений. В трехпроводной сети 35 кВ с изолированной нейтралью напряжения нулевой последовательности отсутствуют, и векторы фазных напряжений образуют в комплексной плоскости замкнутый треугольник.

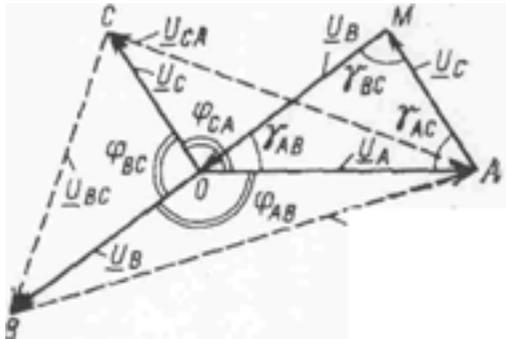


Рисунок 2 - Векторная диаграмма фазных и линейных напряжений в сетях с изолированной нейтралью

Применив методику, изложенную в начале настоящего параграфа, к треугольнику линейных напряжений  $ABC$ , для модуля напряжения обратной последовательности получим выражение

$$U_2 = |U_2| = \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{U_{AB}^2 + U_{BC}^2 + U_{CA}^2 - 4F_n \sqrt{3}}{2}}.$$

где  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_{CA}$  - модули линейных напряжений;  $F_n$  - площадь треугольника  $ABC$ , образованного векторами линейных напряжений:

$$F_n = \sqrt{p_n(p_n - U_{AB})(p_n - U_{BC})(p_n - U_{CA})},$$

где  $p_n = (U_{AB} + U_{BC} + U_{CA})/2$  — полупериметр треугольника  $ABC$ .

Модули линейных напряжений определялись на основании совместного решения треугольников, образованных векторами линейных и фазных напряжений. Так, из треугольников  $AOB$  и  $AMO$  (рис. 2) имели

$$\begin{aligned} U_{AB}^2 &= U_A^2 + U_B^2 + U_C^2 + 2U_A U_B \sqrt{1 - \sin^2 \gamma_{AB}} - \\ &- U_A^2 + U_B^2 + U_C^2 + 2U_A U_B \sqrt{1 - (2F_\phi / U_A U_B)^2}. \end{aligned}$$

где  $F_\phi$  - площадь треугольника  $AMO$ , образованного векторами фазных напряжений:

$$F_\phi = \sqrt{p_\phi(p_\phi - U_A)(p_\phi - U_B)(p_\phi - U_C)}$$

где  $p_\phi = (U_A + U_B + U_C)/2$  - полупериметр треугольника  $AMO$ . Отсюда

$$U_{AB}^2 = \sqrt{U_A^2 + U_B^2 + 2U_A U_B \sqrt{1 - (2F_\phi / U_A U_B)^2}}.$$

Аналогичным образом получили

$$U_{BC}^2 = \sqrt{U_B^2 + U_C^2 + 2U_B U_C \sqrt{1 - (2F_\phi / U_B U_C)^2}};$$

$$U_{CA}^2 = \sqrt{U_C^2 + U_A^2 + 2U_C U_A \sqrt{1 - (2F_\phi / U_C U_A)^2}}.$$

Несимметрия трехфазной системы напряжений, как и несимметрия токов, в общем случае характеризуется отношением модуля составляющей напряжения обратной последовательности к модулю составляющей напряжения прямой последовательности:

$$\alpha_U = |U_2| / |U_1| = U_2 / U_1.$$

Расчеты показали, что симметричная составляющая прямой последовательности  $U_1$  обычно мало отличается от значения номинального напряжения  $U_{\text{ном}}$ . Поэтому, согласно ГОСТа несимметрия трехфазной системы напряжений характеризуется напряжением обратной последовательности основной частоты, отнесенным к номинальному напряжению, в процентах:

$$\alpha_U = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{U_{\Delta U, \%}^2 + U_{\Delta C, \%}^2 + U_{\Delta A, \%}^2 - 4F_{\Delta, \%} \sqrt{3}}{2}}$$

где  $U_{\Delta U, \%}^2$ ,  $U_{\Delta C, \%}^2$ ,  $U_{\Delta A, \%}^2$ ,  $4F_{\Delta, \%} \sqrt{3}$  - величины, отнесенные к номинальному напряжению, %.

Для краткости величину  $\alpha_U$  назвали коэффициентом несимметрии. Коэффициент несимметрии линейных напряжений при работе ДСП изменялся в диапазоне от 0 до некоторого предельного значения. Предельное значение коэффициента несимметрии имеет место при обрыве дуги под одним электродом и при одновременном касании двух других электродов с шихтой (двухфазное эксплуатационное короткое замыкание). Двухфазные эксплуатационные КЗ возникали при пусках печей после ее технологических и аварийных остановок и во время обвалов шихты при проплавлении колодцев.

Предельный режим несимметрии рассчитывался с помощью рабочих характеристик ДСП, по которым определялись значения эксплуатационного тока КЗ –  $I_{\Delta, \text{к.з.}}$  и  $\sin \varphi_{\Delta, \text{к.з.}}$ . Вычисленное затем по алгоритму асимметрии  $U$  значение  $\alpha_{U, \text{пред}}$  использовалось для предварительной оценки степени влияния ДСП на качество электрической энергии заводской сети.

Согласно ГОСТа напряжение обратной последовательности не должно превышать 2% номинального напряжения на выводах любого симметричного трехфазного приемника электроэнергии. Поэтому, если в точке подключения ДСП к сети  $\alpha_{U, \text{пред}} \leq 2\%$ , с точки зрения несимметрии, она практически не оказывала влияния на других потребителей, работающих параллельно с ней.

При  $\alpha_{U, \text{пред}} > 2\%$  наблюдалось отрицательное влияние ДСП на работу других потребителей, и для оценки степени этого влияния требовалось проведение дополнительного анализа.

Для иллюстрации использования основных положений, изложенных выше, приведем пример расчета несимметричного режима линейных напряжений на шинах подстанции 35 кВ, питающей одиночную ДСП с трансформатором мощностью 45 МВ.А и номинальным первичным током 742 А. Сопротивление  $x_c$  от источника питания до сборных шин 35 кВ составляло 1,48 Ом. В соответствии с рабочими характеристиками печи ток эксплуатационного КЗ  $I_{\Delta, \text{к.з.}} = 1,56 I_{\text{ном}} = 1157,5$  кА,  $\sin \varphi_{\Delta, \text{к.з.}} = 0,990$ .

В качестве исходных данных использована выборка случайных независимых значений первичных токов ДСП, снятых синхронно по три с непрерывно записанной регистрограммы для стационарного режима проплавления первых колодцев. Для каждого варианта выборки определялись значения линейных напряжений согласно алгоритму для  $U_{ij}$ .

Случайность природы колебаний токов ДСП обуславливала случайный характер изменений  $\alpha_U$ . На рис. 3 приведена гистограмма вероятностного распределения коэффициента несимметрии, построенная по результатам расчета. Параметры статистического распределения указаны ниже (предельное значение коэффициента несимметрии при этом составляет 5,6%):

Минимальное значение $\alpha_{U, \text{min}}$	0,01 %
Максимальное значение $\alpha_{U, \text{max}}$	5,05 %
Среднее значение $\bar{\alpha}_U$	2,06 %
Дисперсия $D_\alpha$	1,55(% <sup>2</sup> )
Среднеквадратичное отклонение $\sigma_\alpha$	1,25 %

Размах вариации коэффициентов несимметрии ( $\alpha_{U, \text{max}} - \alpha_{U, \text{min}}$ ) разделен на восемь интервалов.

В табл. 4 для каждого интервала в качестве примера приведены одно значение  $\alpha_{U, i}$  и соответствующие этому значению «тройки» первичных токов фаз и линейных напряжений.

Анализ результатов расчета показал следующее:

- коэффициент несимметрии линейных напряжений при работе ДСП непрерывно изменяется в диапазоне от 0 до максимума. Среднее значение коэффициента несимметрии составляет 2,1 %;
- несимметрия линейных напряжений, как и несимметрия токов ДСП, носила перемежающийся характер;
- вероятность превышения коэффициента несимметрии, допустимого ГОСТом, составляет в соответствии с рис. 3

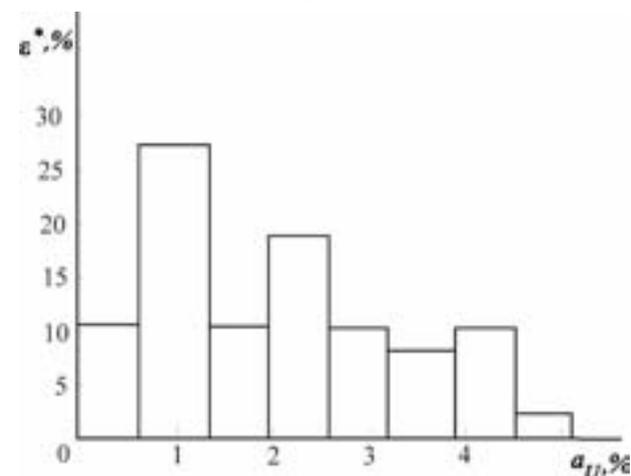


Рисунок 3 - Гистограмма вероятностного распределения коэффициента несимметрии напряжений на шинах 35 кВ при работе ДСП

Таблица 4 - Анализ коэффициентов несимметрии  $\alpha_U$ , %

№ интервала	Первичные токи фаз ДСП, % номинального			Линейные напряжения, % номинального			$\alpha_U$ , %
	$I_A$	$I_B$	$I_C$	$U_{AB}$	$U_{BC}$	$U_{CA}$	
1	75,5	80,8	80,8	96,5	96,0	96,5	0,35
2	70,1	80,8	62,0	96,3	96,8	97,9	0,92
3	113,1	91,7	91,7	93,4	95,9	93,4	1,72
4	105,0	70,1	96,9	95,7	96,5	92,9	2,20
5	132,0	110,4	96,9	90,1	94,9	91,7	2,85
6	148,3	110,4	107,8	89,3	94,6	89,5	3,49
7	102,3	100,8	96,9	97,7	98,3	92,0	3,99
8	118,4	53,9	129,2	96,6	95,1	88,3	5,05

$$\varepsilon(\alpha_U > 1\%) = 47\%$$

и является большой, что свидетельствовало о значительном влиянии исследуемой ДСП на качество электрической энергии в распределительной сети завода.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 01.11.13.

*A. P. Kislov, A. N. Berguzinov*

**Электр технологиялық қондырғылардың жұмысындағы токтар мен кернеулердің симметриялы еместігі**

С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 01.11.13 редакцияға түсті.

*A. P. Kislov, A. N. Berguzinov*

**Asymmetry of currents and voltages during the work of electro technological installations**

Pavlodar State University  
named after S. Toraiyrov, Pavlodar;  
Material received on 01.11.13.

*Мақалада электр технологиялық қондырғылардың жұмысындағы токтар мен кернеулердің симметриялы еместігі қарастырылған.*

*In the article the asymmetry of currents and voltages during work of electro-technological units is considered.*

УДК 621.316

**М. Я. Клецель, Б. Е. Машрапов**

### **РЕЗЕРВНАЯ ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ, КОНТРОЛИРУЮЩАЯ ОТНОШЕНИЯ ТОКОВ ФАЗ**

*В статье предложена защита, основанная на контроле отношений токов фаз со стороны выводов выключателя между собой и к токам со стороны нулевых выводов электродвигателя. Описан принцип действия. Даны примеры ее реализации и анализ работы. Приведена оценка чувствительности.*

В качестве защиты электродвигателей (ЭД) напряжением 6-10 кВ от междуфазных коротких замыканий (КЗ) обычно [1] используют токовую отсечку или продольную дифференциальную защиту. Предлагались и защиты на принципе сравнения фаз [2, 3] и по направлению мощности [4], а также контролирующие отношения токов фаз [5]. Они все являются основными защитами, причем резервную защиту правила устройства электроустановок не предусматривают. При этом при отказе основных защит короткие замыкания в ЭД отключаются защитой установленной на вводе питания или защитой от перегрузки, имеющих большие выдержки времени, что приводит к значительным повреждениям в ЭД. На это обстоятельство акцентировано внимание в [6], где высказано мнение, что установка резервных защит необходима. Мы также придерживаемся этого мнения не только по указанной в [6] причине, но и в связи с тенденцией выполнения защиты всех присоединений и даже подстанций на одном микропроцессорном устройстве релейной защиты, которое будет дублироваться МУРЗ с резервными защитами на других принципах действия. В настоящее время таких защит недостаточно. Самой простой резервной защитой, которая может быть применена, является максимальная токовая защита (МТЗ). Однако она обладает малой чувствительностью [7]. В данной статье предлагается резервная защита ЭД от междуфазных коротких замыканий без указанных недостатков.

**Принцип действия.** Защита основана на сравнении токов в фазах ЭД со стороны его нулевых выводов и со стороны выводов выключателя. Кроме того, для ее правильной работы при трехфазных КЗ используется «подхват» контактов реагирующего органа. Защита срабатывает на отключение поврежденного ЭД через выдержку времени, если ток в одной из фаз со стороны выключателя меньше токов в двух других фазах, и отношения тока в этих двух фазах со стороны выводов выключателя к токам в них со стороны нулевых выводов ЭД, больше определенной величины. Причем выполнение первого условия, как и срабатывание реле минимального напряжения в МТЗ с пуском по напряжению, разрешает защите действовать на отключение. Например при коротком замыкании фаз В и С защита сработает, если выполнены следующие неравенства:

$$\text{а) } \frac{I_{B1}}{I_{A1}} \geq m_1; \text{ б) } \frac{I_{C1}}{I_{A1}} \geq m_1; \text{ в) } \frac{I_{B1}}{I_{B2}} \geq m_2, \text{ г) } \frac{I_{C1}}{I_{C2}} \geq m_2, \quad (1)$$

где  $I_{A1}$ ,  $I_{B1}$  ( $I_{B2}$ ) и  $I_{C1}$  ( $I_{C2}$ ) – абсолютные значения токов в фазах А, В и С электродвигателя со стороны выключателя (нулевых выводов);  $m_1$ ,  $m_2$  – уставки срабатывания защиты (в данном случае в отличие от традиционных это безразмерные величины).

Аналогичные неравенства записываются и при других сочетаниях замкнувшихся фаз.

Уставки  $m_1$  и  $m_2$  выбираются такими, чтобы защита не срабатывала при максимально возможном значении отношений токов фаз в рабочих режимах и пуске ЭД. При этом считается, что погрешности  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  трансформаторов тока, установленных у выводов выключателя и в нулевых выводах ЭД, не превышает 10%, и погрешности  $\varepsilon_3$  реализующего устройства и  $\varepsilon_4$ , вызванная несимметрией фазных токов – 5%. Тогда принимая коэффициента запаса  $k_3=1,05$ , с учетом погрешностей расчетов, получаем:

$$m_1 = k_3 \cdot \frac{I_B}{I_A} = k_3 \cdot \frac{1 + \varepsilon_3 + \varepsilon_4}{1 - \varepsilon_1} \cdot \frac{I_{пуск}}{I_{пуск}} = 1,28; \quad (2)$$

$$m_2 = k_3 \cdot \frac{I_{B1}}{I_{B2}} = k_3 \cdot \frac{1 + \varepsilon_3}{1 - \varepsilon_2} \cdot \frac{I_{пуск}}{I_{пуск}} = 1,22, \quad (3)$$

где  $I_{пуск}$  – абсолютное значение пускового тока ЭД без учета перечисленных погрешностей.

Выдержка времени выбирается по аналогии с традиционными резервными защитами и принимается 0,5 с.

Отметим, что при внешнем КЗ, пуске ЭД и обрыве фазного провода (1в) и (1г) могут выполняться в результате превышения  $\varepsilon_2$  допустимых значений. Последнее происходит из-за того, что вторичная нагрузка трансформаторов тока, установленных в нулевых выводах ЭД, расположенного далеко от питающих шин, достигает значительных величин. При этом в первых двух случаях защита не срабатывает, так как не выполняются (1а) и (1б), а в третьем – выполняются, и защита срабатывает на отключение выключателя ЭД.

**Реализация на традиционной элементной базе.** На рисунке 1 представлена принципиальная схема устройства при реализации его на полупроводниковой элементной базе. В нормальном режиме работы и при внешних трехфазных КЗ токи в фазах со стороны выводов выключателя 1, измеренные трансформаторами тока 2, 3, 4, и со стороны нулевых выводов ЭД 5, измеренные трансформаторами 6, 7, 8, равны. Блоки 9 и 10, контролирующие отношения токов в фазах присоединения со стороны выключателя и отношения токов в поврежденных фазах со стороны выключателя к токам в этих же фазах со стороны нулевых выводов ЭД, не выдают сигналов, так как не выполняются неравенства (1а), (1б) и (1в), (1г). Защита не срабатывает. Блоки 9 и 10 выполняются на типовых схемах сравнения. При двухфазном КЗ в точке К1 (рис. 1) на выводах ЭД 5, например между фазами В и С, токи в этих фазах со стороны нулевых выводов ЭД 5 и ток в фазе А становятся меньше токов в фазах В и С со стороны источника питания. Поэтому выполняются условия срабатывания обоих блоков 9, 10. На выходе элемента И 11 появляется сигнал, и через выдержку времени, обеспечиваемой элементом «ВРЕМЯ» 12, выключатель 1 отключается. Как известно, трехфазное КЗ обычно начинается с двухфазного. Поэтому блоки 9, 10, сработавшие при двухфазном КЗ, продолжают выдавать сигналы (блок 9 за счет наличия «подхвата»). И через выдержку времени выключатель 1 отключается. В остальных режимах работа защиты рассматривается аналогично.

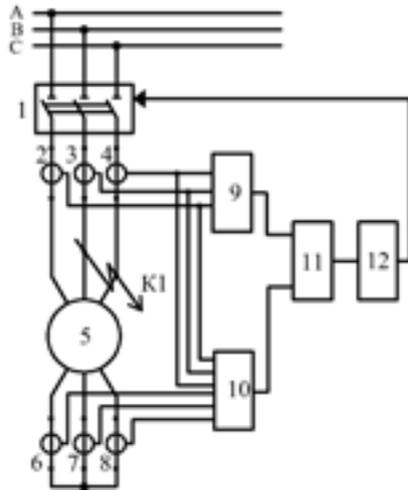


Рисунок 1 – Принципиальная схема устройства резервной защиты электродвигателя.

На рисунке 2 представлена структурная схема алгоритма функционирования защиты для КЗ между фазами В и С при ее реализации на микропроцессоре. Вводятся уставки  $m_1$ ,  $m_2$  и выдержка времени  $t_{в.р}$ . Параллельно обрабатываются мгновенные значения фазных токов  $i_{A1}, i_{B1}, i_{C1}$  со стороны выводов выключателя и  $i_{A2}, i_{B2}, i_{C2}$  со стороны нулевых выводов ЭД. После цифровой фильтрации находятся их абсолютные значения  $I_{A1}, I_{B1}, I_{C1}$  и  $I_{A2}, I_{B2}, I_{C2}$ . Проверяются неравенства (1а) и (1б). Если они выполнены, то этот сигнал заносится в элемент «ПАМЯТЬ», чтобы при переходе двухфазного КЗ в трехфазное подача сигнала о выполнении указанных неравенств не прекращалась. Далее проверяются неравенства (1в) и (1г) для токов в поврежденных фазах, при выполнении которых запускается элемент «ВРЕМЯ», и по истечении выдержки времени подается сигнал на отключение выключателя присоединения. После этого элементы «ВРЕМЯ» и «память» возвращаются в исходные состояния.

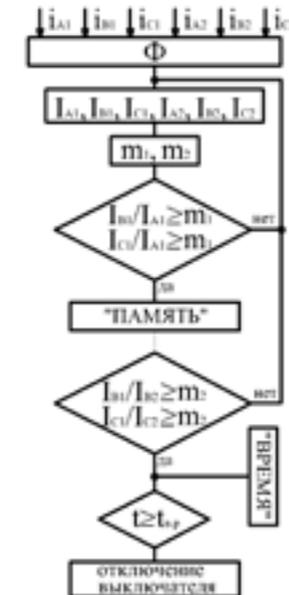


Рисунок 2 – Структурная схема алгоритма функционирования резервной защиты электродвигателя.

**Чувствительность.** Чувствительность защит, как правило, оценивается коэффициентом  $k_{\text{ч}}$  чувствительности. Для токовых защит это отношение токов ( $k_{\text{ч}} = I_{\text{к.мин}} / I_{\text{с.з}}$ , где  $I_{\text{к.мин}}$  – минимальный ток короткого замыкания,  $I_{\text{с.з}}$  – ток срабатывания защиты, являющийся порогом, при достижении которого она должна дать сигнал на отключение). Для дистанционных  $k_{\text{ч}}$  – это отношение сопротивлений. Для защит с комбинированным измерительным органом, например, напряжения и тока, чувствительность определяют и по току и по напряжению. И если, например чувствительность по напряжению не удовлетворяет требованиям, то изменяют обе уставки срабатывания. Причем для резервных защит правила устройства электроустановок регламентируют  $k_{\text{ч}} \geq 1,5$  [8]. По аналогии с этими представлениями в нашем случае необходимо обеспечить:

$$\text{а) } k_{\text{ч1}} = k_1^{\text{mh}} / k_1 \geq 1,5; \quad \text{б) } k_{\text{ч2}} = k_2^{\text{mh}} / k_2 \geq 1,5, \quad (4)$$

где  $k_1^{\text{min}}$  и  $k_2^{\text{min}}$  – минимальные значения отношений токов в фазах со стороны выключателя и токов в поврежденных фазах со стороны выключателя и выводов ЭД при двухфазном КЗ на нем.

Определим при каких условиях (4) выполняется. Найдем значение  $k_1^{\min}$  и  $k_2^{\min}$  из (1) с учетом погрешностей:

$$а) k_1^{\min} = \frac{1 - \varepsilon_1}{1 + \varepsilon_3} \cdot \frac{I_{\min}^{(2)}}{I_{\min}} = 0,86 \cdot \frac{I_{\min}^{(2)}}{I_{\min}}; \quad б) k_2^{\min} = 0,95 \cdot \frac{I_{\min}^{(2)}}{I_{\text{пуск}}}, \quad (5)$$

где  $I_{\min}^{(2)}$  – минимальный ток двухфазного КЗ;  $I_{\min}$  – ток в неповрежденной фазе (при КЗ в момент пуска равный  $I_{\text{пуск}}^{(2)}$ ) [9].

Из (4) и (5) найдем значения  $I_{\min}^{(2)}$ , при которых обеспечивается требуемая чувствительность. В результате получим:

$$а) I_{\min}^{(2)} \geq 2,23 I_{\text{пуск}}; \quad б) I_{\min}^{(2)} \geq 1,92 I_{\text{пуск}}, \quad (6)$$

Для сравнения требуемая чувствительность МТЗ обеспечивается, если  $I_{\text{к,мин}}$  превышает  $I_{\text{пуск}}$  более чем в 2,25 раза при выполнении ее на РТ-40, и в 2,7 раза – при выполнении на РТ-80. Эти цифры получены в результате подстановки в указанную выше формулу для расчета  $k_4$  значения  $I_{\text{с.з.}}$ , выраженного через  $I_{\text{пуск}}$ .

**Выводы.** Предлагаемая резервная защита обладает большими быстродействием, чем традиционные защиты, установленные на вводе питания, и не уступает по чувствительности максимальной токовой защите.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Андреев, В. А.** Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. - М : Высш. Шк., 2008. – 639 с.
- 2 **Богдан, А. В., Воронич, И. А., Клецель, М. Я., Нелюбин, В. П.** Дифференциально-фазная защита электродвигателя. // Электрические станции. – 1979. – №2. – С. 63-65.
- 3 Patentschrift DE 3111400 C2 Einrichtung zum Pasen-Differenzschutz von Elektromotoren. М.У. Kletzel, V.E. Polyakov, S.N. Simonov, V.V. Musin, V.P. Neljubin. 21.07.1983.
- 4 **Клецель, М. Я.** Комплексная защита группы мощных двигателей.// Электрические станции. – 1973. - №6. – С. 63-66.
- 5 А.С. №79864 КЗ. Способ защиты электродвигателей от коротких замыканий. Зайцева Н.М., Клецель М.Я., Машрапов Б.Е., Полищук В.И. 15.10.2013. бюл. №10.
- 6 **Кургузов, Н. Н., Кургузова, Л. И.** К вопросу о резервной защите мощного электродвигателя переменного тока от междуфазных коротких

замыканий // Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем: 4-я Междунар. научно-технич. конф. Екатеринбург. 2013.

7 **Клецель, М. Я., Поляков, В. Е.** О чувствительности токовых защит электродвигателей.// Электрические станции. – 1978. – №1. – С. 66-68.

8 Правила устройства электроустановок. 7-е издание. – 2008.

9 **Гимоян, Г. Г.** Релейная защита горных электроустановок. Изд. 2, перераб. и доп. - М.: Недра, 1978. – 349 с.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 18.10.13.

*М. Я. Клецель, Б. Е. Машрапов*

**Электр қозғалтқыштарының ток фазаларының қатынасын бақылайтын резервтік қорғауыш**

С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 18.10.13 редакцияға түсті.

*M. Ya. Kletsel, B.E. Mashrapov*

**Backup protection of electric motors, controlling by the ratio of the phase currents**

Pavlodar State University  
named after S. Toraiyrov, Pavlodar.  
Material received on 18.10.13.

*Мақалада ажыратқыш түйіндері жағынан ток фазаларының өзара және электр қозғалтқышының нөлдік түйіндерінің токтарына қатынасын бақылауға негізделген қорғау ұсынылған. Жұмыс принципі жазылған. Оның іске асырылуы мен жұмыс талдауы берілген. Сезгіштік бағалауы келтірілген.*

*The paper proposes a protection based on the control of phase currents relations from the lead switches between themselves and to the currents from the motor zero outputs. The principle of action is described. The examples of its implementation and performance analysis as well as an assessment of sensitivity are given.*

**В. С. Копырин\***, **А. Б. Кайдар\*\***, **В. П. Марковский\*\*\***,  
**Б. К. Шапкенов\*\*\*\***

## АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭНЕРГОСБЕРГАЮЩИХ ЛАМП

*В статье приведены результаты экспериментальных данных компактных люминесцентных ламп. Приведены зависимости токов, напряжений, светимости лампы.*

Возникновение запускающего высоковольтного импульса между катодами энергосберегающей лампы (рис. 1) в момент ее включения обеспечивает пробой газового промежутка и лампа переходит в рабочий режим. В лампе возникает тлеющий разряд обеспечивающий ее свечение. Это значит, что даже при закороченных выводах накала его нить будет горячей. Возникает ток, который течет по спирали нити независимо от того, подано ли напряжение на выводы накала. Рабочий режим характеризуется меньшим напряжением и большим током. Логично предположить, что у лампы два устойчивых состояния – пробой (высокое напряжение, малый ток) и нормальный режим (меньшее напряжение, относительно большой ток).



Рисунок 1 – Энергосберегающие лампы

Но, если продолжать увеличивать напряжение на лампе, то до определенного предела форма тока полностью повторяет форму напряжения, подаваемого на лампу. Однако в [1-3] приведены следующие данные (рис.2).

Figure 15: Variation of the average impedance and voltage of the lamp

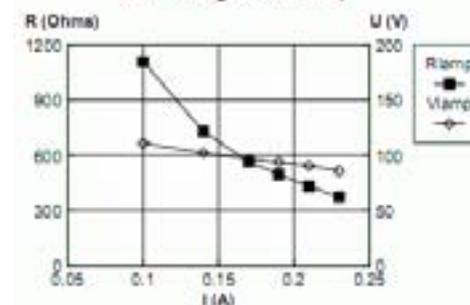


Рисунок 2 – Изменение среднего импеданса  $R_{\text{лампы}}$  и напряжения  $V_{\text{лампы}}$  на энергосберегающей лампе

В частности, следует, что по мере увеличения тока через лампу напряжение на ней уменьшается. В установившемся режиме на высокой частоте преобразователя форма тока через лампу характеризуется чисто активным видом, без реактивных составляющих, а по долговременному изменению режимов средняя величина тока весьма нелинейна. Уменьшение напряжения при увеличении тока говорит об отрицательном внутреннем сопротивлении лампы, что явно подразумевает ее склонность к самовозбуждению. Впрочем, плазма в лампе уже находится в некотором режиме объемного колебательного процесса. Об этом свидетельствуют плавающие или вращающиеся неоднородности в ее теле.

Исследования показали, что в процессе включения яркость (ток) лампы изменяется (рис. 3).

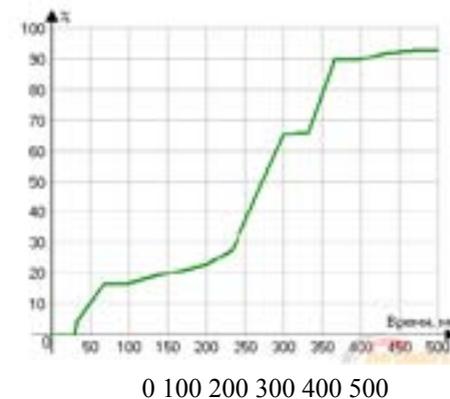


Рисунок 3 – Изменение яркости свечения лампы в процессе зажигания

В начальный момент времени возникает разряд и начало свечения паров ртути, поэтому интервал до 200 мс не интересен, да и нет там ничего необычного. Но после 230 мс происходит резкое возрастание интенсивности с небольшой стабилизацией, после чего следует второй резкий скачок яркости. Напряжение питания осуществляется от отдельного питания. Напряжение повышается монотонно и довольно линейно, но изменение яркости нелинейно. В то же время, при включении лампы при номинальном напряжении питания необычных явлений не отмечается. При прямом без ЛАТРа включении холодной лампы (+10 С°) световой поток имеет нелинейности (рис. 4).

Изменение светового потока при включении энергосберегающей лампы обусловлены тем, что у плазмы в колбе есть некоторые дискретные устойчивые состояния. При изменении питающего напряжения лампа может переключаться между этими состояниями, ввиду ее отрицательного внутреннего сопротивления [4].

Вывод – эквивалентное сопротивление лампы в режиме горения можно представить в виде резистора, только номинал этого «резистора» может принимать различные значения, в зависимости от величины тока через него.

Оптимальная яркость свечения обеспечивается за счет выбора частоты и тока через лампу. Стабилизация частоты – за счет управляющего трансформатора с прямоугольной петлей гистерезиса, который меняет длительность открытого состояния транзисторов, то есть рабочую частоту [5-7].

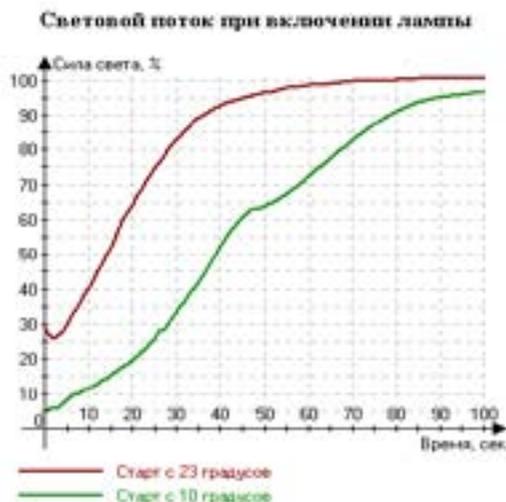


Рисунок 4 – Изменение светового потока при включении энергосберегающей лампы от сети

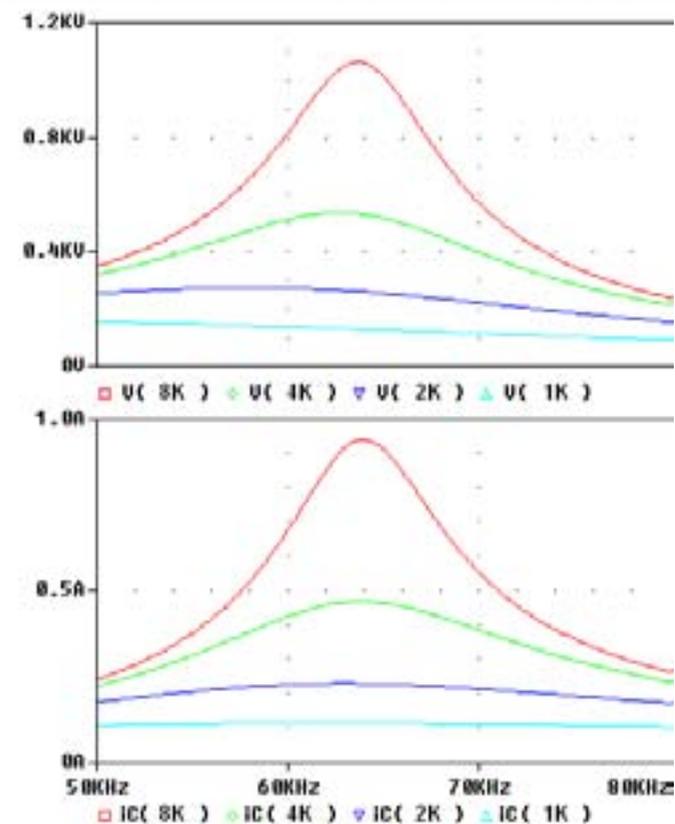


Рисунок – 5 Верхний рисунок показывает напряжение на лампе, нижний – ток через резонансный конденсатор

Преобразователь формирует трапецеидальное напряжение, а на лампу приходит напряжение синусоидальной формы. Это осуществляется резонансным контуром, установленным между лампой и преобразователем, и образованным последовательным дросселем и параллельным конденсатором. Эти элементы демфируют энергию преобразователя и формируют синусоидальное напряжение в лампе, отдавая энергию в нее. Поэтому форма «возбуждающего» напряжения не важна, на выходе всегда будет «синус». Впрочем, небольшие искажения формы все равно присутствуют, добротность контура не слишком высока.

Возьмем некоторые «усредненные» параметры реактивных элементов для тестируемых ламп мощностью 15-25 Вт и сделаем симуляцию. При этом эквивалентное сопротивление лампы составит величину порядка 1

кОм, что позволит использовать ряд резисторов нагрузки и 1-2-4-8 кОм как характеристику работы системы в разных режимах горения.

Симулятор показывает результаты, сопоставимые с теоретическими выкладками – по мере снижения номинала резистора нагрузки также снижается резонансная частота, уменьшается напряжение, да и «резонансный» подъем становится меньше по величине (снижается добротность контура).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 AN880. Application note. The L6569: A new high voltage IC driver for electronic lamp ballast. February 2003, p. 1/14 - 14/14.

2 <http://www.bdtic.com/Download/ST/AN880.pdf>

3 PSpice High Frequency Dynamic Fluorescent Lamp Model. Bryce Hesterman, APEC'96, p. 641.

4 High-frequency generator for gas-filled lamps, A.B. Kaidar, B.K. Shapkenov. 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 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Вахитов, А. Е., Шубкин, Е. Ю.** «Высокочастотные преобразователи напряжения с резонансными контурами». Наука и образование в XXI веке: динамика развития в евразийском пространстве. Материалы III междунар научно-практич конф. Инновационный Евразийский университет, Павлодар, 2012. Т.2, С.52-57 ноябрь

6 High-frequency generator in resonant regimes. Materials of the international scientific-practical conference “Science and education: no language barriers”, Pavlodar, 2011, v. 3, p. 170-174. B.K. Shapkenov, A.B. Kaidar, K.T. Smagulov, T.B. Zhakupov, F.D. Zhantemirov

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

\*ООО «НПП «Энергия и экология», г. Екатеринбург;

\*\*Павлодарский филиал АО «Казахэнергоэкспертиза», г. Павлодар;

\*\*\*Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова;

\*\*\*\*Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 15.11.13.

*V. S. Kopyrin\**, *A. B. Kaidar\*\**, *V. P. Markovskiy\*\*\**, *B. K. Shapkenov\*\*\*\**  
Энергия сақтағыш шамдардың жұмыс режимдерін талдау

\*\*«Энергия және экология» НПП» ЖШС, Екатеринбург қ.;

\*\*«Казахэнергоэкспертиза» АҚ Павлодар филиалы;

\*\*\*С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті;

\*\*\*\*Инновациялық Евразиялық университеті, Павлодар қ.

Материал 15.11.13. редакцияға түсті.

*V. S. Kopyrin\**, *A. B. Kaidar\*\**, *V. P. Markovskiy\*\*\**, *B. K. Shapkenov\*\*\*\**

## Analysis of the operation modes of energy-saving lamps

\* LLC “SPE “Energy & Environment”, Yekaterinburg, Russia;

\*\* Pavlodar branch of JSC “Kazakhenergoexpertise”;

\*\*\* Pavlodar State University named after S. Toraigyrov;

\*\*\*\* Innovative Eurasian University, Pavlodar.

Material received on 15.11.13.

*Бұл мақалада шағын люминесценттік шамдардың эксперименттік мәліметтерінің нәтижелері келтірілген. Шамдардың жарықтығы, кернеуі, токқа тәуелділігі көрсетілді.*

*The article shows the results of experimental data on compact electronic lamps. Characteristics of current, voltage and lamp emittance are supplied.*

УДК 621.315.2.106.2

**Д. М. Кудерин**

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ МНОГОЖИЛЬНОГО СИЛОВОГО КАБЕЛЯ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ АО «КАЗЭНЕРГОКАБЕЛЬ»

*В статье раскрывается процесс изготовления многожильного силового кабеля. Описание последовательных взаимосвязанных этапов данного процесса осуществляется на примере оборудования, применяемого на предприятии АО «Казэнергокабель».*

Процесс производства многожильного силового кабеля можно разделить на несколько основных этапов:

1. Первым этапом является первичная обработка катанки – грубой заготовки, из которой изготавливается проволока. Для выполнения этой операции применяются специальные волочильные машины, которые часто

объединяются в комплексы, а сам процесс, соответственно, называется волочением.

2. Производство многопроволочных жил кабелей осуществляется на крутильных машинах, в которых так называемая пасьяма (набор, состоящий из нескольких тонких проволок) скручивается в так называемую стренгу – заготовку, из которой впоследствии будет произведен кабель. При этом скрутка стренги может быть как левой, так и правой.

3. Со специальной технологической тары стренги подаются на экструзионную линию – комплекс оборудования, предназначенного для наложения на токопроводящие жилы (ТПЖ) кабелей изоляционных оболочек. Основным сырьем, используемым на данном этапе производства, является поливинилхлоридный (ПВХ) пластикат в гранулах. Этот материал представляет собой смесь поливинилхлорида и ряда присадок (пластификаторов, наполнителей, стабилизаторов), которая производится методом полимеризации.

Центральной частью экструзионной линии является экструдер, в котором происходит плавление гранул пластиката и выдавливание размягченной пластмассы через кольцевой зазор. Таким способом формируется оболочка, которая накладывается на жилу.

За головкой экструдера располагается охлаждающая ванна, в которую попадают жилы будущего кабеля после нанесения на них изоляции. Эта ванна, наполняемая водопроводной водой, имеет значительную длину, благодаря чему изолированная жила при стандартной скорости нанесения изоляции успевает охладиться до нужной температуры. Понижение температуры необходимо для предотвращения деформации изоляционной оболочки.

4. Далее происходит скрутка изолированных жил.

5. После скрутки заготовка поступает на экструзионную линию, где на нее описанным выше способом наносится общая оболочка.

Рассмотрим отдельные этапы производства многожильного силового кабеля.

**Волочение** проволоки – это процесс обработки металла давлением, характеризующийся постепенным однократным или многократным протягиванием последнего через специальный волочильный инструмент, предназначенный для поэтапного уменьшения поперечного сечения исходной заготовки.

Волочение проволоки значительно экономнее других способов, так как при волочении отсутствуют потери металла в стружку и можно получить проволоку определенного диаметра с заданными свойствами.

Рассмотрим процесс волочения на примере линии ВСК-13М. Стан многократного волочения со скольжением ВСК-13М предназначен для волочения медной круглой проволоки из круглой катанки диаметром 7,2 – 8 мм.

В состав стана ВСК-13М входят:

1. Собственно стан ВСК-13М.
2. Стойка размоточная. Предназначена для разматывания заготовки из бухты и выключения стана в случае ее запутывания.
3. Регулятор скорости. Необходим для синхронизации скорости катушки намоточного аппарата со станом в зависимости от накопления на ней проволоки.
4. Гратосъем. Предназначен для снятия наплывов металла после сварки торцов проволоки.
5. Привод стана.
6. Намоточный аппарат. Используется для намотки готовой проволоки на катушку.
7. Пульт управления. Предназначен для управления работой стана.
8. Блок электрических шкафов.
9. Острильно-затяжной станок ОЗК-10-300. Необходим для заострения конца проволоки перед заправкой в волокни и предварительной протяжки через волокни на длину, обеспечивающую заправку тяговых роликов волочильного стана.
10. Острильно-затяжной станок ОЗК-4-200. Назначение и устройство аналогично станку ОЗК-10-300. Управление производится кнопками, установленными на станке.

11. Машина контактная МСО-901 УХЛ4. Необходима для электрической стыковой сварки методом сопротивления с последующим отжигом сварного шва.

12. Машина контактная МСС-1901 УХЛ4. Ее назначение аналогично контактной машине МСО-901 УХЛ4.

Катанка с помощью размоточной стойки снимается с бухты и подается в стан. Далее заготовка остриется до размеров, позволяющих ввести ее в первую по маршруту фильеру (специальную высокопрочную форму, через которую продавливают различные пластические вещества). В зависимости от площади сечения заготовки и площади сечения готовой проволоки маршрут может содержать различное количество фильер. Причем, необходимое количество фильер в маршруте и их размеры находятся в строгом соответствии с кинематическими характеристиками стана (машинными вытяжками) и механическими свойствами протягиваемого металла. Размеры фильер в маршруте являются расчетной величиной и не могут быть взяты произвольно. Поскольку площадь сечения фильеры меньше площади сечения заготовки, происходит всестороннее обжатие последней, сопровождающееся удлинением заготовки и выделением тепла. Для отвода выделяющегося тепла и уменьшения возникающих в связи с этим сил трения в зону деформации обильно подается смазывающе-охлаждающая жидкость (СОЖ). При этом возникающая на поверхности протягиваемого металла пленка образует разделительный слой и препятствует прилипанию частичек заготовки к фильере.

Протягивание заготовки через фильеру обеспечивает тяговый ролик, расположенный за фильерой. Возникающая при этом разность линейных скоростей движения проволоки и рабочей поверхности ролика компенсируется за счет проскальзывания проволоки относительно ролика. Для этого на тяговых роликах создается небольшое количество витков, и тяговая поверхность ролика обильно поливается СОЖ.

Подача СОЖ в фильеры и на тяговые ролики осуществляется через специальные отверстия в фильеродержателях и сопла, расположенные на трубопроводе внутри ванны стана. Конечный тяговый ролик расположен за пределами ванны стана. Выходящая из чистой фильеры готовая проволока протягивается без проскальзывания. Это обеспечивается за счет отсутствия смазки на тяговой поверхности ролика и увеличенным количеством витков проволоки (как правило, на чистовом ролике остается шесть витков). Переходящее от протягиваемой проволоки к тяговому ролику тепло отводится водой, омывающей внутреннюю полость ролика.

Проходя через встроенную в стан печь отжига, проволока, за счет прохождения через нее электрического тока, нагревается в паровоздушной среде. Нагретая до температуры отжига проволока попадает в воду. Происходит отжиг. На входе в печь расположен регулятор скорости, уравнивающий скорость прохождения проволоки через печь со скоростью волочения. На выходе из печи расположено мерное колесо счетчика метража. Далее проволока проводится через полиспаст (грузоподъемное устройство, позволяющее поднимать грузы с усилием в несколько раз меньшим, чем вес поднимаемого груза) регулятора скорости намоточного аппарата. Конец проволоки закрепляется на катушке, установленной в намоточном аппарате. Для равномерной намотки необходимо с помощью пары сменных шестерен установить правильный шаг раскладки. Выбирается ближайший больший по отношению к диаметру готовой проволоки шаг раскладки. Количество наматываемой на катушку проволоки в метрах фиксируется счетчиком метража.

Скрутка в кабельном производстве является одним из основных технологических процессов и производится для придания гибкости всей конструкции. Из отдельных проволок скручиваются ТПЖ, которые, в свою очередь, скручиваются в кабель.

Рассмотрим процесс скрутки на примере линии MKRD 1+6+12/500. Крутильная машина фонарного типа марки MKRD 1+6+12/500 предназначена для правильной скрутки с откруткой скручиваемых элементов:

- медных или алюминиевых проволок или стренг в многопроволочную ТПЖ;
- изолированных ТПЖ в кабель;
- стальных оцинкованных проволок в сердечник.

Основные узлы линии и их назначение:

1. Отдатчик. Предназначен для установки в нем отдающей катушки или барабана с центральным скручиваемым элементом.
2. Клеть 1. Используется для установки в ней шести отдающих катушек.
3. Клеть 2. Используется для крепления в ней двенадцати отдающих катушек.
4. Распределительные розетки. Предназначены для распределения движения скручиваемых элементов строго по одной концентрической окружности.
5. Калибродержатели с калибрами. Применяются для крепления в них калибров, на входе которых происходит процесс скрутки повива вокруг продольно движущегося сердечника.
6. Лентообмотчик. Необходим для крепления в нем рулонов с лентами и обмотки скрученного кабеля этими лентами.
7. Счетчик метража. Предназначен для замера длины скручиваемого изделия.
8. Приводной вал. Используется для передачи крутящего момента от главного двигателя на клетки и обмотчик.
9. Главный двигатель. Предназначен для привода клеток, обмотчика и тягового устройства.
10. Щит электропитания машины. Его предназначением является распределение электропитания по узлам машины.
11. Пульт управления. Применяется для запуска и остановки машины, а также для контроля за параметрами работы.
12. Тяговое устройство колесного типа. Предназначено для обеспечения линейного движения скручиваемого изделия.
13. Приемное устройство. Предназначено для установки в нем приемного барабана.
14. Редукторы. Необходимы для изменения шага скрутки и направления вращения клеток.
15. Кран-укосина. Используется для последовательной загрузки катушек в клеть крутильной машины.

Машина фонарного типа предназначена для производства правильной скрутки по системе 1+6+12+18 за один проход, то есть в первый проход в центр пропускается одна проволока, затем поверх нее накладывается повив из шести проволок. Далее поверх семи скрученных проволок заготовки накладываются двенадцать проволок второго повива со второй клетки. Поверх ложится третий повив из восемнадцати проволок.

Причем, центры проволок в повиве располагаются строго по концентрическим окружностям, поэтому правильная скрутка называется концентрической, в отличие от пучковой скрутки, где проволоки располагаются хаотично.

Процесс скрутки происходит следующим образом: шесть проволок с отдающих катушек, закрепленных в первой клетки, проходят через направляющие втулки, ролики, распределительную розетку, вращающуюся вместе с клетью, и в неподвижно закрепленном калибре скручиваются вокруг центральной проволоки, образуя таким образом повив.

Конструкция жилы задается количеством и диаметром проволок, направлением и шагом скрутки повивов (расстоянием между двумя точками, соответствующим одному полному витку элемента скрутки). Диаметр по скрутке зависит от количества и диаметра проволок.

Шаг скрутки регулируется путем изменения линейной скорости тягового устройства с помощью переключения рычагов редуктора.

Подвесные люльки клеток, в которых крепятся отдающие катушки, обеспечивают постоянное горизонтальное расположение осей отдающих катушек. Сходящая с катушки проволока, таким образом, не закручивается вокруг своей оси и не создает дополнительных механических напряжений в скрученном изделии.

Такая скрутка называется скруткой с откруткой скручиваемых элементов (или скруткой без закрутки скручиваемых элементов вокруг своей оси).

**Экструзия** – это способ переработки полимерных материалов непрерывным продавливанием их расплава через формующую головку, геометрическая форма выходного канала которой определяет профиль получаемого изделия.

Рассмотрим процесс экструзии на примере экструзионной линии ЛК-90, предназначенной для наложения пластмассовой изоляции на жилу, поясной изоляции (изоляция, наложенной поверх изолированных скрученных или параллельно уложенных жил многожильного кабеля), пластмассовой оболочки или защитного шланга.

Основные узлы линии и их назначение:

1. Отдающее устройство. Предназначено для закрепления в нем барабанов с заготовкой.

2. Направляющие ролики. Используются для выпрямления возможных изгибов ТПЖ и стабилизации движения заготовки вдоль головки экструдера.

3. Компенсирующее устройство 1. Необходимо для сглаживания возможных рывков при сходе заготовки с отдающего устройства.

4. Устройство для нанесения талька (кристаллического вещества, представляющего собой рассыпчатый порошок белого цвета). Предназначено для исключения слипания материала изоляции ТПЖ с материалом оболочки кабеля.

5. Вакуумный насос. Используется для создания вакуума в головке экструдера при наложении изоляции, оболочки или защитного шланга.

6. Экструдер. Применяется для переработки ПВХ пластика из гранул в расплавленную до определенной температуры массу и подачи ее под давлением в головку экструдера.

7. Загрузочное устройство. Предназначено для подачи с помощью вакуумного насоса гранулированного пластика из транспортного контейнера в загрузочный бункер экструдера.

8. Двигатель с редуктором. Применяется для вращения шнека экструдера.

9. Головка экструдера. Необходима для установки в ней технологического формующего инструмента – дорна и матрицы, с помощью которых пластической массе придается заданная форма и происходит ее продольное наложение на заготовку.

10. Шкаф управления. Предназначен для подачи и распределения электропитания по всем агрегатам линии и управления всеми узлами линии.

11. Охлаждающая ванна. Используется для охлаждения пластической массы до температуры 10 – 18°C.

12. Устройство для обдува. Предназначено для обдува готового изделия от остатков воды при выходе из охлаждающей ванны.

13. Счетчик метража. Необходим для измерения длины изделия.

14. Измеритель. Предназначен для определения наружного диаметра кабеля готового изделия.

15. Высоковольтный испытатель изоляции кабеля. Применяется для испытания на пробой изоляции ТПЖ импульсным напряжением.

16. Тяговое устройство гусеничного типа. Предназначено для обеспечения линейного движения изделия.

17. Компенсирующее устройство 2. Предназначено для сглаживания возможных рывков при линейном движении изделия между тяговым и приемным устройствами.

18. Приемное устройство с пультом управления. Предназначено для наматывания готового изделия на приемный барабан и обеспечения согласованной работы со всей линией.

Заготовка изделия сходит с отдающего барабана, проходит через направляющие ролики, компенсатор, устройство для нанесения талька (при наложении оболочки), формующий инструмент головки экструдера (где на нее методом экструзии накладывается пластическая масса). Затем проходит через охлаждающую ванну с водой, устройство для обдува, счетчик метража, высоковольтный испытатель изоляции кабеля (при необходимости), тяговое устройство, компенсатор (при необходимости) и наматывается на барабан, установленный в приемном устройстве.

Система управления экструзионной линией позволяет синхронно и плавно регулировать линейную скорость движения изделия, подачу пластической массы экструдером, движение изделия, равномерность намотки и раскладки изделия на приемный барабан, а также одновременно контролировать длину изделия, его внешний диаметр. Испытание изоляции ТПЖ на пробой проверяется на высоковольтном испытателе изоляции кабеля.

Таким образом, на предприятии АО «Казэнергокабель» процесс изготовления многожильного силового кабеля включает в себя следующие традиционно используемые в производстве этапы:

1. На первом этапе происходит процесс волочения – обработки металлов давлением, при которой изделия (заготовки) протягиваются через отверстие, сечение которого меньше сечения заготовки. В итоге поперечные размеры изделия уменьшаются, а длина увеличивается. Результатом волочения является проводящая основа кабеля – проволока.

2. Далее проволока, полученная с помощью волочения, скручивается в ТПЖ.

3. Полученные жилы отправляются на экструзионную линию, где на них накладывается изоляция, которая обеспечивает им необходимую электрическую прочность. Изоляция должна иметь такую электрическую прочность, чтобы возможность ее электрического пробоя при напряжении, на которое рассчитан данный кабель, была исключена.

4. На четвертом этапе изолированные ТПЖ скручиваются в кабель.

5. Далее заготовка повторно отправляется на экструзионную линию, где на нее накладывается оболочка. Оболочка служит для защиты внутренних элементов кабеля от повреждений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Техническая документация АО «Казэнергокабель»
- 2 <http://electricalschool.info>
- 3 <http://profznanie.com>
- 4 <http://ru.wikipedia.org>
- 5 <http://www.ngpedia.ru>
- 6 <http://www.polymerbranch.com>

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 24.11.13.

*Д. М. Кудерин*

**«Казэнергокабель» АҚ кәсіпорнының үлгісінде көп тармақты күш кабiлiн дайындаудың технологиялық үдерісі**

С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ.Материал 24.11.13 редакцияға түсті.

*D. M. Kuderin*

**Technological process of the multicore power cable production on the example of JSC «Kazenergokabel»**

Pavlodar State University  
named after S. Toraigurov, Pavlodar;  
Material received on 24.11.13.

*Мақалада көп тармақты күш кабiлiн дайындау үдерісі ашылады. Аталған үдерістің бірізді өзара байланысты кезеңдерінің сипаттамасы «Казэнергокабель» АҚ кәсіпорнында қолданылатын жабдықтар үлгісінде іске асырылған.*

*The article discloses the process of the multicore power cable production. The description of the consecutive interconnected stages of this process is carried out on the example of the equipment applied at JSC «Kazenergokabel».*

УДК 006.015.5

**А. Н. Липчанский, С. С. Баранова, А. Б. Яшкина**

## **БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ КАЧЕСТВА КАК МЕТОД ГАРМОНИЗАЦИИ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ И ПОТРЕБИТЕЛЯ ПРОДУКЦИИ**

*В данной статье рассмотрены вопросы проблемы качества продукции, предложения о трансформации, виртуализации продукции по стадиям ее жизненного цикла и заключение о том, что и содержание понятия «качество» так же проходит эту трансформацию, состоящую в том, что на стадии конструкторской подготовки производства происходит формирование «базового» уровня качества, на стадии технологической подготовки происходит завершение формирования и создание условий реализации «базового» уровня качества.*

Современный этап развития мирового машиностроения характеризуется ужесточением конкуренции на рынках сбыта. Управление качеством является одним из основных направлений экономики, а применение современных методов управления качеством позволяет находить пути для повышения качества продукции и обеспечивать ее конкурентоспособность.

Само понятие «качество» исторически формулировалось на разных этапах развития человечества по – разному. Аристотель (III в. до н.э.) считал, что качество это – различие между предметами по признаку «хороший,

плохой». По Гегелю (XIX в.) качество есть в первую очередь тождественная с бытием определенность, так что нечто перестает быть тем, что есть, когда оно теряет свое качество. Согласно ГОСТ 15.467-79 качество продукции это совокупность свойств продукции, обуславливающих ее способность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением. И, наконец, согласно национального стандарта СТ РК ИСО 9000-2001 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь», качество – степень, с которой совокупность собственных характеристик выполняет требования удовлетворенности потребителя.

Сравнивая формулировки понятий качества, нетрудно убедиться, что на каждом этапе развития человечество становится все более требовательно к изготавливаемой продукции. Потребителем устанавливается тот уровень качества, который необходимо обеспечить изготовителю. Именно потребитель устанавливает тот уровень качества, к которому должен стремиться изготовитель.

Однако продукция, способная выполнить требования удовлетворенности потребителя или обеспечить ее способность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением, не появляются сами по себе. Очевидно, что в обеспечении соответствия продукции выше перечисленным требованиям принимает участие как минимум ещё один субъект процесса – это изготовитель продукции. Именно он обеспечивает требования пригодности, удовлетворенности и другие требования.

Выполняя требования потребителя изготовитель не может не учитывать своих интересов, заключающихся в том, что в результате процессов изготовления и реализации продукции предприятие изготовитель должно получить объем прибыли достаточный для того, чтобы компенсировать затраты понесенные им при ее изготовлении и обеспечить дальнейшее развитие предприятия, а также иметь возможность решения социальных и других проблем. К сожалению существующие трактовки понятия «качество», как в стандартах РК, так и в международных стандартах ИСО носят односторонний характер и направлены только на защиту прав потребителей. Следовательно, для того чтобы формулировка понятия качество продукции объединяло и требования потребителя и возможности изготовителя необходима его доработка заключающаяся в том, что вместо обобщенного показателя качества необходимо ввести такое понятие как «базовый» или «экономически целесообразный» для предприятия уровень качества которое воплотит в себе как желание потребителя так и возможности изготовителя. В настоящее время трудно представить процесс обеспечения качества вообще и «базового» или «экономически целесообразного» уровня качества в частности, без таких понятий как этапы жизненного цикла продукции и виртуализации продукции по этапам ее жизненного цикла. При этом под этапом жизненного цикла будем понимать временной интервал,

охватывающий отрезок времени от появления идеи создания продукции до ее утилизации после завершения изготовления и снятия с производства. На рисунке 1 представлены этапы жизненного цикла продукции.



Рисунок 1 – Основные этапы жизненного цикла продукции

Как видно из данного рисунка любой вид продукции проходит три основных этапа: конструкторская подготовка производства, технологическая подготовка производства, и этапа производства и эксплуатации. При этом сама продукция появляется только на последнем этапе при ее изготовлении. Очевидно, что на первых двух этапах роль продукции выполняют ее виртуальные представления, представленные на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2 конечным результатом этапа конструкторской подготовки производства является комплект конструкторской документации; итогом этапа технологической подготовки – технологические процессы; а результатом этапа производства и эксплуатации являются, кроме самой продукции, фактические затраты предприятия связанные с изготовлением, реализацией и эксплуатацией продукции.

Из рисунка 2 так же следует, что на этапе конструкторской подготовки производства происходит формирование «базового» или «экономически целесообразного» для предприятия уровня качества продукции, источником формирования которого являются технические решения, а также определяемые ими материалы и комплектующие. Аналогично на втором этапе технологической

подготовки производства формируются условия обеспечения «базового» или «экономического целесообразного» для предприятия уровня качества продукции. При этом гарантом его обеспечения являются технологическое оборудование, технологическая оснастка и инструмент, определенные условиями технологического процесса.

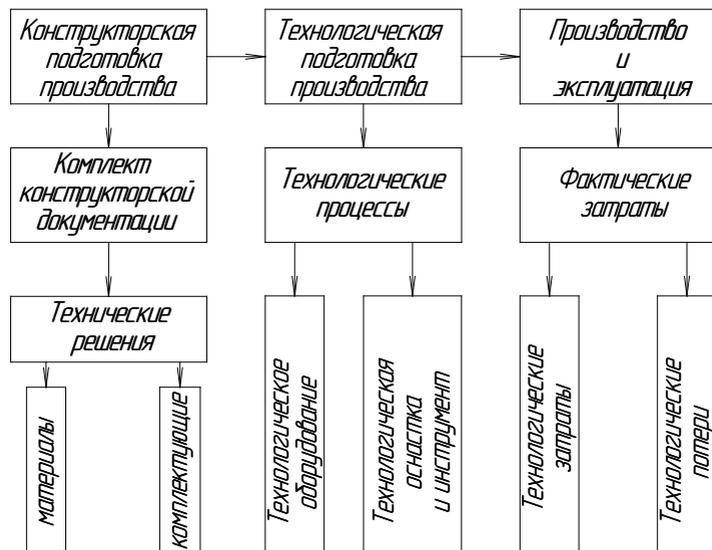


Рисунок 2 – Виртуализация продукции по этапам ее жизненного цикла

Следуя представленной логике, основной задачей третьего этапа жизненного цикла продукции, является реализация «базового» или «экономически целесообразного» для предприятия уровня качества продукции. При этом степень его реализации определяется объемом технологических потерь, которые формируются как разница фактических и технологических затрат. Именно технологические потери характеризуют уровень качества продукции и эффективность производства при ее изготовлении, а также являются источником построения систем управления качеством на основе анализа оценки стоимости затрат.

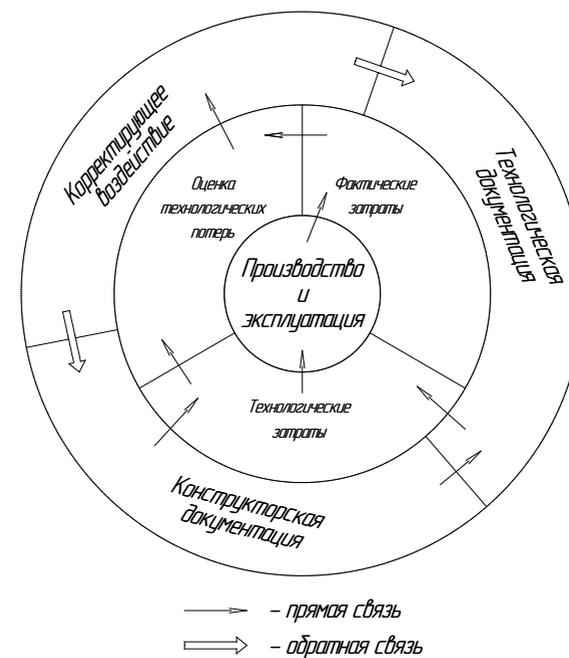
На рисунке 3 представлена схема, показывающая процесс реализации и управления «базовым» или «экономически целесообразным» для предприятия уровнем качества на основе анализа оценки стоимости затрат, обеспечивающий гармонизацию требований потребителя и возможностей изготовителя.

Из рисунка 3 следует: конструкторская документация является основанием для разработки технологической документации, которая вместе с конструкторской

документацией определяет объем технологических затрат. Процесс производства и эксплуатации превращает технологические затраты в фактические. Сравнение фактических и технологических затрат позволяет нам определить технологические потери, которые являются источником корректирующего воздействия на конструкторскую и технологическую документацию по их доработке с целью приведения в соответствие фактических затрат, технологическим.

Таким образом, обобщая выше изложенные рассуждения можно сформулировать требования к определению понятия «качества», учитывающие как требования потребителя, так и возможности изготовителя.

С одной стороны, качество – это оптимизация технологических затрат и минимизация технологических потерь предприятия при изготовлении продукции обуславливающей ее пригодность удовлетворить определенные потребности в соответствии с ее назначением; а с другой стороны, качество можно рассматривать как оптимизацию технологических затрат и минимизацию технологических потерь предприятия при изготовлении продукции совокупность собственных характеристик, которой выполняет требования, удовлетворенности потребителя.



→ - прямая связь  
 ⇨ - обратная связь

Рисунок 3 - Обобщенная схема управления качеством на основе анализа оценки стоимости затрат

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Липчанский, А. А., Тукачев, А. А., Горбунова, С. Ю. Роль оценки стоимости технологических потерь в УТП. Материалы республиканской научно-практической Конференции козыбаевские чтения. Инновационные технологии в образовании и науке. Т.2, стр.43-47, Петропавловск, 2005 г.

2 Липчанский, А. А., Тукачев, А. А. Качество как объект виртуальности. Метрология №1, 2009 г., стр. 33-35.

3 Липчанский, А. А., Рахматулин, М. Л. «Виртуализация продукцией – основной элемент формирования БУК». Материалы республиканской научно-практической Конференции козыбаевские чтения. Т1, стр. 21-24, г. Петропавловск, 2009 г.

Северо-Казахстанский университет  
имени М. Козыбаева. г. Петропавловск.  
Материал поступил в редакцию 18.06.13.

*A. A. Lipchansky, S. S. Baranova, A. B. Yashkina*

**Сапаның негізгі деңгейі – өнімді өндіруші мен тұтынушының қарым-қатынасын гармонизациялау әдісі ретінде**

М. Козыбаев атындағы  
Солтүстік-Қазақстан университеті, Петропавловск қ.  
Материал 18.06.13 редакцияға түсті.

*A. A. Lipchansky, S. S. Baranova, A. B. Yashkina*

**The quality basic level as method of harmonization between the manufacturer and consumer of production**

North Kazakhstan State University  
named after M. Kozybayev, Petropavlovsk.  
Material received on 18.06.13.

*Бұл мақалада өнім сапасының сұрақтары, өнімді өмірлік циклінің қадамдары бойынша трансформациялау және виртуализациялау ұсыныстары, сондай-ақ «сапа» анықтамасының мазмұны да сол өндірістің конструкторлық дайындық қадамында сапаның «негізгі» деңгейі қалыптасады, ал технологиялық дайындық қадамында сапаның «негізгі» деңгейінің қалыптасуы аяқталып, оны іске асыру шараларын құрастырудан тұратын трансформациядан өтентіндігі туралы қорытынды қарастырылған.*

*This article describes the problem of product quality, proposals for transformation, and virtualization of products in stages of its life cycle, and gives a conclusion that the notion “quality” also undergoes the transformation. That transformation goes in a few stages: during the production design, the “basic” quality level is formed; at the step of technological preparation the formation is completed and the conditions for implementation of the “basic” quality level are created.*

УДК 621:365.5

**Р. Р. Мухаметшин, И. В. Захаров, О. А. Науман**

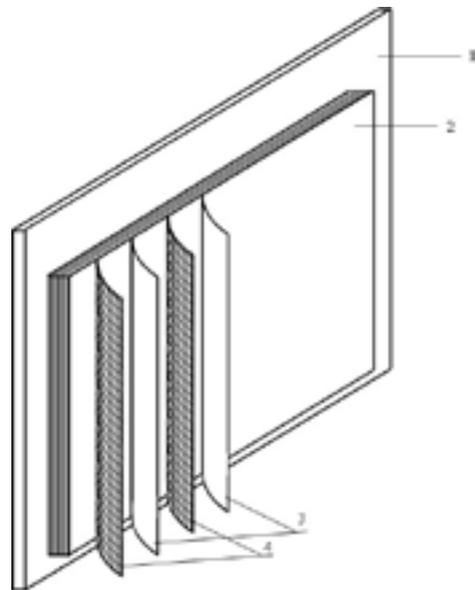
### **РАСЧЕТ РЕЗОНАНСНОГО РЕЖИМА ПЛОСКОГО ИНДУКТОРА С САМОКОМПЕНСАЦИЕЙ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ**

*В настоящей статье проведена инженерная методика расчета резонансного режима плоского индуктора с самокомпенсацией реактивной мощности.*

Использование в индукционных нагревательных установках плоских индукторов с емкостной связью (с самокомпенсацией) (рисунок 1) позволяют достигнуть значительного экономического эффекта за счет того, что отпадает необходимость в использовании средств искусственной компенсации их реактивной мощности. При этом наиболее рациональным режимом работы индукторов с самокомпенсацией является резонансный режим, с чисто активным входным сопротивлением.

Резонансный режим, достигаемый равенством индуктивного  $X_L$  и емкостного  $X_C$  сопротивлений обмотки индуктора, зависит в частности от электрофизических параметров элементов, его составляющих и может быть поддержан их соответствующим выбором [1].

Задача расчета резонансного режима плоских индукторов с самокомпенсацией связана с созданием инженерной методики, позволяющей производить выбор массогабаритных параметров индуктора в широком диапазоне варьирования влияющих факторов.



1-нагреваемая поверхность; 2-плоский индукционный нагреватель с самокомпенсацией; 3-разноименные проводники нагревателя; 4-диэлектрические ленты.

Рисунок 1 – Эскиз системы «плоский индукционный нагреватель с самокомпенсацией – нагреваемая поверхность»

Цель расчета состоит в получении зависимостей между параметрами плоского индуктора с самокомпенсацией, обуславливающих его работу в режиме резонанса: электрическими (частотой  $f$ , напряжением  $U$  источника питания); электрофизическими (удельным электрическим сопротивлением материала индуктора  $\rho_1$  и загрузки  $\rho_2$ , относительной магнитной проницаемостью материала загрузки  $\mu_r$ , относительной диэлектрической проницаемостью диэлектрика  $\epsilon_r$ ) и геометрическими (высотой  $h$  и толщиной индуктирующего проводника обмотки  $b$ , толщиной диэлектрика  $\delta$ , числом слоев индуктора  $W$ ). Электрическая схема замещения секции плоского индуктора с самокомпенсацией при, например четном количестве проводников, в частности четырех, представлена на рисунке 2.

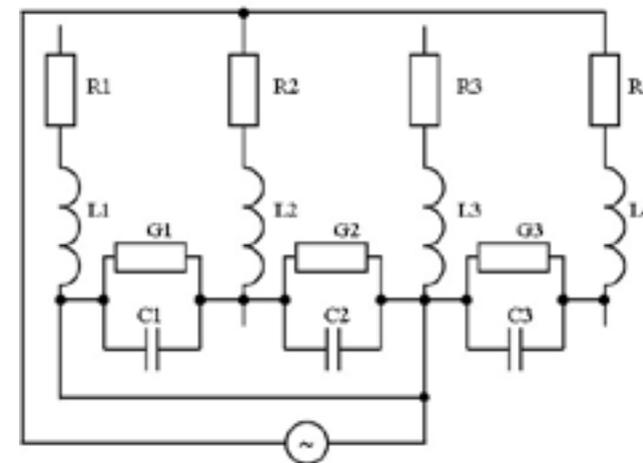


Рисунок 2 – Электрическая схема замещения секции индуктора с самокомпенсацией при четном количестве проводников

Важным при расчете резонансного режима является учет влияющих факторов (аксиальная неравномерность тока в проводниках обмотки, вносимые индуктивное  $X_2$  и активное  $R_2$  сопротивления загрузки). Собственная электрическая емкость  $C_1$  и индуктивность  $L_1$  обмотки индуктора рассчитывается как для плоской секции с чередующимися ленточным проводником.

При расчете индуктивности обмотки необходимо учитывать, что плотность тока в аксиальном направлении уменьшается от места ввода тока к периферии, т.е.  $j_a = f(x)$ . Таким образом, индуктивность плоской секции  $L_1$ , Гн можно считать эквивалентной проводнику прямоугольного сечения, имеющего те же размеры, что и секция и рассчитать по формуле

$$L_1 = \frac{\mu_0 \cdot l}{2 \cdot \pi} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l}{b + h} + 0,5 + 0,223 \frac{b + h}{l} \right),$$

где  $l$ ,  $h$ ,  $b$  – длина, высота и толщина секции соответственно, см.

Так как все проводники секции индуктора работают в электромагнитном поле, созданном током индуктора, то взаимное влияние этих проводников друг на друга определится как взаимная индуктивность двух одинаковых прямоугольников с параллельными сторонами

$$M = \frac{\mu_0}{\pi} \cdot \left[ l \cdot \ln \left( \frac{l+d_1}{l+D} \cdot \frac{d_2}{x} \right) + h \cdot \ln \left( \frac{h+d_2}{h+D} \cdot \frac{d_1}{x} \right) + 2 \cdot (D-d_1-d_2+\delta) \right],$$

$$d_1 = \sqrt{l^2 + \delta^2}, d_2 = \sqrt{h^2 + \delta^2}, D = \sqrt{l^2 + h^2 + \delta^2},$$

где  $\delta$  – толщина диэлектрика, см.

Собственная емкость секции индуктора  $C_1$ , пФ рассчитывается по формуле для плоской многопластинчатой секции, собранной из  $N$  проводников, соединенных через один параллельно

$$C_1 = \frac{0,0884 \cdot \epsilon \cdot h \cdot l \cdot (N-1)}{\delta},$$

При внесении загрузки в рабочую область индуктора, ее влияние сказывается в увеличении активного сопротивления системы на величину вносимого активного сопротивления  $R_{вн}$ , что связано с потреблением активной мощности индуктором из сети и передачей ее в нагрузку. Вместе с тем, реактивное сопротивление системы уменьшается на величину реактивного вносимого сопротивления  $X_{вн}$ , что объясняется размагничивающим действием загрузки на ток в индукторе [2].

Таким образом, суммарное реактивное сопротивление системы  $X_{\Sigma}$ , Ом будет равно

$$X_{\Sigma} = X_{L1} - X_{C1} - k_{св}^2 \cdot X_{L2},$$

где  $X_{L1}$ ,  $X_{C1}$  – индуктивное и емкостное сопротивления индуктора соответственно, Ом;

$X_{L2}$  – индуктивное сопротивление загрузки, Ом;

$k_{св}$  – коэффициент связи.

Вносимое активное сопротивление  $R_{вн}$ , Ом, равно активному сопротивлению загрузки  $R_2$  и определяется по формуле

$$R_{вн} = \frac{\rho_2 \cdot l}{h \cdot b},$$

где  $\rho_2$  – удельное электрическое сопротивление материала загрузки, Ом·м.

Вносимое реактивное сопротивление  $X_{вн}$ , Ом, равно реактивному сопротивлению загрузки  $X_2$ . Индуктивность загрузки  $L_2$ , Гн, определяется

по формуле для прямоугольного проводника с током с поперечным сечением, равным глубине проникновения электромагнитной волны в материал загрузки  $\Delta_2$ , м.

$$L_2 = \frac{\mu_0 \cdot l}{2 \cdot \pi} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l}{h+b} + 0,5 \right),$$

$$\Delta_2 = 503 \cdot \sqrt{\frac{\rho_k}{\mu_k \cdot f}}.$$

Индекс  $k$  в формуле соответствует 1 при расчете  $\Delta_2$  для индуктора и 2 при расчете  $\Delta_2$  для загрузки.

Коэффициент связи между индуктором и нагрузкой определяется по формуле

$$k_{св} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot M_{12}}{\sqrt{R_{вн}^2 + X_{вн}^2}},$$

где  $M_{12}$  – взаимная индуктивность между индуктором и нагрузкой, Гн.

Взаимная индуктивность  $M_{12}$  определяется для двух одинаковых прямоугольников с параллельными сторонами [2].

Представленная методика расчета реализована в виде программы «REZONANS PL», созданной в среде Borland DELPHI для функционирования в оболочке WINDOWS. С использованием указанной программы проведен расчет резонансного режима плоского индуктора с самокомпенсацией реактивной мощности в широком диапазоне влияющих факторов: частоты источника питания, уровня охлаждения, металла обмотки индуктора, материала изолирующего диэлектрика, геометрических размеров секции индуктора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Калантаров, П. Л., Цейтлин, Л. А. Расчет индуктивностей: Справочная книга. - Л. : Энергоатомиздат. 1986. – 488 с.

2 Иосель, Ю. Я., Кочанов, Э. С., Струнский, М. Г. Расчет электрической емкости. - Л. : Энергоиздат. 1981. – 288 с.

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,  
г. Павлодар. Материал поступил в редакцию 14.12.13.

*P. P. Mukhametshin, I. V. Zakharov, O. A. Nauman*

**Тайқы индуктордың резонанстық режимінің есебі реактивті өзіндік  
компенсациясының қуаттылығы**

С. Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ. Материал 14.12.13 редакцияға түсті.

*R. R. Mukhametshin, I. V. Zakharov, O. A. Nauman*

**Calculation of flat inductor resonant mode with self-compensation of  
reactive power**

Pavlodar State University named after S. Toraigyrov, Pavlodar;  
Material received on 14.12.13.

*Осы мақалада тайқы индуктордың резонанстық режимінің  
есебінің инженерлік әдістемесі реактивті алымдылықтың  
самокомпенсациясы өткіздір-өткізу қарастырылған.*

*This article presents an engineering method for calculating the  
resonant mode of flat inductor with self-compensation of reactive power.*

УДК 621.184.74

**А. С. Никифоров\*, Е. В. Приходько\*, А. Е. Карманов\*,  
А. К. Кинжибекова\*\***

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБМУРОВКИ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ**

*В данной статье приводятся результаты модернизации обмуровки  
котла малой мощности с целью повышения энергоэффективности  
его работы.*

Требование снижения тепловых потерь через обмуровку энергетических котлов, а также желание увеличить устойчивость и долговечность тепловой защиты приводит к необходимости разработки новых технологий и методик эксплуатации [1].

Сокращение тепловых потерь и экономия топлива – актуальная задача, решение которой невозможно без изучения факторов, влияющих на тепловую работу обмуровок котельных агрегатов.

Проблема эффективного сжигания твердого топлива в отопительных и промышленных котельных установках малой мощности нашла в литературе своё отражение. Этому посвящены работы [2, 3, 4].

Эффективность использования тепловой изоляции и вопросы тепловых потерь в окружающую среду также нашли своё отражение в литературе [5, 6, 7].

Необходимо упомянуть также и об экологической стороне вопроса, которая также нашла отражение в литературе [8, 9].

При этом, несмотря на многочисленные исследования, вопрос о снижении тепловых потерь через теплоотражающие конструкции и повышении энергоэффективности котлов остается одним из наиболее актуальных.

Исследования, представленные в данной статье, в национальном масштабе играют огромную роль. Так, по данным [10] около 30 % тепловой энергии вырабатывается малыми котельными, мощностью менее 100 Гкал/час. Данные тепловые источники характеризуются коэффициентом полезного действия порядка 60 % и высоким удельным расходом топлива, что приводит к перерасходу 645 300 тонн условного топлива в год или 1,75 млрд. тенге, а также к дополнительным выбросам в окружающую среду.

Анализ современного состояния инженерной инфраструктуры объектов малой энергетики (автономных котельных установок) показал, что большая часть котельного оборудования устарела и требует комплексной модернизации тех фондов, КПД которых не превышает 60 %. У некоторых котлов среднестатистический коэффициент полезного использования энергии составляет не более 40 %, то есть около 40-60 % тепловой энергии, генерируемой в котельных, теряется с уходящими газами, в тепловых сетях, через ограждающие конструкции общественных и жилых зданий. Особенно это наблюдается в котлах малой теплопроизводительности, работающих на самотяге, где эффективность может быть еще ниже.

В то же время информация по котельным установкам малой тепловой производительности субъективна, разрознена, требует систематизации и развития. Необходимо также пересмотреть основные параметры теплового баланса, так как методика по определению некоторых составляющих теплового баланса, изложенная в нормативном методе теплового расчета котлов, морально устарела, характерна для котлов средней и большой теплопроизводительности.

Об актуальности данной темы в международном масштабе говорит, например, проведение I-ой Международно-практической конференции «Научное обеспечение отраслей жилищно-коммунального хозяйства», прошедшей 26-27 октября 2012 года в Астане.

Анализ конструкций современных котлоагрегатов средней и малой мощности, используемых в энергетике Казахстана, показывает, что, несмотря на широкий

спектр теплоизоляционных материалов, предлагаемых как отечественными, так и иностранными производителями, в них до сих пор применяют надёжные, но малоэффективные материалы. Так, в качестве теплоизоляции, наиболее широко используется шамотный кирпич различных марок.

Выделим основные причины использования шамота в изготовлении обмуровок котлов. Материал имеет достаточно высокую стойкость к воздействию агрессивных сред (шлака). Кроме того, его свойства и их изменение в течение рабочей кампании агрегатов хорошо известны из многолетнего опыта эксплуатации. Сказать точнее – изготовители котлов и эксплуатирующие организации прекрасно себе представляют, что можно ожидать от этого материала.

Между тем, котлы с обмуровкой из шамота малой и средней мощности имеют и ряд минусов, которые не всегда устраивают потребителей. Остановимся на этих недостатках подробнее.

1) Высокие тепловые потери через обмуровку. При обследовании ряда котлов на предмет температуры на поверхности обмуровки мы увидели, что практически все котлы не удовлетворяют нормативным значениям. Так, на поверхности энергетического котла марки БКЗ–75-39 средняя температура колеблется в районе 75-92°C, что значительно превышает нормативное значение. Согласно правилам технической эксплуатации котлов [11] температура на поверхности обмуровки должна быть не более 45 °С. В результате реальные тепловые потоки через существующую обмуровку данного котла составили величину порядка 628,3 кВт.

2) Отсутствие у котлов малой производительности мобильности. У части котлов малой производительности обмуровка из шамота изготавливается «на месте», после монтажа трубной системы котлоагрегата. Это создаёт дополнительную временную задержку перед пуском котла, трудности при транспортировке и в ситуациях, при смене месторасположения котла (что актуально для котлов малой мощности).

3) С учётом достаточно высокого коэффициента теплопроводности шамота (относительно современных теплоизоляторов) расход шамота на обмуровку велик, и, соответственно, велики и затраты на обмуровку и на весь котлоагрегат в целом.

4) Высокие затраты труда при монтаже и ремонте футеровки. Кладка обмуровки требует не только высоких трудовых затрат, но и достаточной квалификации исполнителя работ.

Таким образом, можно сказать, что использование на котлах обмуровки из шамота в основном происходит «по инерции», то есть от отсутствия острой необходимости в применении современных энергосберегающих материалов.

Рынок теплоизоляционных и огнеупорных материалов г. Павлодара насыщен данными материалами. Особенно стоит отметить и то, что на рынке представлены и отечественные производители данной продукции. Так, ТОО «Промэнергоизоляция» производит и осуществляет теплоизоляцию

трубопроводов, строительных конструкций и высокотемпературного оборудования (обмуровочные и футеровочные работы) с применением материалов, произведённых в Павлодарской области. Спектр выпускаемых материалов широк – от шамотных кирпичей марки ШБ-5 до картона марки МКРКЛ-450 (из муллитокремнеземистых волокон).

С учётом поручения Главы государства об увеличении казахстанского содержания в закупках для отечественных предприятий и организаций, можно сказать, что вопросы применения современных отечественных тепло- и огнеупорных материалов для обмуровок котлов легко решаемы.

Перед учёными нашего ВУЗа была поставлена задача – модернизировать обмуровку водогрейного котлоагрегата мощностью 1 Гкал с применением современных огнеупорных и теплоизоляционных материалов, применение которой позволило бы снизить тепловые потери через обмуровку (до нормативных), значительно снизить массу котла (сделав его мобильным), по возможности, снизить стоимость (за счёт уменьшения объёма используемых материалов) и упростить монтаж теплоизоляции на котле. Водогрейный котёл, мощностью 1 Гкал показан на рисунке 1.

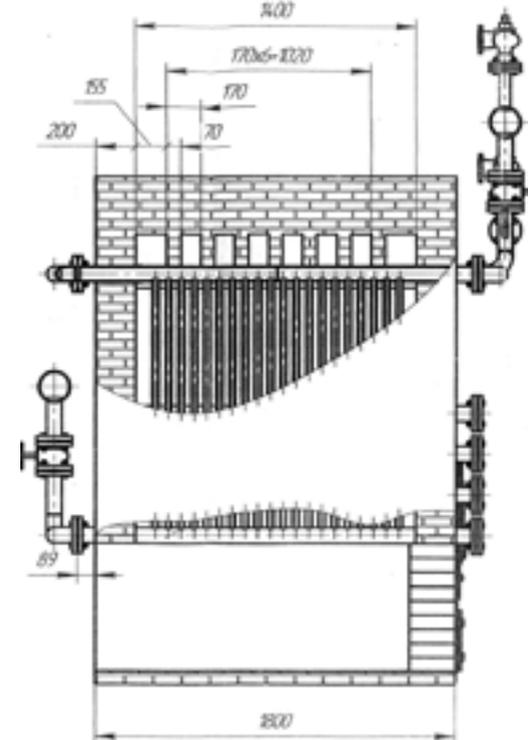


Рисунок 1 – Водогрейный котёл, мощностью 1 Гкал

Был произведен расчет и разработана схема обмуровки водогрейных котлов, мощностью 0,4; 0,6; и 1,0 Гкал, с заменой обмуровки шамотного кирпича на волокнистые теплоизоляционные материалы. Кроме того, разработана система дополнительного экранирования топочного объема.

Исходными данными для расчёта являлись:

- температура внутренней поверхности футеровки, 700 °С;
- температура внешней поверхности футеровки, 50 °С;
- температура в помещении 20 °С.

Для эффективной теплоизоляции был выбран материал – базальт. Этот материал позволяет сократить тепловые потери, экономию топлива, но и массу конструкции, толщину изоляции, мобильность, сроки монтажа, что очень важно для заказчика. Данный материал имеет низкий коэффициент теплопроводности (0,04 Вт/(м·К)), высокую огнестойкость.

Также результатом проведенной работы должно стать сокращение сроков монтажа котлов и их последующей транспортировки; ранее применяемый теплоизоляционный материал имел большую массу, которая не позволяла осуществлять транспортировку конструкции.

Были проведены соответствующие расчёты, которые показали, что толщина обмуровки составит 150 мм.

Кроме этого, заказчиком было определено, что котлы могут с небольшими доработками перестраиваться для работы на газообразном топливе. При этом было необходимо тепловую изоляцию просчитать также на температуру 1300 °С.

Для температуры внутренней поверхности в 1300 °С проведенные расчёты показали, что для данных условий в обмуровке необходимо использование второго материала (по условию максимальной температуры применения), более огнестойкого. Таким материалом может служить картон марки МКРКЛ-450, наличие керамического каркаса в плитах которого позволяет использовать данный вид изделий при температурах до 1400 °С. Таким образом, были определены значения толщин двух слоёв обмуровки: картон марки МКРКЛ-450 - 0,12 м и маты прошивные из базальтового супертонкого волокна (БСТВ) – 0,2 м.

Результатом проведенной работы явилось следующее:

- снижение тепловых потерь через обмуровку котлов в среднем на 15 % и доведение значение температуры на наружной поверхности обмуровки до нормативного;
- снижение расхода топлива на 4,5 %;
- снижение массы котлов более чем в 7,8 раза.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Хаванов, П. А.** Водогрейные котлоагрегаты малой мощности. Теплотехнические особенности применения [АВОК №5/2011](#). С 66-76.
- 2 **Стрельников, А. С.** Повышение эффективности сжигания низкосортных твердых топлив в котлах малой мощности Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук, Иркутск, 2006, 141 с.
- 3 **Степанов, В. С., Степанова, Т. Б.** Эффективность использования энергии и энергосбережение: Учебное пособие. Иркутск: ИрГТУ, 2002. - 145 с.
- 4 **Марчак, И. И., Голышев, Л. В., Мысак, И. С.** Результаты исследования по определению потери тепла в окружающую среду водогрейными котлами // *Электрические станции*. -2000. -№ 7. -С. 11-15.
- 5 **Гакель, С.** Ремонт и реконструкция тепловой изоляции с использованием программы «Изоляция»// [САДmaster 2005, №3](#). С 59-61.
- 6 **Кащеев, И. Д.** Эффективная теплоизоляция тепловых агрегатов // *Огнеупоры и техническая керамика*. - 2006. № 11. -С. 32-36.
- 7 **Шойхет, Б. М., Ставрицкая, Л. В., Ковылянский, Я. А.** Тепловая изоляция трубопроводов тепловых сетей. Современные материалы и технические решения. // *Энергосбережение*. – 2002. №5. С 43-46.
- 8 **Белевицкий, А. М.** Энергия плюс экология как решить две проблемы в комплексе // *Промышленная энергетика*. 2001. - №3. С 50-53.
- 9 **Котлер, В. Р., Беликов, С. Е.** Промышленно отопительные котельные: сжигание топлив и защита атмосферы. - СПб.: Энерготех, 2001. - 272 с.
- 10 Постановление Правительства Республики Казахстан от 30 апреля 2011 года № 473. Об утверждении Программы модернизации жилищно-коммунального хозяйства Республики Казахстан на 2011 - 2020 годы, Астана, 2011, 25 стр.
- 11 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. Утверждены постановлением Правительства Республики Казахстан от 24 октября 2012 года № 1352.

\*Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова;

\*\*Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 21.12.13.

*А. С. Никифоров\*, Е. В. Приходько\*, А. Е. Карманов\*, А. К. Кинжибекова\*\**

**Төмен қуатты су жылытқыш қазандардың жылулық жоғалтуларын төмендету үшін оқшау қаптауын модернизациялау**

\*С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;

\*\*Инновациялық Евразиялық университеті, Павлодар қ.  
Материал 21.12.13 редакцияға түсті.

A. S. Nikiforov\*, Ye. V. Prikhodko\*, A. E. Karmanov\*, A. K. Kinzhibekova\*\*

### **Modernization of the brickwork of medium capacity water heating boilers with the purpose to decrease heat losses**

\*Pavlodar State University  
named after S. Toraigyrov, Pavlodar;  
\*\*Innovative Eurasian University, Pavlodar.  
Material received on 21.12.13.

*Бұл мақалада төмен қуатты қазандардың жұмысы кезінде энергия тиімділігін жоғарлату үшін оқиша қаптауын модернизациялау нәтижесі көрсетілген.*

*In the present article there have been demonstrated the results of modernization of the brickwork of a medium capacity boiler with the purpose to increase the power efficiency of its work.*

УДК 621.313.13

**А. Н. Новожилов, Е. В. Крюкова, Т. А. Новожилов**

### **ДВУХЛУЧЕВОЙ ОСЦИЛЛОГРАФ НА БАЗЕ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА**

*Описано программное обеспечение для визуального исследования и анализа одновременно двух электрических сигналов. Использование двухлучевого осциллографа на базе персонального компьютера дешевле традиционных устройств, не уступая им в качестве, и может быть использовано в научно-исследовательских целях.*

Методы исследования процессов в электроэнергетических системах для разработки новых и улучшения старых параметров систем диагностики, противоаварийной автоматики и релейной защиты постоянно совершенствуются. При этом уровень исследований, а значит и уровень разрабатываемых устройств, в частности для диагностирования состояния и защиты электрических машин и аппаратов электрических станций, в значительной мере зависит не только от качества измерительных приборов, но их количества и доступности. Если учесть, что исследовательской

деятельностью в России и Казахстане, в значительной мере, занимаются высшие учебные заведения, а они, в основном, являются бюджетными организациями, то становится ясно, что основным препятствием для широкого исследования в области энергетики является отсутствие простого в использовании и доступного оборудования, позволяющего фиксировать результаты измерений и делать их спектральный анализ в течение длительного времени [1-10].

В настоящее время все чаще в качестве универсального прибора для регистрации и обработки сигналов используют получивший широкое распространение персональный компьютер. При соответствующем программном обеспечении он способен выполнять функции практически любого аналогового прибора, также осциллографа и анализатора спектра. Такие средства для модернизации компьютеров выпускаются многими фирмами. Однако цена и узконаправленная специфика использования резко ограничивают возможность распространения этого оборудования в высших учебных заведениях.

Одним из решений этих проблем явилась разработка программного обеспечения (ПО) «Лариса-2005» для персонального компьютера, которое позволяло реализовать на его базе однолучевой осциллограф, совмещенный с анализатором спектра. Это ПО было разработано в 2005 году в Павлодарском государственном университете им. С. Торайгырова на кафедре «Автоматизация и управление» студенткой Ларисой Пфлюг под руководством профессора Новожилова А.Н. Однако, для решения значительной части задач энергетики этого оказалось недостаточно, так как в задачах диагностики чаще всего требуется получать информацию одновременно от двух источников. Для решения этого типа задач в Павлодарском государственном университете им. С. Торайгырова на кафедре «Автоматизация и управление» магистром Еленой Крюковой в 2012 году было разработано ПО «Елена-2012».

Функционально ПО «Елена-2012» представлено двумя окнами, которые показаны на рисунках 1 и 2. С помощью первого окна на базе персонального компьютера реализуется двухлучевой осциллограф, который позволяет:

- осуществлять запись и просмотр записанных в течение длительного времени двух сигналов на мониторе, их копирование и размещение на твердой копии;
- проводить измерение основных параметров сигнала в виде амплитуды, длительности и частоты;
- изменять масштаб отображения интересующей части сигнала;
- осуществлять математическую обработку сигнала.

С помощью второго окна реализуется анализатор спектра, который позволяет осуществить цифровую обработку полученного сигнала различными методами, в частности, методом разложения в ряд Фурье.

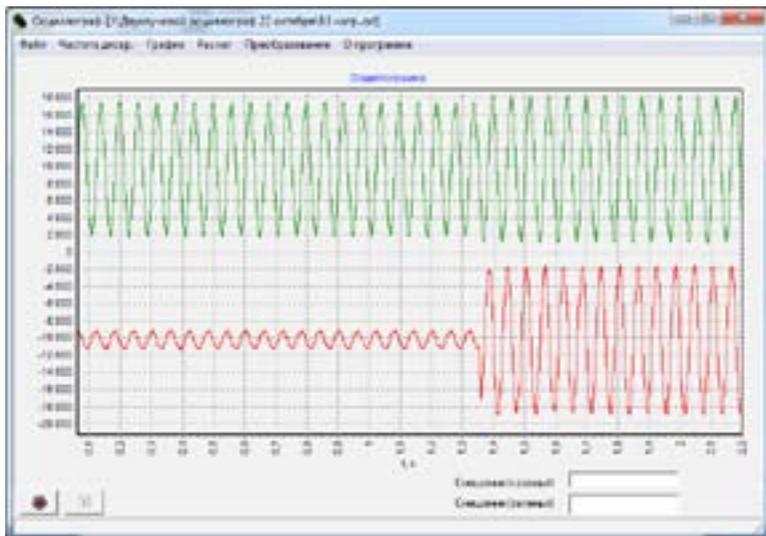


Рисунок 1 – Внешний вид окна двухлучевого осциллографа

При работе с двухлучевым осциллографом, показанном на рисунке 1 пользователь имеет возможность с помощью пункта меню «Файл - один/два канала» задать количество используемых каналов для регистрации данных, а с помощью пункта «Частота дискретизации» - частоту квантования сигнала. При нажатии кнопок в левой нижней части окна выполняется начало и конец записи осциллограмм. С помощью указателя мыши можно выделять произвольный временной участок осциллограммы для увеличения масштаба ее просмотра.

Основную рабочую область окна двухлучевого осциллографа занимает поле графика, по оси абсцисс которого отмеряется время измерения сигнала, а по оси ординат – амплитуда в условных единицах измерения. При работе с двумя сигналами их осциллограммы могут накладываться друг на друга, для решения этой проблемы в программе предусмотрена возможность смещения их в требуемых пределах. Имеется также возможность задавать контрольные уровни амплитуд записываемых сигналов с автоматической калибровкой шкал осциллографа.

Программное обеспечение «Елена-2012» имеет библиотеку функций математической и цифровой обработки сигналов (пункт меню «Преобразование»), которая позволяет осуществлять:

- арифметические операции в виде однополупериодного и двухполупериодного выпрямления сигнала;
- вычитание постоянной составляющей;
- интегрирование и дифференцирование;
- построение огибающей сигнала с амплитудной модуляцией.

Переход от окна двухлучевого осциллографа к окну анализатора спектра производится с помощью пункта меню «Расчет».

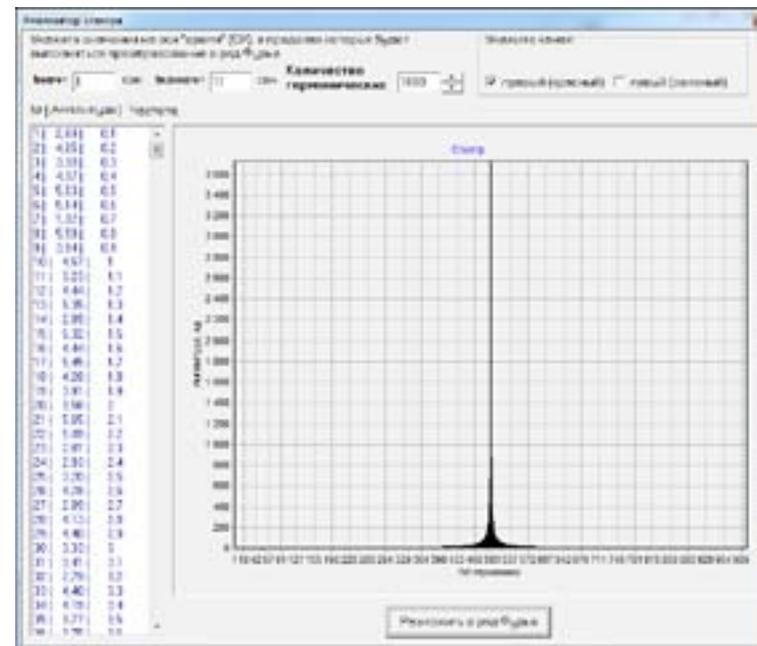


Рисунок 2 – Внешний вид окна анализатора спектра

При работе с окном анализатора спектра ПО «Елена-2012», показанном на рисунке 2, пользователь имеет возможность осуществить спектральный анализ первого или второго математически обработанных сигналов осциллографа. Для этого выбирается канал исследования и количество гармонических в спектрограмме. Затем задается размер окна исследования путем указания начального  $t_{нач}$  и конечного  $t_{кон}$  времени осциллограммы. Для удобства анализа в левой части формы представлены числовые характеристики каждой гармоники спектрограммы в виде амплитуды и частоты.

Источником сигналов для двухлучевого осциллографа служат трансформаторы тока (ТА) и напряжения (ТВ), а также магнитные трансформаторы тока (МТА) [11], подключение которых показано на рисунке 3. В качестве аналого-цифрового преобразователя этого осциллографа используется звуковая карта персонального компьютера. Для согласования напряжения на выходе измерительных трансформаторов и входе звуковой карты применяется нормирующее устройство НУ, аналогичное тому которое использовалось в [12]. В качестве примера на рисунке 1 зеленым и красным графиками показаны результаты измерения тока в цепи однофазного трансформатора ТВ и напряжения на выходе магнитного трансформатора МТА релейной защиты при витковом замыкании в его обмотке.

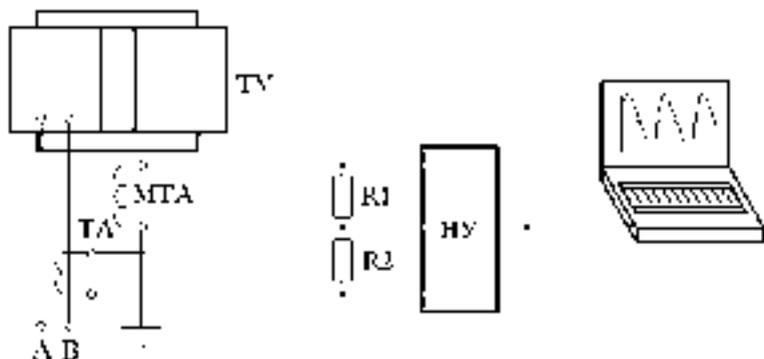


Рисунок 3 - Схема измерений для исследования релейной защиты трансформатора на магнитном трансформаторе тока

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Thorsen, V., Dalva, M.** Condition Monitoring Methods, Failure Identification and Analysis for High Voltage Motors in Petrochemical Industry// Proc 8a IEE International Conference, EMD'97, University of Cambridge.-1997. - No 444, pp. 109-113.
- 2 **Thomson, W.T., Rankin D.** Case Histories of Rotor Winding Fault Diagnosis in Induction Motors // 21<sup>st</sup> International Conference Proc on Condition Monitoring, University College Swansea, March 1987.
- 3 **Kliman, G.B., Stein, J.** Induction Motor Fault Detection Via Passive Current Monitoring // Proc International Conference (ICEM'90), MIT, Boston. - 1990, pp. 13-17.
- 4 **Thomson, W.T., Chalmers, S.J., Rankin, D.** On-line Current Monitoring and Fault Diagnosis in High Voltage Induction Motors - Case Histories and Cost

Savings in Offshore Installations // Offshore Europe '87, Conf Proc SPE September 1987, Aberdeen, SPE 16577/1 - SPE 16577/10.

5 **Schoen, R.R., Habetler, T.G., Kamran, F., Barthel, R.G.** Motor Bearing Damage Detection Using Stator Current Monitoring // IEEE Transactions on industry applications, vol.31, no. 6, November/December 1995.

6 **Thomson, W.T., Fenger, M.** Current Signature Analysis to Detect Induction Motor Faults // IEEE Industry Application Magazine July/August 2001.

7 Вибродиагностика и цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс]. – Осциллограф из ПК: Адаптер для звуковой карты. – URL: [http://sig-nal.narod.ru/new\\_page\\_25](http://sig-nal.narod.ru/new_page_25).

9 **Курбатов, А.** Второе ампула звуковой платы // Компьютерра. – 1999. – №18-19. <http://offline.computerra.ru/1999/296/3677/>.

10 Проект iXBT.com [Электронный ресурс] / Лядов Г., Лядов М. // Практическое тестирование Intel High Definition Audio на примере кодека ALC880. <http://ixbt.com/multimedia/intel-hdaudio>.

11 **Федосеев, А.М.** Релейная защита электрических систем. - М.: Энергия, 1976.- 559 с.

12 **Новожилов, А. Н.** Особенности построения системы диагностики электрических машин на базе персонального компьютера со встроенной звуковой картой [Текст] / А.Н. Новожилов, А.В. Антонцев, А.В. Мануковский, Н.А. Исупова, Е.В. Крюкова // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2012. – № 5. – С. 36–40.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 24.10.13.

*А. Н. Новожилов, Е. В. Крюкова, Т. А. Новожилов*

**Дербес компьютер негізіндегі екі сәулелік осциллограф**

С. Торайгыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 24.10.13 редакцияға түсті.

*A. N. Novozhilov, E. V. Krukova, T. A. Novozhilov*

**A PC-based double-beam oscillograph**

Pavlodar State University of S.Toraighyrov

Material received on 24.10.13.

*Екі электрлік сигналдарды бір уақытта визуалды зерттеу және талдау жүргізуге арналған бағдарламалық қамтамасыздандырылу сипатталады. Дербес компьютер негізіндегі екі сәулелік осциллографты*

*қолдану дәстүрлі қондырғылардан арзанырақ, сапасы да кем түспейді және оны ғылыми-зерттеу мақсаттарында пайдалануға болады.*

*The software for a simultaneous visual inspection and analysis of two electrical signals is described. A PC-based dual-beam oscillograph is cheaper than traditional devices and not inferior to them in quality; it can be used for research purposes.*

ӨОЖ 621.31:621.311.42:621.316.925.1(045)

**Ә. Қ. Оразбекова, Б. А. Байниязов, С. С. Исенов**

### **КЕРНЕУІ 110/10 КВ ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАРДЫҢ РЕЛЕЛІК ҚОРҒАНЫСТАРЫНЫҢ ТАҒАЙЫНШАМАЛАРЫН ТАҢДАУ БАРЫСЫНДА 10 КВ ЭЛЕКТР ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫНЫҢ ӨЗДІГІНЕН ІСКЕ ҚОСУ ТОҚТАРЫНЫҢ ЫҚПАЛЫ**

*Берілген мақалада кернеуі 110/10кВ қосалқы станциялардың релелік қорғаныстарының тағайындамаларын таңдау барысында 10кВ электр қозғалтқыштарының өздігінен іске қосу тоқтарының ықпалы қарастырылған. 10 кВ шиналардан қоректенетін ірі электр қозғалтқыштарының өздігінен іске қосу тоқтарын анықтау мақсатында төменде келтірілген есептер құрастырылып анықталды: а) қоректену аз уақытқа тоқтатылғаннан кейін секциядағы кернеу мен өздігінен іске қосылу тогының шамаларын анықтау және есептелген мәліметтер негізінде электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу мүмкіндігін қарастыру; б) электр қозғалтқыштар қозғалысқа келтіретін кейбір механизмдердің қайтадан номинал айналу жиіліктеріне дейін үдетілу уақытын және электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы процессінің толық аяқталу ұзақтығын есептеу, яғни өздігінен іске қосылу процессінің динамикасын қарастырады.*

Электрмен жабдықтаудың сенімділігі дегеніміз – электрмен жабдықтау жүйесінің тұтынушыларын жоғары сапалы электр энергиясымен қамтамасыз ету, жұмыс үдерісін тоқтатпай және үздіксіз қоректендіру мүмкіндігі. Сенімділік электрмен жабдықтау сұлбасын және құраушы бөлшектерін тиімді әрі негізделіп таңдау және жоспарлы жөндеу жұмыстарын уақытында өткізу арқылы жүзеге асырылады.

Электрмен жабдықтау сұлбасының жоғары сенімділігін қамтамасыз ету кезінде релелік қорғаныс пен автоматикаға, автоматты басқару жүйесінің элементтеріне көп көңіл бөліну қажет. Қазіргі заманға сай құрылғылар мен әдістерді, инновациялық технологияларды ұтымды қолдану, жоғары сенімділікті қамтамасыз ету мен апатты жағдайларды азайту барысында оң септігін тигізетіні белгілі. Сонымен қатар тұтынушыларды жоғары сапалы әрі үздіксіз қажет мөлшерде электр энергиясымен қамтамасыз ету сұлбаларын құрастыру кезінде қорек көздерінің санын, түрін және апатты жағдайлар пайда болған жағдайларда резервтеу мүмкіндіктерін қарастыру қажет. Бұл кезеңде резервті автоматты түрде қосу және қайталап автоматты қосу құрылғыларының атқаратын маңызы өте зор. Бірақ мұндай қондырғылардың іске қосылуы және әсер етуі үшін белгілі бір уақыт мөлшері қажет болады. Осы уақыт ішінде технологиялық процесс немесе өндіріс барысы тоқтамауы қажет, себебі өндірістің қандай да бір уақыт мезетіне тоқтап қалуы немесе технологиялық процесстердің бұзылуы және баяулауы көптеген қаржылық шығындар мен басқа да келеңсіз жағдайларға әкеліп соқтыратыны әркімге мәлім.

Асинхронды және синхронды электр қозғалтқыштары өнеркәсіп орындарында өте кең таралған. Олар электр энергиясын тұтынушы қондырғылардың едәуір бөлігін құрайды. Көптеген өнеркәсіп орындарында асинхронды электр қозғалтқыштар маңызды технологиялық тізбектерді, конвейерлерді қозғалысқа келтіреді. Сондықтан өндіріс орындарындағы электр қозғалтқыштардың сенімді әрі үздіксіз жұмыс істеуі жалпы өндіріс процессінің тиімділігіне тікелей әсер етеді. Жұмыс істеу барысында әр түрлі апатты жағдайлар туындауы мүмкін, мысалы, әр түрлі қысқа тұйықталулар, механикалық ақаулар, жұмысшы персоналдың қателіктері, кернеу шамасының ауытқуы немесе күрт төмендеуі және т.б. Мұндай жағдайлардың салдарынан технологиялық процеске айтарлықтай зиян келтіріледі, сондықтан апатты режимдерді болдырмау үшін қазіргі заманға сай қорғаныс және автоматика қондырғылары тиімді қолданылуы тиіс [1].

Электр қозғалтқыштың өздігінен іске қосылуы дегеніміз – қоректену қысқа уақыт мезетіне тоқтатылып немесе кернеу шамасы қысқа уақыт мезетіне күрт төмендеген кезде, қоректену қайтадан жаңартылғаннан немесе кернеу шамасы өзінің номинал шамасына дейін қалпына келгеннен кейін пайда болатын режим. Өздігінен қосылу процессіне бір немесе бірнеше электр қозғалтқыштар қатысуы мүмкін. Бірнеше электр қозғалтқыш өздігінен іске қосылған кезде режим топтық өздігінен іске қосылу деп аталады. Өнеркәсіп орындарының қалыпты өндіріс үдерісін бұзбау үшін электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу процессінің атқаратын маңызы өте зор. Қоректену қысқа уақыт мерзіміне тоқтатылған кезде немесе кернеу шамасы күрт төмендеген кезде электр қозғалтқыш толық тоқтамайды, қоректену қайта жаңартылғаннан кейін электр машинасы өзінің номинал

айналу жиілігіне дейін үдетіле бастайды. Қысқа уақытқа кернеу төмендеуінің бірнеше себептері бар, олар: жүйедегі тұрақсыз қысқа тұйықталулардың пайда болуы, автоматты қайта қосылу құрылғыларының әсер етуі, электр қозғалтқыштарын қоректендіріп жатқан қорек көздерінің резервті автоматты қосылу құрылғысының әсер етуінен алмасуы және т.б. [2].

Қоректенудегі үзіліс ұзақтығы нақты жағдайлар үшін ондық секундтардан бір-екі секундқа дейін созылуы мүмкін. Электр қозғалтқыштар қоректенуі 0,2-2,5 с уақыт мезетіне тоқтатылған кезде немесе кернеу шамасы осы уақыт мезетіне күрт төмендеген кезде өздігінен қайта қосыла алады. Өздігінен қайта қосылу уақыты 30-35 с дейін жетеді. Яғни осы уақыт ішінде электр қозғалтқыш өзінің номинал айналу жиілігіне дейін үдетіліп қалыпты жұмыс режиміне кіреді.

Электр қозғалтқыштардың өздігінен қосылуы тоқтап тұрған электр қозғалтқышын қосу режиміне қарағанда ауыр режим болып саналады. Себебі өздігінен іске қосылу кезінде электр қозғалтқыштар жүктелген күйінде болады, фазалық роторлы электр қозғалтқыштар іске қосқыш реостатсыз іске қосылады және де бірнеше электр қозғалтқыш бір уақытта өздігінен қосылған кезде пайда болатын іске қосылу токтары желідегі кернеу шамасының төмендеуіне әкеледі. Аталған мәселелер электр қозғалтқыштардың іске қосылу моменттерінің төмендеуіне және жалпы іске қосылу процессінің ауырлауына әкеледі. Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы қалдық айналу жиілігінен басталады, яғни электр қозғалтқыш тоқтап тұрмайды. Оның роторында белгілі бір инерциялық момент сақталады да, ол жүктеменің әсерінен бірден тоқтап қала алмайды.

Электр қозғалтқыштың немесе бір топ электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы жүзеге асуы үшін төмендегі шарттар орындалуы тиіс:

1. Қалпына келген кернеу шамасы электр қозғалтқыштың қайтадан айналуына жеткілікті болуы керек;

2. Электр қозғалтқыштардың релелік қорғаныстары оларды өздігінен іске қосылу токтарының әсерінен желіден ажыратпау керек.

Барлық электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуын қамтамасыз ету мүмкін емес болған жағдайларда, өздігінен іске қосылу режимінде тек маңыздылығы өте жоғары механизмдерін қорғалысқа келтіруші қозғалтқыштар ғана қалдырылады. Маңыздылығы төмендеу немесе қосалқы механизмдерін қозғалысқа келтіретін электр жетектері релелік қорғаныс немесе автоматика құрылғыларымен ажыратылады.

Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы жүзеге асуы үшін релелік қорғаныс және автоматика құрылғыларына бірқатар талаптар қойылады: қысқа тұйықталу және резервті автоматты түрде қосу құрылғысы әсер еткен кезде уақыт ұстамдылығы мүмкіндігінше аз болуы қажет; релелік қорғаныс өздігінен іске қосылу токтарын және өздігінен іске қосылуға кететін

уақыт мөлшерін ескере отырып сәйкестендірілуі керек; өздігінен іске қосылу процессі кезінде ажыратылуы тиіс электр қозғалтқыштар минимал кернеу қорғаныстарының уақыт ұстамдылығы шамамен 0,5-1 с болуы керек; өздігінен іске қосылу процессіне қатысатын электр қозғалтқыштардың минимал кернеу қорғаныстарының уақыт ұстамдылығы 2-10 секундқа жетуі мүмкін.

Электр қозғалтқыштар өздігінен іске қосылу үшін шиналардағы немесе электр қабылдағыштар түйіспелеріндегі қалдық кернеу шамасы электр қозғалтқыштардың айналдыру моменті механизмдердің статикалық моментінен артық болуы керек. Ол үшін өздігінен іске қосылу режимінде тек маңызды электр механизмдердің электр қозғалтқыштарын ғана қалдырылады. Қауіпсіздік техникасы шарттары бойынша өздігінен іске қосылуына тыйым салынатын электр қозғалтқыштар міндетті түрде релелік қорғаныс аппараттарымен ажыратылады.

Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуын есептеу кезінде  $M_{\text{козг.}} > M_{\text{ст.}}$  шартын қанағаттандыратын  $U_{\text{калд.}}$  кернеу шамасы сақталатын қорытындылаушы қуат мөлшері анықталады [3].

Электр қозғалтқыштарының өздігінен іске қосылуын есептеген кезде екі түрлі есеп құрастыруға болады:

1. Қоректену аз уақытқа тоқтатылғаннан кейін секциядағы кернеу мен өздігінен іске қосылу тогының шамаларын анықтау және есептелген мәліметтер негізінде электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу мүмкіндігін қарастыру;

2. Электр қозғалтқыштар қозғалысқа келтіретін кейбір механизмдердің қайтадан номинал айналу жиіліктеріне дейін үдетілу уақытын және электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы процессінің толық аяқталу ұзақтығын есептеу, яғни өздігінен іске қосылу процессінің динамикасын қарастыру.

Бірінші есеп, қарастырылып отырған объектінің қорек көзі мен орнатылған электр қозғалтқыштардың паспорттық мәліметтері негізінде оңай жолмен шешіледі. Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу мүмкіндігі анықталған мәліметтер негізінде қарастырылады. Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу процесі жүзеге асу үшін, қоректендіру тоқтатылған уақыты көп дегенде 2,5-3 с болуы керек және қоректендіру қайтадан жаңартылғаннан кейін кернеу мөлшері ең аз дегенде  $(0,55-0,65)U_{\text{ном}}$  болуы қажет. Тәжірибе жүзінде өндіріс орындарында негізгі қорек көзі істен шыққан кезде қоректендіруші қосалқы станцияда орнатылған релелік қорғаныс және автоматика құрылғыларының жұмыс істеу уақыты, маңызды механизмдерді қозғалысқа келтіретін электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы жеткілікті болады, яғни релелік қорғаныс пен автоматиканың әсер ету уақыттары 2,5-3 с-тан көп болмайды. Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу процессінің тек негізгі параметрлерін анықтау бүкіл

құбылыстың толық сипаттамасын бере алмайды, сондықтан өздігінен іске қосылу процессінің динамикасын қарастыру қажет.

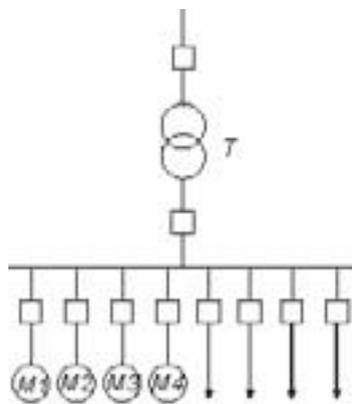
Екінші есеп бірінші есепке қарағанда күрделі болып табылады. Бұл есепті шешу үшін төмендегі теңдеуді негізге алу керек [4]:

$$M_{\text{қалд}} = M_{\text{айн}} - M_{\text{ст}}. \quad (1)$$

Бұл есепті шешу барысында электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу процессінің толық сипаттамасын алу үшін, қажетті қосымша параметрлер мен мәліметтер анықталады. Есептеу нәтижелері бойынша өздігінен іске қосылу процессінің басталу кезеңінен аяқталу кезеңіне дейінгі динамикасын байқауға болады. Анықталған мәліметтер негізінде желідегі ток пен кернеу шамаларының өзгеру графиктерін, электр қозғалтқыштар біліктеріндегі айналдырушы моменттердің өзгеру графиктерін және өнеркәсіп орынының өндіріс процессінің өзгеру графиктерін тұрғызуға болады. Төменде кернеуі 110/10 кВ қосалқы станциясының төменгі кернеу шиналарынан қоректеніп жатқан электр қозғалтқыштар үшін осы екі есептің шешілу жолы қарастырылған.

Электр қозғалтқыштардың қосалқы станцияның төменгі кернеу шиналарынан қоректену сұлбасы 1 суретте бейнеленген. 10 кВ шиналарына қосылған электр қозғалтқыштар қуаттарының бір-бірінен айырмашылығы шамамен 10% құрайды. Сондықтан олардың іске қосылу токтарының еселіктері де шамамен бірдей болады [4].

Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуын есептеу 1 суретте көрсетілген есептік сұлба бойынша жүргізіледі. Бұл сұлбада қоректендіруші трансформаторлардың кедергілері және кернеуі 10 кВ шиналарына қосылған электр қозғалтқыштардың қорытындылаушы кедергілері бейнеленген. Жүйенің кедергісі көрсетілмеген және нольге тең деп алынған, себебі жүйенің кедергісі барлық электр қозғалтқыштардың қорытындылаушы кедергісінен анағұрлым жоғары.



Сурет 1 – Электр қозғалтқыштардың қоректену сұлбасы.

Есептік сұлбадағы  $Z_{\Sigma,к}$  мәні электр қозғалтқыштың сырғанауына тәуелді болады, яғни бұл шама қоректендіру тоқтатылған уақытта электр қозғалтқыштың айналу жиілігі қаншалықты азайғанына байланысты болады және қорытындылаушы кедергі параллель қосылған барлық электр қозғалтқыштардың толық кедергілерінің қосындысына тең [5]

$$Z_{\Sigma,к} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{1,к}} + \frac{1}{Z_{2,к}} + \dots + \frac{1}{Z_{n,к}}}. \quad (2)$$

Әрбір жеке электр қозғалтқыштың толық кедергісі келесі өрнек бойынша анықталады

$$Z_{\Sigma,к} = \frac{U_{\text{ном,к}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\Sigma,к}}. \quad (3)$$

Қоректендіруші күштік трансформатордың кедергісі төмендегі өрнек бойынша анықталады

$$Z_{\Sigma,к} = \frac{U_{\Sigma,к}}{100} \cdot \frac{U_{\text{ном,к}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\Sigma,к}}. \quad (4)$$

Қоректендіру тоқтатылғаннан кейін қайтадан жанартылған уақыт мезетіндегі қалдық кернеу шамасы келесі өрнек бойынша анықталады

$$U_{\Sigma,к} = \frac{Z_{\Sigma,к} \cdot U_{\text{ном,к}}}{Z_{\Sigma,к} + Z_{\Sigma,к}}. \quad (5)$$

Өздігінен іске қосылу тогының шамасы төмендегі өрнек бойынша анықталады

$$I_{\Sigma,к} = \frac{U_{\text{ном,к}}}{\sqrt{3} \cdot (Z_{\Sigma,к} + Z_{\Sigma,к})}. \quad (6)$$

Бұл номинал жұмыс кернеуінің, шамамен 57%-ын құрайды, яғни бұл кернеу электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуы үшін жеткілікті болып табылады.

Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуының токтары мен кернеу шамаларын есептеу барысында келесі амалдар орындалады:

- қоректендіруші жүйенің кедергісі нольге тең деп алынған, себебі жүйенің кедергісі барлық электр қозғалтқыштардың қорытындылаушы кедергісінен әлдеқайда артық;
- резервті қоректендіру шиналарының кедергілері ескерілмеді;
- күштік трансформатор және электр қозғалтқыштардың кедергілері екі құраушыдан тұратыны ескерілмеді.

Бұл фактілерді ескеру тек есептеудің дәлдігіне ғана әсер етеді, бірақ қорытынды нәтижеге тигізетін кері әсері жоқ. Сондықтан жоғарыда аталған жайттарды ескермеуге де болады.

Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуын, қозғалыстың негізгі теңдеуі көмегімен есептеу.

Есептеуді орындау үшін электр жабдықтардың  $M_{\text{аин}^*} = f(s)$ ;  $M_{\text{сг}^*} = f(s)$ ,  $Z_{\text{э.к.}} = f(s)$ , электромеханикалық сипаттамаларын және агрегаттың  $T_a$  механикалық тұрақтысын білу қажет.

Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылуын қозғалыстың негізгі теңдеуі көмегімен есептеу келесі ретпен орындалады:

1. Агрегаттарды қозғалысқа келтіретін электр қозғалтқыштардың жеке тоқтау қисықтары  $n=f(t)$  бойынша қоректендірудің қайтадан жаңартылған уақыт мезеті үшін әр қозғалтқыштың сырғанау шамасы анықталады

$$s_1 = \frac{n_c - n}{n_c}. \quad (7)$$

2. Электр қозғалтқыштардың эквивалентті қорытындылаушы кедергісі (2) өрнек бойынша есептеледі.

Егер резервті трансформатор қарастырып отырған секциядан басқа жүктемелерді қоректендіріп отырса, бұл жүктемені электр қозғалтқыштардың кедергісін есептеген кезде ескеру қажет. Қоректендіру белгілі бір уақыт мезетіне тоқтатылған кезде электр қозғалтқыштардың айналу жиілігі азаятыны белгілі. Сондықтан кедергі азаяды. Кедергінің азаяу шамасын  $k=0,8$  коэффициенті арқылы ескеруге болады, онда өздігінен іске қосылу процессіне қатысатын электр қозғалтқыштардан басқа жүктеменің кедергісі келесі өрнек бойынша анықталады

$$Z_x = \frac{k \cdot U_c}{\sqrt{3} \cdot I_x}. \quad (8)$$

3. Параллель жұмыс істеп тұрған электр қозғалтқыштар мен жүктемелердің қорытындылаушы кедергісі анықталады

$$Z_{\Sigma^*} = \frac{Z_{\Sigma^*} \cdot Z_x}{Z_x + Z_{\Sigma^*}}. \quad (9)$$

4. Сұлбаның қорытындылаушы кедергісі  $Z\Sigma$ , электр қозғалтқыштың өздігінен іске қосылу процессінің бастапқы уақыт мезетіндегі ток шамасы  $I_{\text{ө.і.к.}}$  және өздігінен іске қосылудың бастапқы кернеу шамасы  $U_{\text{ө.і.к.}}$  төмендегі өрнектер бойынша анықталады:

$$Z_{\Sigma} = Z_r + Z_{\Sigma_{\text{жүк}}}; \quad (10)$$

$$I_{\text{ө.і.к.}} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot Z_x}; \quad (11)$$

$$U_{\text{ө.і.к.}} = \frac{Z_{\Sigma^*} \cdot U_c}{Z_x}. \quad (12)$$

5. Агрегаттарды қозғалысқа келтіретін электр қозғалтқыштардың электромеханикалық сипаттамалары бойынша сырғанаудың және өздігінен іске қосылу кернеуінің шамалары үшін  $M_{\text{аин}^*}$  және  $M_{\text{калд}^*}$  мәндері анықталады. Өздігінен іске қосылу шамасына келтірілген  $M_{\text{аин}^*}$  шамасы келесі өрнек бойынша анықталады:

$$M_{\text{аин}^*} = M_{\text{аин}^*} \cdot \left( \frac{U_{\text{ө.і.к.}}}{U_{\text{ном}}} \right)^2, \quad (13)$$

онда

$$M_{\text{калд}^*} = M_{\text{аин}U_{\text{ө.і.к.}}^*} - M_{\text{сг}^*}. \quad (14)$$

Егер барлық агрегаттар үшін  $M_{\text{калд}} \geq 1,1M_c$  шарты орындалса, электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу процессі жүзеге асырылады.

Әрі қарай жеке электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу уақыттарын және секциядағы кернеу шамасының тұрақталуын есептеу жүргізіледі. Есеп тізбектей интервалдар әдісімен жүргізіледі. Ол үшін бүкіл процесс шағын  $\Delta t$  интервалдарына бөлінеді. Қарастырылып отырған жағдай үшін уақыт интервалын  $\Delta t = 0,2$  с деп аламыз. Әрбір  $\Delta t$  уақыт интервалдарына  $M_{\text{калд}^*}$  шамасы тұрақты деп алынады да, әр электр қозғалтқыштың  $\Delta s$  сырғанау шамасының өзгеруі төмендегі өрнек бойынша есептеледі

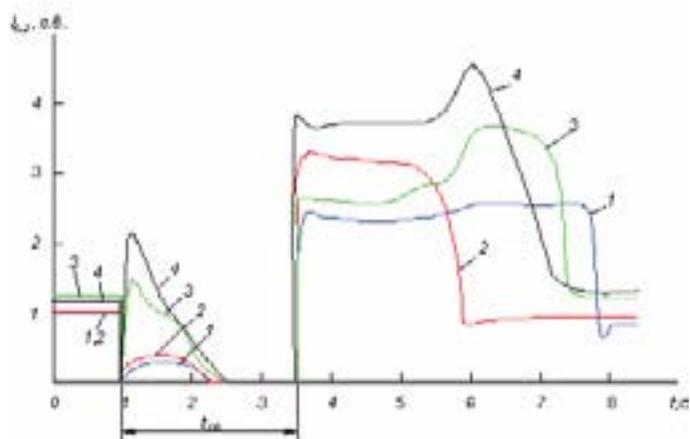
$$\Delta s_1 = \frac{M_{\text{калд}^*} \cdot \Delta t_1}{T_a}. \quad (15)$$

Содан кейін бірінші уақыт интервалы соңындағы сырғанау шамасы

$$s_2 = s_1 + \Delta s_1. \quad (16)$$

Сырғанаудың жаңа мәндері үшін электр қозғалтқыштың кедергісі анықталып, есептеу жоғарыда келтірілген әдістеме бойынша орындалады. Өздігінен іске қосылу процессін есептеу электр қозғалтқыштардың сырғанау шамалары белгілі бір тұрақты мәнге жеткен кезде аяқталады.

Жоғарыда орындалған есептеулер нәтижелерін негізге ала отырып, қарастырылып отырған электр қозғалтқыштар үшін өздігінен іске қосылу тогы шамасының уақытқа байланысты өзгеру графигін тұрғызамыз.



1 – қуаты 800 кВт электр қозғалтқыш; 2 – қуаты 2500 кВт электр қозғалтқыш; 3 – қуаты 4000 кВт электр қозғалтқыш; 4 – қуаты 6300 кВт электр қозғалтқыш.

Сурет 2 – Электр қозғалтқыштардың өздігінен іске қосылу токтары шамаларының уақытқа байланысты өзгеру графиктері

Қорытынды: 110/10 кВ қосалқы станцияның релелік қорғанысының тағайыншамаларын таңдағанда 10 кВ шиналардан қоректенетін ірі электр қозғалтқыштарының өздігінен іске қосу токтарын еске алып, олардан салынуы қажет, немесе қорғанысқа өздігінен іске қосу токтарынан қысқа тұйықталу токтарын анықтайтын қосымша элемент орнату қажет.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 **Басс, Э. И., Дорогунцев, В. Г.** Релейная защита электроэнергетических систем: Учебное пособие/А.Ф. Дьяков. – 2-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 296 с.

2 **Курбангалиев, У. К.** Самозапуск электродвигателей собственных нужд электростанций. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2001. – 64 с.

3 **Мусин, А. М.** Аварийные режимы асинхронных электродвигателей и способы их защиты. – М.: Колос, 1979. – 112 с.

4 **Копылов, И. П.** Электрические машины: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 360 с.

5 **Прохоров, С. Г., Хуснутдинов, Р. А.** Электрические машины: Учебное пособие: Для студентов заочного и очного обучения. – Казань: изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2002. – 140 с.

С. Сейфуллин атындағы  
Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.  
Материал 17.05.13 редакцияға түсті.

А. К. Оразбекова., Б. А. Байниязов., С. С. Исенов

**Влияние токов самозапуска электродвигателей 10кВ при выборе уставок релейных защит подстанции напряжением 110/10кВ**

Казахский агротехнический университет  
имени С. Сейфуллина, г. Астана.

Материал поступил в редакцию 17.05.13.

A. K. Orazbekova, B. A. Bainiyazov, S. S. Issenov

**Influence of currents of self-start of 10kV electric motors 10kV at the choice of settings of relay protection of substation of 110/10kV**

S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana.

Material received on 17.05.13.

*В данной статье рассмотрены влияние токов самозапуска электродвигателей 10кВ при выборе уставок релейных защит подстанции напряжением 110/10кВ. С целью определения токов самозапуска крупных электродвигателей питающихся с шин 10 кВ составляются и определяются следующие задачи перечисленные ниже: а) определение значения тока самовключения и напряжения в секции после отключения питания на малое время и на основе произведенного расчета рассмотрение возможности самовключения электродвигателей; б) расчет времени ускорения до частоты номинального вращения некоторых механизмов которые приводятся в движение электродвигателями и расчет продолжительности полного завершения процесса самовключения электродвигателей, то есть рассмотрение динамики процесса самовключения.*

*In this article the questions about the influence of the self-starting 10 kV voltage electric motor currents on the choice of units of relay protection of 110/10kV voltage substation have been raised. For finding the current of self-driving large electric engines powered from 10kV sources of supply, the following tasks were made up and determined: a) determination of the value of the self-start current and voltage in the section after a short-time switching off; b) calculation of the time of acceleration to nominal rotation frequencies of some mechanisms which are driven with electric motors and duration of the blackout of self-start of electric motors, that is, consideration of dynamics of the self-start process.*

**Ф. П. Парамонов**

## О СРЕДНЕЙ ДЛИНЕ ВОЛНЫ УЧАСТКА ТОРМОЗНОГО СПЕКТРА РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ЧИСТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*При попытке замены участка тормозного спектра, способного вызвать рентгеновскую флуоресценцию у чистого элемента, на какое-то усредненное характеристическое возбуждающее излучение, оказалось, что эта длина подчиняется закону Мозли, исправленному на определенный коэффициент.*

Рентгеновская флуоресценция чистых (100%) элементов, возбужденная характеристическим рентгеновским излучением интенсивности  $I(\lambda_1)$  описывается общеизвестным уравнением (2.1.8) [1].

Если же мишень состоит из нескольких компонентов, то интенсивность флуоресценции имеет вид

$$I(\lambda_2) = k \cdot \frac{a_i}{\mu(\lambda_1) + \mu(\lambda_2)}, \quad (1)$$

где  $k$  – постоянная эксперимента,  $a_i$  – концентрация элемента, интенсивность которого  $I(\lambda_2)$ ,  $\mu(\lambda_1)$ ,  $\mu(\lambda_2)$  – массовые коэффициенты поглощения (МКП) соответственно первичного и флуоресцентного излучения. В формуле (1) предполагается, что углы входа первичного и выхода вторичного равны  $45^\circ$ , а сама интенсивность отклоняется от прямолинейной за счет того, что она зависит также от суммы МКП.

Для точного определения  $a_i$  по измеренной  $I(\lambda_2)$  необходимо знание МКП пробы, для чего разработан многочисленных варианты анализа: метод добавок, метод стандарта фона, метод разбавления и т.д. В [1] предложен метод разбавления, у которого известны  $a_{\text{стан}}$  и МКП стандарта. После такого разбавления  $a_i$  определяется по формуле

$$a_i = \frac{m-1}{\beta-1} \cdot I(\lambda_2) \cdot A_p, \quad (2)$$

где  $m$  – степень разбавления,  $\beta = I(\lambda_2)/I_p(\lambda_2)$ ,  $I_p(\lambda_2)$  – интенсивность флуоресценции от разбавленного образца,  $A_p$  – сумма МКП вещества-разбавителя.

Простота этого приема, легкость его реализации, достаточно высокая точность и экспрессность могли бы обеспечить ему широкое распространение, но в подавляющем числе случаев возбуждение флуоресценции производится участком тормозного спектра от анода рентгеновской трубки, т.е. возбуждение полихроматическое. Очевидно, если мы каким-либо приемом заменим полихроматическое возбуждение каким-то усредненным, но монохроматическим излучением, то это возможно позволит для аналитических целей использовать выражение (2).

На первых порах мы будем искать усреднение первичное излучение для 100% образцов. В качестве таковых использовали элементы второго и третьего периодов.

При этом исследовались случаи различного напряжении, приложенного к рентгеновской трубке, оно менялось от двукратного превышения потенциала возбуждения К-уровня элемента до десятикратного. Средняя длина волны первичного излучения определялась как  $\alpha \cdot \lambda_k$  – края соответствующего элемента, а сама величина  $\alpha$  для различных случаев приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Коэффициенты пересчета  $\alpha$  для определения  $\lambda_{\text{cp}}$

$z \backslash m$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11 - Na	0,703	0,579	0,506	0,459	0,430	0,410	0,394	0,384	0,376
12 - Mg	0,703	0,572	0,501	0,466	0,433	0,412	0,398	0,388	0,379
13 - Al	0,703	0,575	0,5045	0,463	0,432	0,411	0,402	0,392	0,384
14 - Si	0,708	0,578	0,508	0,467	0,440	0,422	0,408	0,398	0,379
15 - P	0,669	0,564	0,494	0,457	0,436	0,421	0,392	0,405	0,377
16 - S	0,704	0,579	0,508	0,472	0,448	0,406	0,404	0,404	0,388
19 - K	0,715	0,600	0,540	0,505	0,483	0,464	0,452	0,443	0,435
20 - Ca	0,715	0,601	0,540	0,508	0,492	0,466	0,450	0,445	0,436
22 - Ti	0,707	0,590	0,545	0,508	0,487	0,469	0,459	0,449	0,427
26 - Fe	0,717	0,6065	0,551	0,515	0,4905	0,4767	0,4644	0,4544	0,447
28 - Ni	0,716	0,606	0,550	0,516	0,494	0,478	0,462	0,457	0,451
29 - Cu	0,718	0,608	0,550	0,516	0,495	0,476	0,462	0,458	0,452
30 - Zn	0,718	0,606	0,552	0,518	0,496	0,480	0,467	0,460	0,445
35 - Br	0,720	0,612	0,557	0,523	0,501	0,486	0,475	0,455	0,435

Из таблицы 1 видно, что для фиксированного  $n$  и  $\lambda$  считается практически постоянной для всех элементов соответствующего периода, и тогда  $\lambda$  для данного элемента однозначно определяется формулой (3)

$$\lambda_{\text{cp}} = \alpha \cdot \lambda_{kz} \quad (3)$$

где  $\lambda_{kz}$  – подчиняется закону Мозли,  $k$  – край поглощения элемента  $z$ .

$$\sqrt{\frac{1}{\lambda_{kz}}} = A(Z-b),$$

$A$  – постоянная,  $Z$  – заряд ядра,  $b$  – постоянная экранирования.

На этом основании мы можем заключить, что эффективная средняя длина волны участка тормозного спектра, способного возбудить флуоресценцию данного элемента, подчиняется закону Мозли, исправленному на соответствующий коэффициент. Если определить эти коэффициенты по периодам, то получим следующую таблицу 2.

Таблица 2 - Усредненные коэффициенты для определения эффективных длин волн.

$\sqrt{V\lambda_k}$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
период									
второй	0,704	0,577	0,506	0,464	0,434	0,414	0,400	0,395	0,379
третий	0,717	0,605	0,548	0,514	0,490	0,472	0,462	0,453	0,444

Но утверждать, что эта длина волны позволит использовать для аналитических целей формулу (2) у нас нет веских оснований. Хотя, существование эффективной длины волны, подчиняющийся закону Мозли, само по себе физически интересно. Это говорит о том, что и в рентгеновской флуоресценции имеются свойства, которые подчиняются периодическому закону Д.И. Менделеева.

В заключении, автор благодарит начальника отдела информатизации ПГУ им. С.Торайгырова Шеломенцова П.Ю. и к.ф.м.н., доц. этого университета Павлюк Ин.И. за участие и подготовку результатов этой работы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Парамонов, Ф.П.** Рентгенофлуоресцентный анализ, изд. - Павлодар : Кереку, 2011. - 61 с.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 30.12.13.

*Ф. П. Парамонов*

**Таза элементтің флуоресценциясын қоздыруда рентгендік құбырын тежеу спектр бөлігінің орташа толқын бөлігі туралы**

С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 30.12.13 редакцияға түсті.

*F. P. Paramonov*

## **On the average wavelength of a section of the x-ray tube bremsstrahlung spectrum at excitation of fluorescence of pure elements**

Pavlodar State University named after S. Toraiygyrov, Pavlodar;  
Material received on 30.12.13.

*Таза элементтің рентгендік флуоресценциясын тудыруға қабілетті тежеу спектрінің бөлігін, қандай бір орташаланған сипатты қоздырушы сәулеленуге ауыстыруға тырысқанда, толқынның ұзындығының белгілі коэффициентке түзілген Мозли заңының бағынатындығы белгілі болды.*

*In attempt of replacement of a section of the bremsstrahlung spectrum, capable to cause x-ray fluorescence in a pure element, to some average characteristic exciting radiation, it appeared that this wavelength submits to Moseley's law.*

УДК 681.5:616-71

**А. А. Савостин, Г. В. Савостина**

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ QRS-КОМПЛЕКСОВ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА**

*В статье рассматривается вопрос построения автоматизированной системы идентификации QRS-комплексов электрокардиосигнала с помощью аппаратного обеспечения сбора данных компании National Instruments и алгоритмов цифровой обработки сигналов, реализованных в системе MATLAB.*

В настоящее время практически в любой аппаратуре, предназначенной для кардиологических исследований, наблюдается активное использование средств автоматизированного анализа электрокардиосигналов (ЭКС). Данное обстоятельство стало возможным благодаря большим достижениям в области компьютерных технологий вместе с богатым практическим опытом и высокой квалификацией современного врача-кардиолога.

Использование средств автоматизации, помимо прочего, позволяет улучшить этап анализа кардиологических данных и может эффективно

использоваться при решении рутинных или повторяющихся задач: например в анализе ЭКС для мониторингового наблюдения. Здесь требуется селекция базового элемента электрокардиограммы (ЭКГ) для определения точки отсчета, нахождения частоты сердечных сокращений и расчета RR-интервалов. Эти данные несут информацию о регуляторных функциях вегетативной нервной системы организма [1, 2].

Задача селекции сводится к обнаружению QRS-комплекса, учитывая, что он является наиболее острой волной в цикле ЭКГ, при этом учитывается ряд отличительных признаков сигнала от помех.

На сегодняшний день существуют различные методы идентификации QRS-комплекса, среди которых такие сложные в вычислительном отношении, как вейвлет-преобразование [3] и нейронные сети [4]. Причем последние не дают существенных преимуществ по сравнению со значительно более простыми методами, основанными на выделении QRS-комплекса с использованием полосовых или дифференцирующих фильтров [5]. В связи с этим предлагается реализация автоматизированной системы идентификации QRS-комплексов со структурой, представленной на рисунке 1.

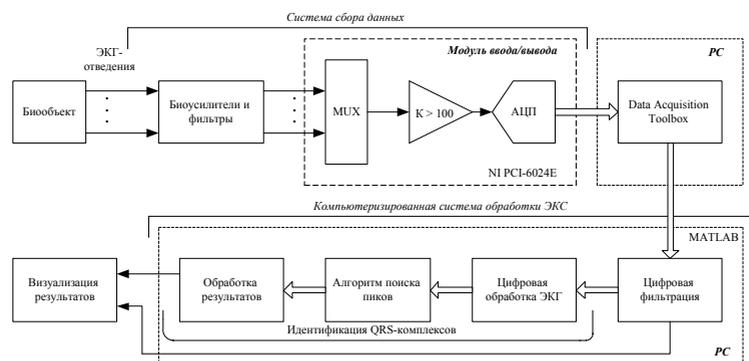


Рисунок 1 – Автоматизированная система идентификации QRS-комплексов

Требования к оборудованию на этапе сбора данных обеспечиваются применением аппаратного обеспечения фирмы National Instruments. В качестве устройства ввода аналоговых сигналов используется бюджетная многофункциональная плата NI PCI-6024E [6].

Блок «Биоусилители и фильтры» отвечает за согласование источника ЭКС (биообъекта) и АЦП. Этот блок так же включает в себя устройство подавления синфазных помех и емкостной составляющей кабеля ЭКГ-

отведений, а так же активный фильтр нижних частот второго порядка с частотой среза  $f_B = 1000$  Гц для увеличения соотношения сигнал-шум ЭКС.

Дальнейшую обработку и анализ ЭКГ-сигнала предлагается проводить в среде автоматизированных расчетов MATLAB, позволяющей использовать преимущества объектно-ориентированного и визуального программирования.

Для реализации интерфейса ввода оцифрованного сигнала в персональный компьютер (PC) используется инструментальный набор Data Acquisition Toolbox (DAT) системы MATLAB. Он обеспечивает интерфейсы аналогового и цифрового ввода-вывода, способные работать с предназначенной для сбора данных PC-совместимой аппаратурой от различных поставщиков, в том числе производства National Instruments. DAT позволяет автоматически обнаруживать и конфигурировать внешние устройства и платы ввода-вывода.

На рисунке 2 представлена структурная схема цепочки фильтров, реализуемых средствами MATLAB (блок «Цифровая фильтрация» на рисунке 1), необходимых для удаления из анализируемого сигнала внешних помех и артефактов.

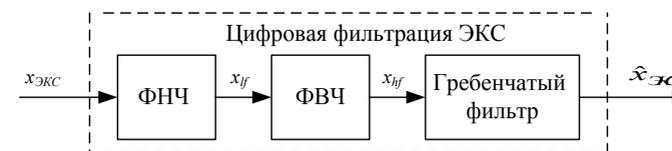


Рисунок 2– Цифровая фильтрация ЭКС

На рисунке 2 ФНЧ – это фильтр нижних частот Баттерворта с порядком  $N = 8$  и частотой среза  $f_B = 100$  Гц; ФВЧ – фильтр верхних частот Баттерворта с порядком  $N = 4$  и частотой среза  $f_H = 0,5$  Гц;  $\tilde{x}_{ЭКС}$  – сигнал ЭКГ (результат фильтрации) после гребенчатого фильтра, устраняющего из полезного сигнала периодическую помеху промышленной частоты с сопутствующими гармониками. Выбор полосы пропускания фильтров продиктован величиной частотного диапазона ЭКС, содержащего диагностически значимую информацию. Порядок фильтров определялся в соответствии с получением оптимального варианта относительно частотной избирательности фильтра и вычислительной сложности его расчета.

Идентификация основывается на анализе амплитуды, наклона и ширины QRS-комплексов [7]. Структурная схема, поясняющая механизм функционирования данного подхода, представлена на рисунке 3.

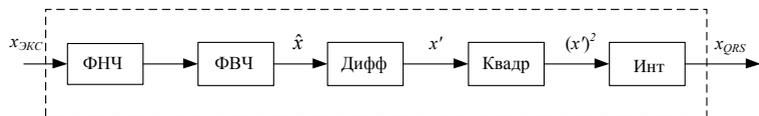


Рисунок 3 – Цифровая обработка ЭКГ

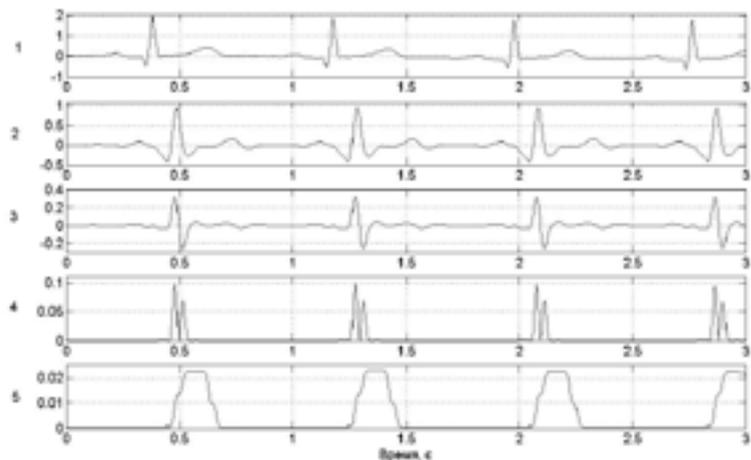
В соответствии с рисунком 3 исходный сигнал  $x_{\text{ЭКС}}(n)$  проходит предварительную обработку при помощи последовательно включенных ФНЧ и ФВЧ с частотами среза 10 Гц и 6 Гц соответственно.

Операция дифференцирования (Дифф)  $x' = d\hat{x}/dt$  подавляет низкочастотные компоненты зубцов Р и Т и имеет высокий коэффициент усиления для высокочастотных компонент, появляющихся из-за крутых склонов QRS-комплекса.

Последующее возведение в квадрат  $(x')^2$  делает результат дифференцирования положительным, а так же усиливает большие разности, возникающие из-за QRS-комплексов; меньшие разности зубцов Р и Т подавляются.

Сглаживание сигнала можно обеспечить, применив интегрирующий фильтр (Инт) скользящего окна.

На рисунке 4 представлена форма исследуемого сигнала на основных этапах процесса идентификации QRS-комплекса.



1 – нормализованный ЭКГ  $x_{\text{ЭКС}}$ ; 2 – результат фильтрации  $\hat{x}$ ;  
3 – сигнал на выходе дифференциатора  $x'$ ; 4 – возведение в квадрат  $(x')^2$ ; 5 – результат операции интегрирования  $x_{\text{QRS}}$   
Рисунок 4 – Результаты идентификации QRS-комплекса

Исследуемый сигнал был получен в результате регистрации ЭКС в III отведении с частотой дискретизации  $f_d = 200$  Гц.

Как следует из рисунка 4 окончательным выходным сигналом блока «Цифровая обработка ЭКС» является единственный гладкий импульс для каждого QRS-комплекса –  $x_{\text{QRS}}$ . Так же рисунок 4 демонстрирует наличие временного сдвига между реальным положением QRS-комплекса и импульсом на выходе блока «Цифровая обработка ЭКС».

Следующий этап реализуется в блоке «Алгоритм поиска пиков» и основывается на применении адаптивной пороговой процедуры к сигналу  $x_{\text{QRS}}$  и дальнейшему поиску пиков [7]. Однако использование в предложенной системе эффективных методов цифровой фильтрации для устранения артефактов и помех, позволяет использовать простой алгоритм поиска пиков с достаточной степенью эффективности.

Таким образом, результат идентификации QRS-комплексов будет представлять собой вектор значений  $\mathbf{r}_{1 \times i}$ ,  $i = \overline{1, n}$ , где  $i$  – номера отсчетов искомого сигнала ЭКГ, соответствующие положению максимума R-зубца. Последующая обработка результатов в виде  $\mathbf{r}_{1 \times i}$ ,  $i = \overline{1, n}$  позволяет визуализировать полученную информацию в требуемой форме.

Отметим, что функционирование автоматизированной системы идентификации QRS-комплексов можно обеспечить без предустановленной программной среды MATLAB. Средства компиляции MATLAB позволяют предоставлять доступ к приложениям MATLAB пользователям, не работающим в среде MATLAB, без преобразования кода и без лицензионных отчислений, т.е. создавать при помощи MATLAB Compiler независимые, отдельно-стоящие приложения и распространять их без ограничений. В MATLAB Compiler предусмотрена поддержка всех функциональных возможностей языка MATLAB и большинства специализированных расширений [8].

Итак, как можно убедиться из выше сказанного, процесс идентификации QRS-комплексов является достаточно сложной задачей, состоящей из целого ряда последовательных процедур аналого-цифрового преобразования, цифровой фильтрации и обработки сигнала. Однако использование в предложенной системе стандартных средств системы MATLAB совместно с оборудованием сбора данных и современными средствами вычислительной техники дают возможность ее эффективного решения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Heart rate variability. Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // Circulation. - 1996. 93 (5). - P. 1043 – 1065.

2 **Дабровски, А., Дабровски, Б., Пиотрович, Р.** Суточное мониторирование ЭКГ: (Перевод: Корнеев Н.В., Грабко Н.Н., Башникова С.Д.) – М.: Медпрактика, 2000. – 208 с.

3 **Kadambe, S.** Wavelet transform-based QRS complex detector / S. Kadambe, R. Murray, G.F. Boudreaux-Bartels // IEEE Trans. Biomed. Eng. - 1999. -Vol. 46. -P. 838-848.

4 **Suzuki, Y.** Self-organizing QRS-wave recognition in ECG using neural networks / Y. Suzuki // IEEE Trans. Neural Networks. - 1995. - Vol. 6. - P. 1469 - 1477.

5 **Tompkins, W. J.** Biomedical Digital Signal Processing/ - Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1995.

6 Low-Cost E Series Multifunction DAQ – 12 or 16-Bit, 200 kS/s, 16 Analog Inputs. Data Sheet. 2006 National Instruments Corporation.

7 **Tompkins, W. J.** Biomedical Digital Signal Processing/ - Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1995.

8 **Дьяконов, В. П.** MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6®. Основы применения. Серия «Библиотека профессионала». – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 800 с.

Северо-Казахстанский государственный университет  
имени М. Козыбаева, г. Петропавловск.  
Материал поступил в редакцию 24.12.13.

*A. A. Savostin, G. V. Savostina*

**Электрокардиосигналдық кешендер QRS-анықтағыш жүйеде автоматтандырылған**

М. Қозыбаев атындағы  
Солтүстік-Қазақстан мемлекеттік университеті, Петропавлск қ.  
Материал 24.12.13 редакцияға түсті.

*A.A. Savostin, G.V. Savostina*

**Automated identification system of the electrocardiological signal QRS complexes**

North-Kazakhstan State University  
named after M. Kozybayev, Petropavlovsk.  
Material received on 24.12.13.

*MATLAB жүйесінде өткізу, сандарды өңдеу алгоритмдік сандары және National Instruments фирмасының ақпараттық жинауын қамтамасыз ету аппараттың көмегімен электрокардиосигналдық кешендер QRS-анықтағыш жүйеде автоматтандырылған құру сұрақтары мақалада қарастырылған.*

*The article deals with the build of an automated system for identifying QRS-complexes of electrocardiological signal with National Instruments hardware data acquisition and digital signal processing algorithms implemented in the system MATLAB.*

УДК 577.4:574.4:577.391:539.16

**Б. А. Тулеубаев, Н. В. Ергешбаева**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МИГРАЦИИ РАДОНА В ПОЧВЕННОЙ СРЕДЕ**

*В настоящей статье авторы приводят результаты исследования основных механизмов миграции радона в почвогрунтах.*

Известно, что атомная энергия все шире входит в нашу жизнь вместе с радиационными технологиями и биотехнологиями, применяемыми в промышленности, медицине и сельском хозяйстве. Следует учесть, что территория республики богата природными источниками радиации, обусловленной особенностями геологического строения и развитой уранодобывающей промышленностью. Все это послужило стимулом к развертыванию широкой программы исследований по изучению последствий поступления в биосферу радиоактивных веществ природного и техногенного происхождения, к разработке мер безопасности, направленных на снижение возможного ущерба от радиоактивного загрязнения.

В процессе эволюции биосферы растения, животные и в целом все живые организмы приспособились друг к другу и условиям своего существования, и поэтому естественный радиоактивный фон для них более или менее оптимальный. Земные источники радиации – это горные породы, ключевая вода, в которых содержится в том числе и радиоактивный газ – радон. Он широко распространен в земной коре и концентрируется преимущественно в гранитных породах гор. Так, ярким примером является гранитный горный массив Дегелен, расположенный на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП) и представляющий научный интерес, как одна из основных исследовательских площадок СИП.

Целью работы являлось исследование основных механизмов миграции радона в почвогрунтах.

### **Методика проведения работы**

Использованы методы математического моделирования: диффузионная и диффузионно-конвективная модели. Путем измерения определены

следующие величины: объемная активность (ОА) радона в почвенном воздухе; скорость конвекции; коэффициент эманирования пород; плотность (методом режущего кольца); пористость (величиной объема пор в единице объема почвогрунта); влажность почвенной среды (термостатно-весовым методом); содержание радия в почвогрунте.

Для измерения ОА радона использованы нитратцеллюлозные трековые детекторы с последующим их травлением и подсчетом треков на искровом счетчике АИСТ-2В.

Содержание радия определялось на полупроводниковом гамма-спектрометре на основе германиевого детектора типа ДГДК-100В с паспортной чувствительностью 100 мм<sup>2</sup>.

Радон, являясь природным источником ионизирующего излучения представляет радиационную опасность для населения, так как наибольший вклад в дозу облучения населения вносят именно природные источники ионизирующего излучения - обычно от 50 до более чем 90% суммарной годовой эффективной дозы облучения населения. При этом внутреннее облучение происходит в основном за счет ингаляции изотопов Rn-222 и Rn-220 и их короткоживущих дочерних продуктов, недаром в народе радон назван «газом-убийцей».

Радон-222 является продуктом распада радия-226, который, в свою очередь, образуется в результате последовательных распадов урана-238. Уран и радий содержатся в земной коре, как правило, в малых пропорциях. На этом основании можно было бы ожидать, что радоновая проблема - это проблема урановых рудников. Но оказывается, что этот инертный газ довольно коварен. Не вступая в химические реакции, он способен подниматься к поверхности земли с больших глубин, повышая по мере подъема свою концентрацию в грунтовой газовой смеси. Сталкиваясь на своем пути с газонепроницаемыми слоями, он может накапливаться, достигая высоких концентраций. Обходя газонепроницаемые слои, радон может выходить на поверхность земли вдали от источника своего образования. Радон тяжелее воздуха, поэтому, поднявшийся из глубин, он может скапливаться в подвалах зданий и на нижних этажах, проникая туда через землю, фундамент и пол. Повышает опасность для населения и характерная особенность зданий в период отопления - понижение давления в помещениях относительно атмосферного. Этот эффект может приводить не просто к диффузионному поступлению радона в помещения, а к отсосу зданием радона из грунта.

Исследованиями установлено, что источниками радона в воздухе помещений являются также строительные материалы, из которых построено здание, используемые воды, бытовой газ и атмосферный воздух, однако основной источник радона в воздухе помещений - геологическое пространство под зданием.

В различных странах мира выявлены десятки тысяч зданий с концентрацией радона, в тысячи раз превышающей его содержание в наружной атмосфере. В обитаемых помещениях (в том числе в детских учреждениях) обнаружены концентрации радона, многократно превышающие уровни, признанные недопустимыми даже для очистных забоев урановых рудников. То, что радон представляет опасность не только для шахтеров, было впервые осознано в конце 50-х годов. Но лишь в 1977 году научным комитетом ООН по воздействию атомной радиации радон был определен как основной источник опасности для населения.

Не менее важным аспектом изучения радона является его использование в качестве радиоизотопного индикатора. Радон, являясь газом радиогенного происхождения, составляет важнейшую часть газового дыхания Земли, которое несет информацию о недрах планеты, о процессах в верхней части земной коры и о геологической обстановке в данном регионе. Таким образом, радон – это удобный для измерений радиоизотопный индикатор, который может быть использован в решении проблем геохимии и рудообразования.

Любой почвогрунт представляет собой многокомпонентную систему-совокупность твердой, жидкой, газовой и живой составляющих. Все компоненты находятся в тесной взаимосвязи друг с другом и образуют гетерогенную, физически и химически активную динамическую систему с постоянно меняющимися термодинамическим равновесием.

Научной основой переноса газов, в частности радона, через пористые среды является теория тепло- и массопереноса, включающая в себя комплекс научных знаний из гидродинамики, молекулярной физики, термодинамики и физикохимии дисперсных систем [1,2]. В настоящее время преобладает полуэмпирическое направление при создании моделей переноса радона в пористых средах, в ход идут различные эмпирические гипотезы и модельные представления. Наиболее традиционным методом описания процессов переноса является квазигомогенное приближение [3,4,5,6,7]. Оно основано на замене реальной дисперсной среды сплошной средой с эффективными параметрами, характеризующими геофизические свойства среды и механизмы переноса. Наиболее распространенной является диффузионно-конвективная модель.

Параметрами диффузионно-конвективной модели являются коэффициент диффузии (D), скорость конвекции (v), коэффициент эманирования пород ( $K_{em}$ ), плотность ( $\rho$ ) и пористость ( $\eta$ ) среды.

Объемная активность радона в почвенном воздухе и плотность потока радона с поверхности земли (ППР) в значительной мере зависят от эманлирующей способности грунтов. Эманирование - процесс выделения эманации (радиоактивного газа) в открытые поры породы (грунта) или во внешнее пространство. Количественной характеристикой эманлирующей

способности служит коэффициент эманирования  $K_{em}$ , равный отношению количества свободной эманации, выделяемой твердым веществом единичной массы за время, достаточное для установления радиоактивного равновесия, к количеству всей образующейся за это время эманации [8].

Для измерения выбрано 3 площадки. Для уменьшения статистической и методической погрешности в каждой точке параллельно проводилось два измерения с последующим определением среднего.

Для измерения радона выбран метод измерения трековым  $\alpha$ -детектором, заключенным в специальную камеру с последующим автоматизированным подсчетом треков. Поэтому поровая активность радона в грунте измерялась трековыми  $\alpha$ -детекторами в шпурах. Схема установки детектора представлена на рисунке 1. Сначала с помощью механических средств готовили шпур нужной глубины, затем в него помещали детектор и герметично закрывали.

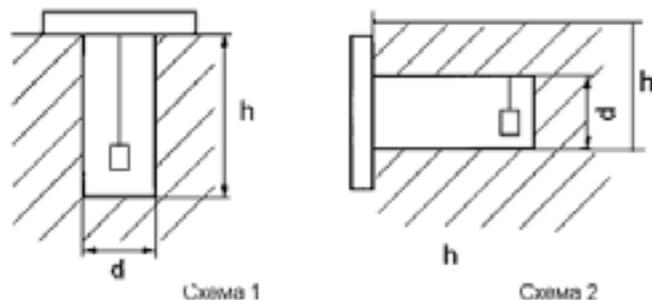


Рисунок 1 - Схема измерения объемной активности радона.

На каждой экспериментальной площадке было проведено две серии измерений. Первая серия включала в себя измерения на глубинах 30 см, 60 см, 90 см, 120 см. Данные измерений проводились в шпурах, пробуренных в вертикальном направлении. Детекторы в шпуры устанавливались по схеме 1. Вторая серия измерений была проведена на глубинах 50 см, 100 см, 150 см, 200 см, 250 см. Эти измерения проводились в шпурах, пробуренных в горизонтальном направлении. В этом случае детекторы были установлены по схеме 2. Для этих измерений выбирался один из склонов оврага. Склон выбирался максимально крутым и высоким, чтобы была возможность провести измерения на максимально возможную глубину. Поверхность склона выравнивалась.

Одновременно на выбранных склонах были проведены измерения в шпурах, пробуренных вертикально на глубину 50 см и 100 см. (см. рис. 2)

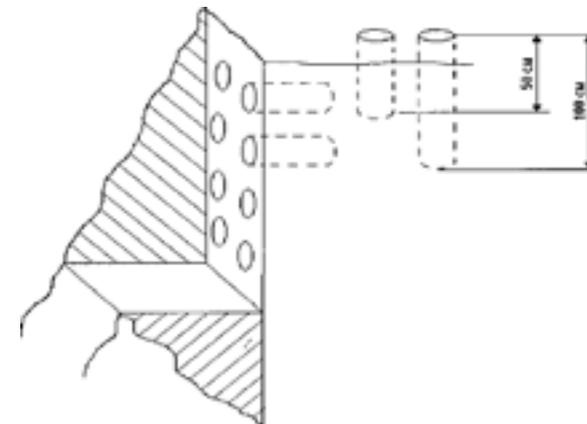


Рисунок 2 - Расположение шпуров, пробуренных в горизонтальном и вертикальном направлении.

Для изучения физических свойств (плотность, пористость, влажность) на горизонтальном склоне были отобраны образцы грунтов на каждой из исследуемых глубин. Также были взяты пробы грунта для определения содержания радия на каждой из исследуемых глубин.

#### Результаты измерения

Результаты измерения поровой активности радона в вертикальных шпурах приведены на рисунках 3-5.

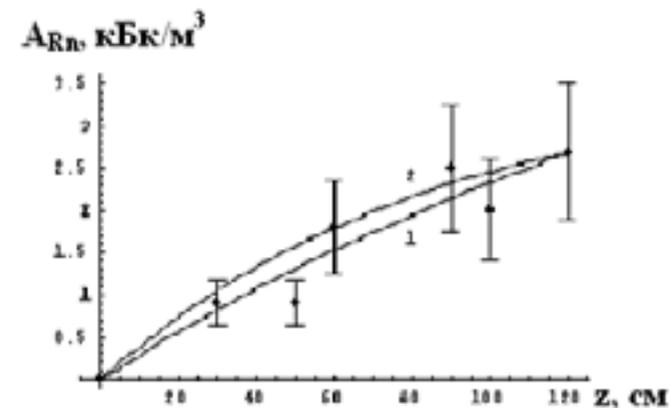


Рисунок 3 - 1- экспериментальная кривая; 2- расчетная кривая (1 площадка).

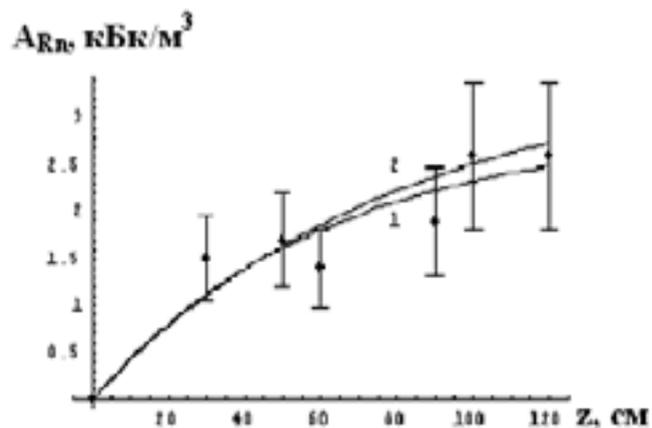


Рисунок 4 - 1- экспериментальная кривая; 2- расчетная кривая (2 площадка).

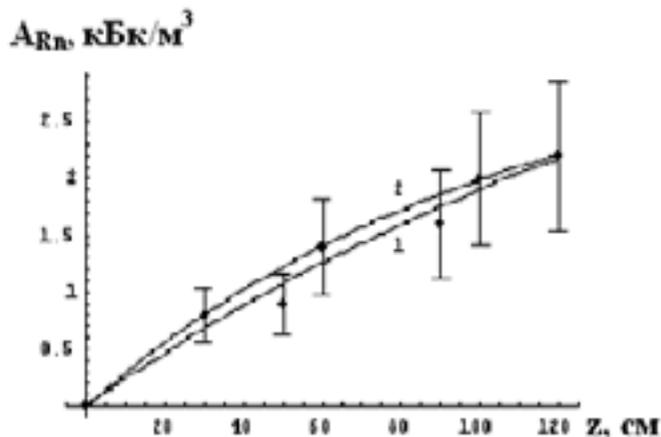


Рисунок 5 - 1- экспериментальная кривая; 2- расчетная кривая (3 площадка).

Измеренная активность радона в почвенном воздухе на исследуемых участках меняется в диапазоне от 0.8 до 2.7 кБк/м<sup>3</sup>.

Из рисунков 3-5 видно, что измеренные значения поровой активности радона хорошо согласуются с расчетными значениями.

Таким образом, проведен анализ нескольких лабораторных и натурных методов определения коэффициента эманирования. Произведен расчет коэффициентов эманирования рыхлых осадочных пород (супесей, суглинков) тремя методами: по измеренным значениям на нескольких глубинах (из аппроксимационной кривой), по измеренным значениям на двух глубинах. Полученные значения коэффициента эманирования совпадают по порядку величины, но в то же время в несколько раз ниже значений, приведенных в литературе. Скорее всего такое отличие связано с тем, что значения коэффициента эманирования, приведенные в литературе, измерены в лабораторных условиях с предварительной просушкой и измельчением образцов, тогда как известно, что коэффициент эманирования зависит от температуры и влажности грунта, а так же увеличивается при измельчении образцов.

#### В результате исследований сделаны следующие выводы.

1) Хорошее совпадение расчетных и измеренных значений объемной активности радона свидетельствует об оправданности применения простой диффузионно-конвективной модели переноса и приближения об однородности грунтов для исследованных рыхлых осадочных пород.

2) Конвективный перенос играет сопоставимую с диффузией роль для почвогрунтов с низкой влажностью.

3) Способы определения скорости конвекции и коэффициента эманирования по измеренным на двух глубинах значениям поровой активности дают самые достоверные результаты, если при обработке учитывать влажность грунтов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Development of Model for Dynamical Behavior of water and <sup>222</sup>Rn in Unsaturated Soil: <http://www.ispa.com/>

2 Radon transport in porous media: <http://www.esupomona.edu/~skboddeker/research/Chapter3.html>.

3 Павлов, И. В. Математическая модель процесса эксгаляции радона с поверхности земли и критерии оценки потенциальной радоноопасности территорий застройки. М., АНРИ, № 5, 1996/1997.

4 Хайкович, И. М. Математическое моделирование процессов миграции радона. М., АНРИ, № 3, 1996/1997, с. 99-107.

5 Хейфец, Л. И. Многофазные процессы в пористых средах. М., 1982, с. 320.

6 Anello, M., Nastell, M. W. Buoyancy- and Pressure- Driven Motion in a Vertical Porous Layer: Effects of Quadratic Drag. // Applied Scientific Research 55, 1995, с. 141-154.

7 Anello, M. Theoretical Investigation of Radon Transport in Porous Media, Melbourne, Florida, 1994, с. 104.

8 Крампит, И. А. Об измерении коэффициента эманирования грунтов, АНРИ, 2004, №3, с. 51.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 27.12.13.

*B. Ə. Təleubaev, N. V. Ergeshbaeva*

**Топырақты ортада радонның көшіп-қону үдерістерін зерттеу**

С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 27.12.13 редакцияға түсті.

*B. A. Tuleubaev, N. V. Ergeshbaeva*

**Investigation processes of radon migration in the soil environment**

Pavlodar State University  
named after S. Toraigyrov, Pavlodar.  
Material received on 27.12.13.

*Осы мақалада авторлар топырақ қабатында радонның көшіп қонуының басты механизмдерін, оның зерттеу нәтижелерін баяндайды.*

*In this paper the authors present the results of studies of the main mechanisms of radon migration in soils.*

УДК 624.131.2; 624.151; 001.63

**Б. Ж. Унайбаев, В. А. Арсенин, Б. Б. Унайбаев,  
Д. М. Сиваракша**

## **НАДЕЖНЫЕ И ЭФФЕКТИВНЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ НА ЗАСОЛЕННЫХ ГРУНТАХ**

*При разработке новых геотехнологий физико-химические и механические процессы, протекающие в основании, сложенном засоленным грунтом, конструкции основания, фундаментов, их устройство и предпостроечная защита рассматриваются совокупно и во взаимосвязи на основе адаптации контруктивно-технологических*

*и технических решений к изменяющимся условиям, на территории, сложенной засоленными грунтами при воздействии природных и техногенных факторов на солевую компоненту грунта.*

Процесс возведение и эксплуатации зданий на засоленных грунтах, постоянно находится в области риска. Это обусловлено тем, что засоленный грунт – продукт естественной деятельности природы с трудно контролируемыми и плохо прогнозируемыми изменениями свойств, масштабы проявления которых зависят от интенсивности воздействия естественных и техногенных факторов на солевую компоненту грунта. Ухудшение свойств засоленных грунтов может проявиться на любом этапе, как в процессе строительства, так и при последующей эксплуатации здания.

Изыскания, проектирование и строительства зданий на засоленных грунтах, в соответствии со сложившейся нормативно-законодательной, технической и технологической базой, сопровождается неизбежным повышением затрат на 5 ... 25% и более, при сопоставлении со строительствам на обычных грунтах. При этом дополнительные затраты не гарантируют надежное строительство и эксплуатацию зданий. Об этом свидетельствуют многочисленные аварийные осадки и разрушения зданий на засоленных грунтах в г.г. Новый-Узень, Жезказган, Балхаш, Караганды, Шымкент и др. Расходы на восстановление, ремонт и усиление аварийных зданий в 1,5 ... 2 раза и более превышают первоначальные затраты на их строительство. В масштабах страны это миллионные и миллиардные убытки.

Для решения проблемы, предлагается научная концепция надежной и эффективной застройки территорий, сложенных засоленными грунтами, суть которой заключается в том, что при разработке новых геотехнологий физико-химические и механические процессы, протекающие в основании, сложенном засоленным грунтом, конструкция основания, фундамента, их устройство и предпостроечная защита рассматриваются совокупно и во взаимосвязи на основе адаптации контруктивно-технологических и технических решений к засоленным грунтам .

Для определения расчетных параметров, по которым прогнозируется протекание суффозионных и деформационных процессов в основании сложенной засоленным грунтом предлагается новая комплексная технология испытания грунтов [1].

Полный комплекс исследований предполагает испытание 3-х идентичных образцов. Определение конечных просадочных деформаций ведется по результатам испытания первого образца (рисунок 1, схема I), после его предварительного замачивания под арретиром «активным раствором», растворяющим легко-, средне- и труднорастворимые соли в грунтах.

В качестве «активного раствора» экспериментальным путем был определен раствор соляной кислоты 3-5% концентрации (рисунок 3).

Суммарное значение конечных просадочных и суффозионных деформаций определяется по результатам испытаний второго образца (рисунок 1, схема II) после его предварительного замачивания и выщелачивания под арретиром «активным раствором». При этом фильтрацию раствора через образец осуществляют до момента равенства концентрации на «выходе» и «входе».

Замачивание и выщелачивание третьего образца ведется водой, аналогичной по химическому составу и концентрации, грунтовым водам, залегающим на территориях, застроенных объектами проектируемого типа (рисунок 1, схема III). По результатам его испытания оценивают соотношение деформаций, обусловленных нагружением, просадкой и выщелачиванием, а также развитие деформаций проектируемого объекта на заданный срок эксплуатации и параметры солепереноса, определяющие интенсивность протекания суффозионного процесса в грунтах основания (обобщенный коэффициент растворения  $\gamma$ , растворяющая способность грунтовой воды  $(C_m - C_o)$ ).

Для установления связи между суффозионным и деформационным процессами на любой стадии выщелоченности засоленного грунта, введен новый безразмерный параметр – коэффициент замещения  $k_{zi}$ , который определяется как отношение относительной суффозионной осадки к удельному объему вынесенных солей по результатам испытания третьего образца, по следующей зависимости:

$$k_{zi} = \frac{\delta \cdot s_{fi}}{\beta_i \cdot D_o \cdot \gamma_i}, \quad (1)$$

где  $s_{fi}$  – относительная суффозионная сжимаемость грунта под проектной нагрузкой  $P_i$ ;

$f_i$  – степень выщелоченности грунта, равная отношению массы вынесенных за время опыта из грунта солей к их начальной массе, доли ед.;

$D_o$  – начальная весовая степень засоленности грунта, доли ед.;  $\beta_{do}$  – плотность сухого засоленного грунта, г/см<sup>3</sup>;

$\delta$  – плотность солей, содержащихся в грунте, г/см<sup>3</sup>.

Экспериментальным путем определено, что численное значение коэффициента  $k_{zi}$  зависит от вида грунта, действующего давления, типа и степени, присутствующих солей и колеблется в пределах 0,3...1,05 (рисунок 3 а).

Коэффициент растворимости грунта определяется на основании результатов испытания по опытной «выходной кривой» (рисунок 3 б) следующей зависимостью

$$\gamma = \frac{2 \cdot \delta \cdot \sqrt{\xi_o}}{t_1 \cdot (C_m - C_o)}, \quad (2)$$

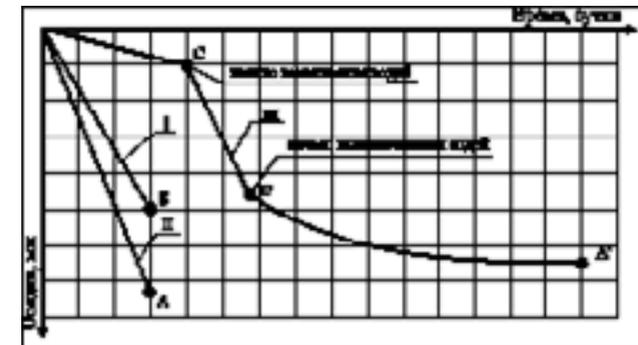
где  $\xi_o = D \frac{\gamma \delta t_1}{\delta}$  – начальный удельный объем солей, содержащихся в грунте, доли ед.;

$C_m$  и  $C_o$  – концентрация фильтрата, соответственно насыщения и начальная, г/см<sup>3</sup>;

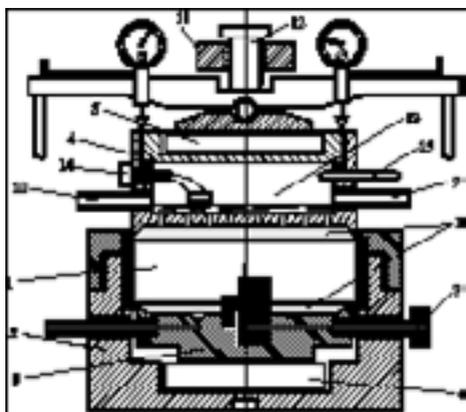
$t_1$  – время расселения входного сечения образца грунта, определяемое по «выходной кривой», сутки.

Зная любое парное значение  $\gamma - V$ , где  $V$  – скорость фильтрации, можно определить значения обобщенного коэффициента растворимости  $\gamma_i$ , при любой скорости фильтрации  $V_i$  по формуле

$$\gamma_i = \gamma \sqrt{\frac{V_i}{V}}. \quad (3)$$



I – испытание 1-го образца; II – испытание 2-го образца; III – испытание 3-го образца. А, А', Б, Б', С – характерные точки стабилизации деформаций нагружения, просадки и суффозионного сжатия  
Рисунок 1 – Комплексная технология испытания засоленного грунта



1-образец грунта; 2-одометр; 3, 4 – нижний и верхний штамп;  
5, 6 – мессдозы; 7 – датчик порового давления; 8-пористый фильтр;  
9,10-каналы подачи и отбора жидкости; 11,12-загрузочный рычаг и винт;  
13-камера для сбора фильтрата; 14-солемер; 15 – газоанализатор.

Рисунок 2 - Компрессионно-фильтрационный и релаксационный прибор для испытания засоленных грунтов .

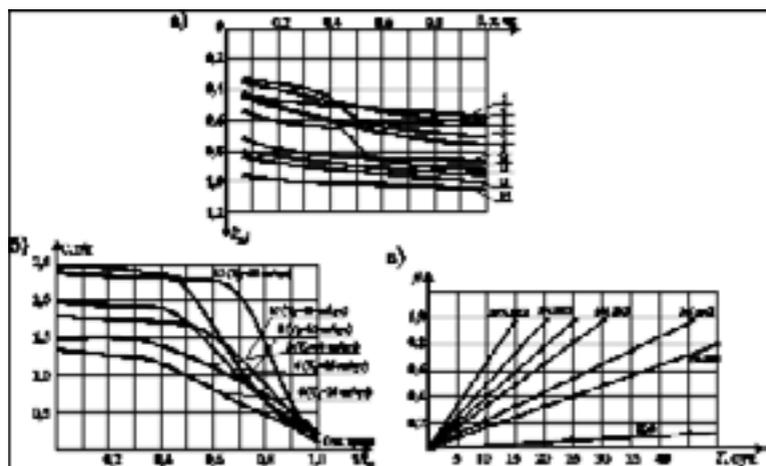


Рисунок 3 – Экспериментальные результаты определения интервала изменений коэффициента замещения ( $k_z$ ), концентрации фильтрата и интенсивности выщелачивания образцов грунта при фильтрационном выщелачивании активным раствором под нагрузкой (0,2 МПа)

Количество «активного раствора», требуемое для полной нейтрализации солей, содержащихся в образце грунта, определяется выражением

$$Q = k_1 \cdot k_2 \cdot D_0 \cdot V_{гр} \cdot \gamma_{дв}, \text{ см}^3, \quad (4)$$

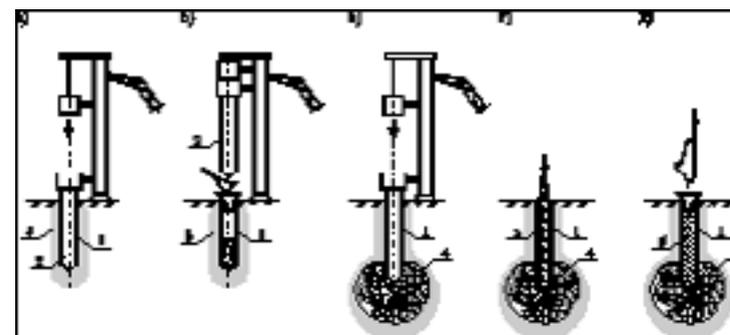
где  $k_1$  - безразмерный коэффициент, учитывающий тип засоления грунта. Численные значения этого параметра согласно экспериментальным данным составляет 14,4 - для карбонатных грунтов и 10,6 - для загипсованных пород;

$k_2$  - коэффициент запаса, принимаемый равным 1,2;

$V_{гр}$  - объем образца исследуемого засоленного грунта до испытания, см<sup>3</sup>.

По результатам комплекса исследований, было установлено, что при выщелачивании засоленных грунтов, содержащих труднорастворимые соли или большое количество среднерастворимых солей (более 20%) стандартным способом, вынос соли составил не более 25...60% за период от 250 до 360 суток. При выщелачивании грунта с использованием «активного раствора», длительность испытаний не превышала 15...30 суток (рисунок 3 в), а выщелоченность составила 90...95%. Параметры определенные при испытании засоленного грунта по предлагаемой методике используются при прогнозе осадки здания [2].

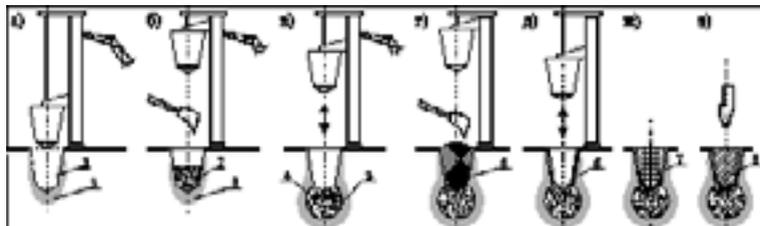
Для устройства оснований и фундаментов предлагается ряд новых геотехнологии (см.рис.4; 5;6; 7) [2;3;4;5]:



а – устройство скважины с использованием пластмассовой трубы;  
б – отсыпка жесткого материала; в – втроевание жесткого материала; г – установка арматурного каркаса; д – бетонирование скважины;  
1 – защитная пластмассовая оболочка; 2 – снаряд (лидер);  
3 – уплотненная зона грунта; 4 – уширение из жесткого материала;  
5 – арматурный каркас; 6 – бетонная смесь.

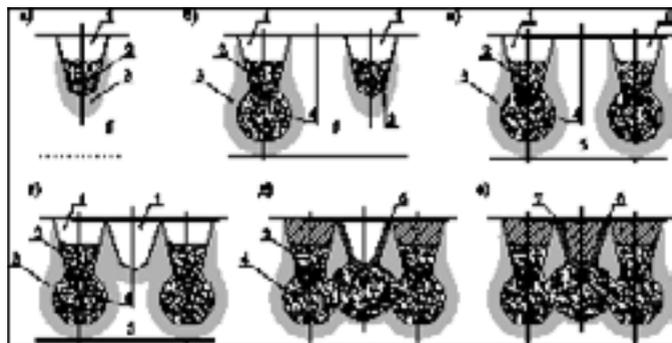
Рисунок 4 - Технологическая схема устройства фундамента в пробитой скважине с защитной оболочкой

Удельная нагрузка на засоленный грунт в основании, при использовании предлагаемых геотехнологии сокращается на порядок, а потому просадочные и суффозионные деформации основания ликвидируются уже на стадии строительства. К тому же, уплотненный закрепленный слой грунта в основании, предотвращая миграцию агрессивных вод вокруг фундамента, замедляет интенсивность ионного обмена в системе «бетон – грунтовые воды – грунт», а потому предотвращает развитие коррозии конструкций.



а – установка трамбовки по центру фундамента и вытрамбовывание котлована; б – отсыпка в вытрамбованный котлован жесткого материала; в – втрамбовывание жесткого материала до заданной отметки; г – заполнение котлована кирами; д – втрамбовывание киров в стенки котлована; ж – установка арматуры; з – бетонирование котлована. 1 – котлован; 2 – жесткий грунтовый материал; 3 – уплотненная зона; 4 – уширение; 5 – кыры; 6 – защитная оболочка из киров; 7 – арматурный каркас; 8 – бетон.

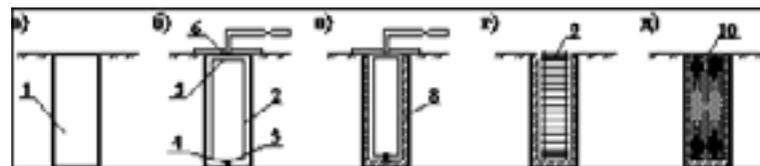
Рисунок 5 – Технологическая схема устройства фундамента в вытрамбованном котловане с уширением и защитной оболочкой



а – вытрамбовывание 1-го дополнительного котлована и отсыпка жесткого материала; б – втрамбовывание жесткого материала в 1-й

котлован и вытрамбовка 2-го котлована; в – вытрамбовка жесткого материала 2-го котлована; г – вытрамбовка жесткого материала под фундамент и устройство защитной оболочки; д, е – бетонирование фундамента; 1 – котлован; 2 – жесткий грунтовый материал; 3 – уплотненная зона; 4 – уширение; 5 – местный засоленный грунт; 6 – кыры; 7 – бетон.

Рисунок 6 – Технологическая схема устройства искусственного основания в засоленных грунтах методом вытрамбовывания котлованов с защитным экраном и несущим слоем



а – проходка скважины; б – размещение в скважине трубы; в – пропитка стенок силикатным раствором; г – армирование; д – бетонирование; 1 – скважина; 2 – стальная труба с нижним фланцем; 3 – держатель; 4 – верхний фланец; 5 – диск уплотнитель с растворомподающим трубопроводом; 6 – защитная оболочка; 7 – арматурный каркас; 8 – бетонная смесь.

Рисунок 7 – Технологическая схема устройства буронабивной сваи в засоленных грунтах с защитной оболочкой типа «стакан»

Дополнительное создание защитной оболочки-покрытия по поверхности фундамента из пластмассы, мастики на основе природного битума, асфальта или уплотненных нефтебитуминозных пород, герметично упакованной между конструкцией и уплотненным слоем грунта, предохраняет фундамент и само здание от коррозионного воздействия агрессивной водно-солевой грунтовой среды. Натурные опытно-промышленные испытания показали, что новые геотехнологии предпочтительны для условий массового строительства крупнопанельных домов (КПД). В этих условиях традиционные ленточные фундаменты из сборных блоков и подушек практически превращаются в дорогостоящую сборную железобетонную фундаментную плиту. Затраты на устройство ФВК и ПС в защитной оболочке под КПД на 50...80% меньше стоимости традиционных сборных ленточных фундаментов или забивных свай. Эффективность разработок подтверждена технико-экономическим расчетом и опытно-промышленной апробацией. Однако основным критерием, определяющим эффективность предложенных геотехнологий, является снижение последующих эксплуатационных затрат. Послепостроечные осадки зданий на традиционных

сборных ленточных фундаментах и забивных сваях превышают осадки здания на ФВК и ПС с защитной оболочкой. Это объясняется тем, что здания на ленточных фундаментах не защищены от суффозионных и деформационных процессов, а потому в процессе эксплуатации, постоянно претерпевают дополнительные осадки и требуют ежегодного послепостроечного ремонта. При использовании ФВК и ПС в пробитых скважинах с защитной оболочкой здания послепостроечных осадок не претерпевают. Об этом свидетельствует многолетний опыт возведения и эксплуатации зданий по предполагаемым геотехнологиям в г.г. Караганде, Атырау, Актобе, Темиртау, п.г.т. Кульсары, Тенгизе и др.[3]

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Способ испытания засоленных грунтов. Инновационный патент № 22825. Выдан 25.06.2010. Патентообладатель Унайбаев Б. Ж.
- 2 А. С. № 1678972 СССР. Способ возведения свай в агрессивных засоленных грунтах. /Унайбаев Б. Ж., С. В.Жаров, В. А.Волков, И. И. Индюков и др.; опубл. 23.09.91, Бюл. №35. -2с.
- 3 А. С. № 1678971 СССР. Способ возведения сваи. /Унайбаев Б. Ж., С. В. Жаров, Н. Л.Ким, Р. Н. Орынбаев и др.; опубл. 23.09.91, Бюл. №35. -3с.
- 4 Предв. патент РК № 10456. Способ возведения фундамента. /Патентообладатель Б. Ж. Унайбаев; опубл. 16.07.01, Бюл. №7. -4с.
- 5 Способ возведения буронабивной сваи в засоленных лессовых просадочных грунтах. Инновационный патент № 22796, выдан 25.06.2010. патентообладатель Унайбаев Б. Ж.

Екибастузский инженерно-технический институт  
имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз.  
Материал поступил в редакцию 23.12.13.

*Б. Ж. Унайбай, В. А. Арсенин, Б. В. Унайбаев, Д. М. Сиваракша*

**Тұзды топырақтарда ғимараттарды тұрғызудың сенімді және тиімді геотехнологиялары**

Академик Қ.Сатпаев атындағы  
Екібастұз инженерлі-техникалық институты, Екібастұз қ.  
Материал 23.12.13 редакцияға түсті.

*B. J. Unabayev, V. A. Arsenin, B. V. Unabayev, D. M. Sivaraksha*

**Reliable and effective geotechnologies of buildings' erection on salted soils**

Ekibastuz Technical Engineering Institute  
named after academician K. Satpayev  
Material received on 23.12.13.

*Жаңа геотехнологияны ондіру барысында тұзды топырақ қосылған агымдық негізіндегі физикалық-химиялық және механикалық үдерісінде негіздердің, іргетастардың, құрылымы және салу алдындағы өзіндік құнын қорғауға, құрылым-технологиялық қалыптасу негізіндегі аймақтағы өзара байланысу мен техникалық шешімін өзгерту жағдайы бірге қарастырылған, тұзды топырақ қосындысының техногендік факторлары оңделген.*

*When developing new geotechnologies the physical - chemical and mechanical processes proceeding in the basis, combined with the salted soil, the design of the basis, the base, their arrangement and pre-constructing protection are considered as a group and in interrelation on the basis of adaptation of constructive - technological and technical solutions to the changing conditions, in the territory combined with salted soil at the influence of natural and technogenic factors on the salt component of soil.*

УДК 621.365

**В. Ф. Хацевский, А. Г. Мажикова, А. К. Ахметов**

## **РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И ЗАЩИТЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ**

*В настоящей работе рассмотрена разработка устройства автоматизации и защиты для системы электроснабжения предприятия.*

В современных электроэнергетических системах значение релейной защиты особенно возрастает в связи с бурным ростом мощности энергосистем, объединением их в единые электрически связанные системы в пределах нескольких областей, всей страны, и даже нескольких государств.

Важнейшей автоматикой, обеспечивающей надёжную и устойчивую работу, а также осуществляющую автоматическую ликвидацию повреждённых и ненормальных режимов в электрической части энергосистем является релейная защита.

Рост нагрузок, увеличение протяжённости линий электропередачи, ужесточение требований к устойчивости энергосистем осложняют условия работы релейной защиты и повышает требования к ее быстрдействию,

чувствительности и надёжности. Существующие системы релейной защиты морально и физически устарели, что влечет за собой дополнительные затраты на техническое обслуживание. Аппараты, применяемые в релейной защите, сняты с производства, что затрудняет поиск запасных частей. Невысокая надежность устройств является причиной ложных срабатываний и возникла актуальная необходимость модернизации аппаратной части релейной защиты. В связи с этим идет непрерывный процесс развития и совершенствования техники релейной защиты, направленной на создание все более совершенных защит, отвечающих требованиям современной энергетики.

В настоящее время широко применяются защиты с использованием микропроцессорных устройств. Данная техника полностью отвечает специфическим требованиям казахстанской энергетики, доступна в обслуживании и легко интегрируются в автоматизированные системы РЗА, управления и контроля подстанций и электрической части станций любого уровня.

Одной из актуальных проблем отечественной промышленности является задача повышения энергоэффективности предприятий, рост стоимости электро-энергии приводит к увеличению энергозатрат, поэтому энергосбережение становится одним из ключевых факторов конкурентоспособности предприятий.

Повышение энергоёмкости производства, количества техники, задействованной в производственных процессах, а также постоянный рост цен на энергоносители является серьезным фактором, увеличивающим важность вопроса об экономии электроэнергии.

Учитывая эти предпосылки, актуальным является повышение быстродействия и надежности работы устройств релейной защиты, снижение эксплуатационных затрат на ремонт и техническое обслуживание.

Нормальная работа электроустановок и потребителей электроэнергии нарушается при возникновении повреждений и ненормальных режимов, которые сопровождаются возрастанием тока, снижением или повышением напряжения и частоты. В этом случае возможны повреждения оборудования и нарушения синхронизма в электроэнергетической системе (ЭЭС). В связи с этим возникает необходимость в создании и применении различных автоматических устройств, защищающих ЭЭС и ее элементы от опасных последствий повреждений и ненормальных режимов. Большинство повреждений в ЭЭС приводит к возникновению различного вида коротких замыкания (КЗ) - наиболее опасных и тяжелых видов повреждений, которые сопровождаются значительным возрастанием тока, снижением напряжения и сопротивлению. Ток КЗ, протекая по элементам ЭЭС, может вызвать разрушения, размеры которых тем больше, чем больше величина тока и время его протекания.

Снижение напряжения при КЗ нарушает работу потребителей и может вызвать остановку асинхронных двигателей, что приводит к расстройству технологического процесса на предприятиях. Снижение напряжения может вызвать нарушение устойчивости в ЭЭС и привести к дальнейшему тяжелому развитию аварии. Поэтому защита должна удовлетворять следующим требованиям.

Селективность (избирательность) - основное требование к РЗ. Заключается в способности РЗ отключать при КЗ только поврежденный элемент, хотя ток КЗ протекает и по другим неповрежденным элементам ЭЭС. При селективной работе РЗ не происходит излишних отключений оборудования и потребителей, тем самым минимизируется ущерб от аварийной ситуации.

Быстродействие - способность работать с минимально допустимой выдержкой времени.

Чувствительность - способность РЗ реагировать именно на те отклонения от нормального режима, которые возникают в результате повреждения.

Надежность - способность защиты безотказно действовать в пределах установленной для нее зоны и не работать ложно в режимах, при которых действие РЗ не предусматривается.

На подстанциях энергосистем используются различные виды защитных устройств, например, на одной из промышленных подстанций 35/6 кВ установлены следующие виды защит по высокой стороне: дифференциальная защита трансформатора (ДЗТ), основная; газовая защита трансформатора (ГЗ), основная; газовая защита РПН трансформатора, основная; МТЗ 35кВ, резервная; защита от перегрева трансформатора; сигнализация уровня масла в расширительных баках трансформатора в РПН.

По низкой стороне установлены: логическая защиты шин (ТО); защита от дуговых замыканий; ТО и МТЗ отходящих ячеек 6кВ; защиты от замыкания на землю (ЗЗЗ); защита от повышения напряжения; а также системы автоматики: автоматическое включение резерва (АВР 6 кВ); Автоматическая частотная разгрузка (АЧР 6 кВ).

В настоящее время находят применение защиты с использованием микропроцессорных устройств (МУРЗ). Данная техника полностью отвечает специфическим требованиям российской энергетики, доступны в обслуживании и легко интегрируются в автоматизированные системы управления и контроля подстанций и электрической части станций любого уровня.

Основными узлами МУРЗ являются (рисунок 1): блок аналоговых входов (1) (трансформаторы тока и напряжения), входные фильтры (2), цепи выборки и запоминания (3), мультиплексор (4), аналогово-цифровой преобразователь (5), микропроцессор (6), таймер (7), различные виды памяти (8, 9, 10), блок логических (цифровых) входов (11).

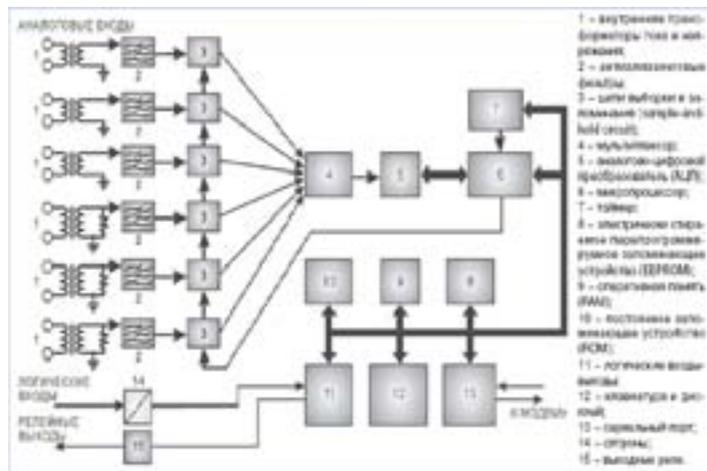


Рисунок 1 - Структурная схема МУРЗ

Современные МУРЗ должны быть построены по принципу персональных компьютеров, то есть они должны выпускаться и свободно продаваться на рынке в виде набора модулей (печатных плат), стандартизированных по выполняемым функциям, по размерам и типу разъемов и представляющих собой отдельные функциональные модули. Шкафы с установленными в них модулями должны быть выполнены по специальной технологии, обеспечивающей защиту от проникновения внешних электромагнитных помех.

Наличие универсальных функциональных модулей позволит создать в будущем и общую программную платформу с набором прикладных программ и библиотек для конкретных видов защит. А наличие общей программной платформы позволит также автоматизировать процесс диагностики МУРЗ в динамическом режиме путем загрузки в МУРЗ и в симулятор режимов полностью соответствующих друг другу наборов уставок и тестовых алгоритмов, что позволит существенно облегчить процесс проверки МУРЗ и резко сократить количество ошибок персонала.

В последнее время находят все большее применение комплексные устройства защиты, управления и автоматики распределительных сетей серии SPAC800 (терминалы) выполнены на микропроцессорной элементарной базе и предназначены для защиты и автоматики присоединений комплектных распределительных устройств (КРУ). Терминалы выполняют функции местного или дистанционного управления, защиты, измерения, сигнализации, а также необходимые блокировки.

Фидерные терминалы являются интерфейсными устройствами нижнего уровня для построения системы управления энергообъектов (АСУ ТП).

Терминалы входят в семейство SPACOM и совместимы с комплексной системой защиты и управления концерна «АББ».

Терминалы применяются в системах вторичной коммутации для использования в качестве основных и резервных защит энергообъектов напряжением 6...10 кВ. Используются для защиты и автоматики кабельных и воздушных линий, трансформаторов малой и средней мощности, синхронных и асинхронных двигателей различной мощности, реакторов и других присоединений. Один терминал заменяет большое количество электрических аппаратов (измерительные, сигнальные, выходные и другие электромеханические реле).

Терминал может применяться в следующих сферах:

- электрические станции и подстанции;
- промышленные предприятия;
- предприятия нефтегазового комплекса;
- предприятия коммунального хозяйства и др.

Объекты применения:

- комплектные трансформаторные подстанции;
- ячейки КРУ 6...10 кВ (в т.ч. модернизируемые)
- камеры КСО 6...10 кВ;
- распределительные устройства;
- низковольтные комплектные устройства и др.

Функции управления и автоматики терминалов:

- оперативное включение и отключение выключателя с помощью внешних ключей;
- отключение выключателя от устройств автоматики, автоматической частотной разгрузки (АЧР) и внешних защит;
- двукратное автоматическое повторное включение (АПВ) или АВП после действия АЧР;
- подсчет числа попыток АПВ;
- блокирование действия защит, в том числе от внешнего органа напряжения;
- контроль готовности цепей управления выключателем;
- контроль состояния автоматов питания цепей управления и защиты;
- блокирование от многократных включений выключателя;
- автоматическое ускорение действия второй ступени МТЗ при включении выключателя;
- устройство резервирования при отказе выключателя (УРОВ);
- логическая защита шин с блокированием от защит присоединений;
- автоматическое выключение резервирования (АВР), в том числе с контролем встречного напряжения на шинах;

- блокирование включения при перегреве двигателя;  
- контроль исправности цепей напряжения секций, положения тележки и аппаратов.

Терминалы также осуществляют индикацию текущих и аварийных значений токов, уставок и срабатывающих каналов на цифровом дисплее и индикаторах.

В памяти сохраняются параметры пяти последних аварийных событий, позволяющие анализировать и оценивать повреждения, а также учитывать ресурс оборудования. Терминалы сохраняют сигнализацию при потере питания.

Выбор необходимого типоразмера устройства производится с учетом конкретных требований для защищаемого энергообъекта и реализуется путем подбора соответствующего аппаратного обеспечения (количества трансформаторов тока, напряжения, входных/выходных цепей), а также набора требуемых функций защиты, автоматике, управления, сигнализации, измерений. Привязка защит, управления, автоматике и других функций к входным/выходным цепям устройства, реализация логики функциональной схемы, а также параметризация (задание уставок) производится с помощью программного обеспечения типа CAP501 и CAP505.

Такие устройства могут быть рекомендованы к применению как терминалы на вновь вводимых и реконструируемых объектах с постоянным оперативным током.

Авторами проанализированы подходы к определению и структуре SPACOM, определены варианты ее организации и построения, а также рассмотрены особенности назначения. Исследованы критерии эффективности работы и методы использования современных микропроцессорных устройств, выполнен аналитический обзор микропроцессорных защит.

Произведен обзор функционального назначения устройств релейной защиты, выполнен расчет и выбор аппаратов релейной защиты.

Предложен эффективный выбор модели микропроцессорных устройств релейной защиты, основанный на анализе структуры устройства в соответствии с выполняемыми функциями. Разработана схема подключения устройства релейной защиты к существующей системе электроснабжения промышленной подстанции.

Расширена методика анализа и синтеза электроэнергетических сетевых структур различного уровня сложности, позволяющая в более полном объеме провести проектирование систем защиты с использованием современных устройств типа SPACOM.

При этом осуществлен анализ организации принципов построения и работы систем защиты с использованием современных устройств типа SPACOM. Предложены критерии эффективности работы и методы

оптимизации промышленных объектов с микропроцессорными устройствами релейной защиты SPACOM.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Гуревич, В. И.** Актуальные проблемы релейной защиты: альтернативный взгляд. - «Вести в электроэнергетике», 2010, № 3, с. 30 - 43.

2 **Дьяков, А.Ф., Овчаренко, Н.И.** Микропроцессорная релейная защита и автоматика энергетических систем: Учебн. пособие. – М, МЭИ, 2000. – 199 с.

3 **Кудряшов, В. Н., Балашов, В. В., Королев, А. Г., Сдобин, А. В.** Опыт внедрения микропроцессорных защит. – Релейная защита и автоматика энерго-систем 2002. Сборник докладов XV Научно-технической конференции, – М, 2002, с. 7 – 8.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 20.12.13.

*В. Ф. Хацевский, А. Г. Мажикова, А. К. Ахметов*

**Өнеркәсіптің электрмен қамтамасыздандыруына арналған автоматтыңдыру және қорғау құрылғыларын өндіру**

С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 20.12.13 редакцияға түсті.

*V. F. Khatsevskiy, A. G. Magikova, A. K. Ahmetov*

**Development of a device of automation and protection for the power supply system of the enterprise**

Pavlodar State University  
named after S. Toraiyrov, Pavlodar.  
Material received on 20.12.13.

*Осы жұмыста өнеркәсіптің электрмен қамтамасыздандыруына арналған автоматтыңдыру және қорғау құрылғыларын өндіруі қарастырылды.*

*In this paper, we consider the development of a device of automation and protection for the power supply system of the enterprise.*

**В. Ф. Хацевский, А. К. Ахметов, А. Г. Мажикова**

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЕТА ПРОМЫШЛЕННОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

*В настоящей работе рассмотрено решение проблемы оптимизации эксплуатационных характеристик промышленных предприятий и даны рекомендации для реальной практики.*

Одной из актуальных проблем отечественной промышленности является задача повышения энергоэффективности предприятий, рост стоимости электроэнергии приводит к увеличению энергозатрат, поэтому энергосбережение становится одним из ключевых факторов конкурентоспособности предприятий.

Повышение энергоемкости производства, количества техники, задействованной в производственных процессах, а также постоянный рост цен на энергоносители является серьезным фактором, увеличивающим важность вопроса об экономии электроэнергии.

Универсальных способов экономить электроэнергию на данный момент не существует, но разработаны методики, технологии и устройства, помогающие вывести энергосбережение на качественно новый уровень, поэтому энергосбережение и повышение энергоэффективности сегодня являются одними из самых перспективных и развивающихся направлений научно-исследовательских работ в электроэнергетике.

Важной составляющей эксплуатационных затрат является стоимость потерь электроэнергии в распределительных сетях и на предприятиях. Стоимость потерь определяется произведением объема потерь в абсолютном исчислении на тариф по потерям. Последний ежемесячно определяется, наряду с другими нерегулируемыми тарифами на электроэнергию в зависимости от сложившейся цены электроэнергии на оптовом рынке электроэнергии и мощности. Поэтому в действующих сетях уровень потерь электроэнергии выступает в качестве важнейшего показателя производственной деятельности, включая соответствующую систему его планирования и стимулирования выполнения этого показателя. При решении этой задачи актуальным является правильное прогнозирование и планирование потерь в сетях.

Важной вехой в этом направлении является разработка методов расчета технологических потерь при транспортировке электроэнергии для различных уровней напряжений, методы расчета потерь обусловленных погрешностями

системы учета электроэнергии, а также методы расчета нормативных характеристик технологических потерь электроэнергии. Для повышения достоверности и научной обоснованности планирования потерь необходимо принимать во внимание технические характеристики сетей и режимы их функционирования.

Однако сложившейся уровень потерь электроэнергии не может быть снижен без дополнительных капитальных вложений на уменьшение потерь в электрических сетях предприятий и поиска новых форм и видов работ: оснащение РПН на трансформаторах, модернизация сетей, совершенствование системы учета электроэнергии, установления жесткого плана на выявление бездоговорного и безучетного электропотребления, на снижение расхода электроэнергии на подстанциях, на электропотребление на хозяйственные нужды предприятия.

Для решения задач по экономии энергоресурсов одним из эффективных путей является внедрение автоматизированных систем контроля и учета электро-энергии (АСКУЭ). Переход экономики на рыночные методы хозяйствования предъявляет жесткие требования к достоверности и оперативности учета электрической энергии. Эти требования могут быть удовлетворены только путем создания АСКУЭ, оснащенной современной вычислительной техникой.

При построении АСКУЭ с числом измерительных каналов порядка тысячи возникают проблемы с организацией передачи значительного объема измерительной информации по относительно небольшому числу линий связи. Для передачи данных в АСКУЭ, когда требуется обеспечить функциональную совместимость её различных частей, возможность улучшения параметров без нарушения функционирования, необходимо осуществлять оптимизацию локальных вычислительных сетей, являющихся базовой основой любой АСКУЭ. Это позволит не только снизить затраты на разработку, изготовление и обслуживание АСКУЭ, но и избежать ошибок при ее проектировании.

Основная часть счетчиков учета электроэнергии постоянно связана с центрами сбора данных первого уровня прямыми каналами связи и опрашивается в соответствии с заданным расписанием опроса, как в способе организации АСКУЭ. Схема организации многоуровневой АСКУЭ для территориально распределенного среднего или крупного предприятия приведена на рисунке 1.

Между некоторыми счетчиками и центром сбора данных первого уровня может не быть постоянной связи, они могут опрашиваться с помощью переносного компьютера, как во втором способе организации АСКУЭ. Первичная информация со счетчиков записывается в БД центров сбора данных первого уровня, на них же происходит обработка данных. В центрах сбора данных второго уровня осуществляется дополнительное агрегирование и структурирование информации, запись ее в БД центров сбора данных второго уровня. При таком способе организации АСКУЭ в качестве БД рекомендуется использовать СУБД ORACLE8.X.

Основная конфигурация программного комплекса Альфа ЦЕНТР позволяет организовать параллельный сбор данных по 4, 8, 16, 32 каналам связи. При 16, 32 каналах необходимо использовать отдельную ЭВМ в качестве коммуникационного сервера. Каналы связи могут быть выделенными, коммутируемыми, а также может использоваться прямое соединение.

Параметры каждого канала настраиваются индивидуально, в зависимости от типа линии и ее характеристик. В системе может параллельно работать несколько коммуникационных серверов. При этом описание всех параметров системы сбора данных, описание всех электрических и расчетных схем объектов, а также все первичные и расчетные данные хранятся только на сервере БД и приложений центра сбора данных.

Центры сбора данных, как правило, выполняют только функции сбора и обработки данных, АРМ пользователей подключаются к ним по локальной сети. При небольшом количестве счетчиков на объекте центр сбора данных первого уровня может выполнять функции АРМ. Центры сбора данных 1-го уровня связаны с центрами сбора данных 2-го уровня каналами связи. Каналы связи могут быть выделенными, коммутируемыми, прямым соединением по локальной сети. Сервер сбора данных центра сбора данных 2-го уровня автоматически запрашивает необходимую информацию из БД центров сбора данных 1-го уровня в соответствии с установленным расписанием.

Организация многоуровневой АСКУЭ для территориально распределенного среднего и крупного предприятия или энергосистемы позволяет решать следующие задачи:

- точное измерение параметров поставки/потребления;
- комплексный автоматизированный коммерческий и технический учет энергоресурсов по предприятию, его инфраструктурным элементам (котельная и объекты жилкомбыта, цеха, подразделения, субабоненты);
- ведение договоров и формирование платежных документов для расчетов за электроэнергию;
- контроль энергопотребления и ПКЭ по точкам и объектам учета в заданных временных интервалах (5 минут, 30 минут, зоны, смены, сутки, декады, месяцы, кварталы и годы) относительно заданных лимитов и технологических ограничений мощности;
- сопровождение нормативно-справочной информации;
- обработку данных и формирование отчетов по учету электроэнергии и контролю ПКЭ;
- фиксацию отклонений контролируемых параметров энергоресурсов, их оценка в абсолютных и относительных единицах для анализа как энергопотребления, так и производственных процессов;
- сигнализацию (цветом, звуком) об отклонениях контролируемых величин от допустимого диапазона значений;

- диагностику полноты данных;
- описание электрических соединений объектов и их характеристик;
- параметризацию коммуникаций и характеристик опроса;
- диагностику системы;
- поддержание единого системного времени

Оптимизация локальных вычислительных сетей АСКУЭ в первую очередь связана с повышением эффективности их производительности и оптимизаций структуры.

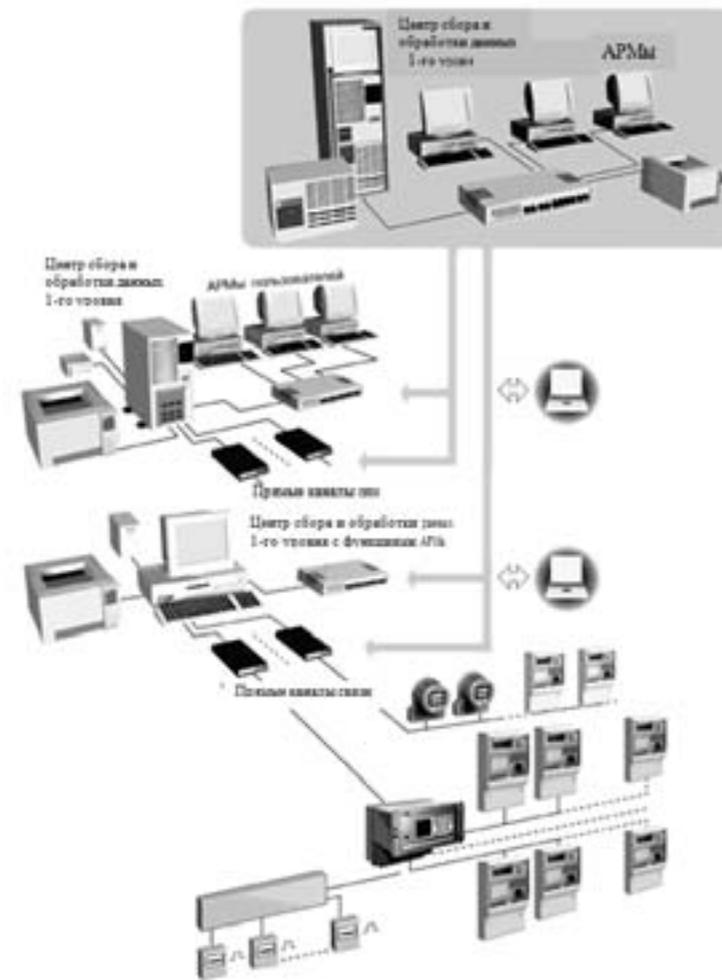


Рисунок 1 - Организация многоуровневой АСКУЭ для территориально распределенного среднего или крупного предприятия

Смысл создания и использования АСКУЭ заключается в постоянной экономии энергоресурсов и финансов предприятия при минимальных начальных денежных затратах. Величина экономического эффекта от использования АСКУЭ достигает по предприятиям в среднем 15...30 % от годового потребления энергоресурсов, а окупаемость затрат на создание АСКУЭ происходит за 2...3 квартала. На сегодняшний день АСКУЭ предприятия является тем необходимым механизмом, без которого невозможно решать проблемы цивилизованных расчетов за энергоресурсы с их поставщиками, непрерывной экономии энергоносителей и снижения доли энергозатрат в себестоимости продукции предприятия.

Уровень энергопотребления предприятия складывается из двух составляющих: базовой и организационно-технической. Базовая составляющая определяется энергоемкостью установленного технологического оборудования. Организационно-техническая составляющая (ОТС) определяется режимами эксплуатации оборудования, которые задаются персоналом предприятия, исходя из производственных и личных интересов и потребностей. Изменение первой (базовой) составляющей энергопотребления требует замены устаревшего энергоемкого оборудования и техпроцесса более современными и менее энергоемкими. Это связано с модернизацией производства и привлечением крупных инвестиций, что в условиях нашей экономики проблематично. Поэтому необходимо обратить внимание на возможности минимизации ОТС уровня энергопотребления предприятия, которые не требуют крупных денежных затрат, но при реализации дает быстрый практический эффект. Актуальность минимизации этой составляющей сохраняется и после сокращения базового энергопотребления в результате модернизации производства.

Авторами проанализированы подходы к определению и структуре АСКУЭ, определены варианты ее организации и построения, а также рассмотрены особенности назначения. Исследованы критерии эффективности работы и методы оптимизации производительности локальных сетей передачи данных АСКУЭ. Теоретические исследования выполнены с использованием методов теории вероятностей случайных процессов, математической статистики, теории очередей, математического моделирования на ПЭВМ.

Предложен эффективный способ исследования, проектирования, модернизации и управления АСКУЭ.

Получены математические модели оптимизации структур однородных звездообразных ЛВС АСКУЭ, позволяющие учитывать взаимное расположение рабочих станций, наличие возможных размещений активного оборудования, возможность совместного использования коммутаторов и концентраторов рабочих групп, а также требования информационных систем к пропускной способности локальной сети передачи данных АСКУЭ.

Расширена методика анализа и синтеза сетевых структур различного уровня сложности, позволяющая в более полном объеме провести проектирование локальных вычислительных сетей АСКУЭ. При этом осуществлен анализ организации принципов построения и работы локальных вычислительных сетей передачи данных АСКУЭ. Предложены критерии эффективности работы и методы оптимизации производительности локальных сетей передачи данных АСКУЭ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Носов, Е. Ю. Модульный принцип построения АСКУЭ. // Энергетик. – 2002, № 12. – С. 12.
- 2 Данилин, А. В., Захаров, В. А. Принципы построения работы АСКУЭ. // ЭСКО. – 2002, №6. – С. 48-54.
- 3 Шварц, М. Сети связи: протоколы, моделирование и анализ, Ч.1. / Пер. с англ. В.И. Неймана. – М.: Наука, 2002. – 536 с.

Павлодарский государственный университет  
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.  
Материал поступил в редакцию 23.12.13.

*В. Ф. Хацевский, А. К. Ахметов, А. Г. Мажикова*

**Электр энергияны өндірістік тұтынуына автоматты есепке алу жүйесін өндіру**

С. Торайгыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.  
Материал 23.12.13 редакцияға түсті.

*V. F. Khatsevskiy, A. K. Ahmetov, A. G. Magikova*

**Development of the system of automation of the industrial power consumption accounting**

Pavlodar State University  
named after S. Toraiyrov, Pavlodar;  
Material received on 23.12.13.

*Осы жұмыста өндірістің тиімді сипаттамаларының проблемаларын шешімі қарастырылды және іс жүзіндегі тәжірибеге арналған ұсыныстар берілді.*

*In this paper the author considers the decision of problems of optimum performance of industrial enterprises and recommendations for practice.*

**Д. С. Шонтаев\***, **А. Д. Шонтаев\***, **Ж. Н. Хамметова\***,  
**Б. Б. Унайбаев\***, **М. С. Нурғалиева\***, **К. Т. Саканов\*\***

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД**

*В статье приведен расчет устойчивого состояния зоны обрушения в зависимости от прочностных характеристик горных пород и возникающих напряжений.*

Конфигурация и размеры зоны обрушения при своем развитии будут стремиться к устойчивой форме. Устойчивая форма и размеры обрушения могли бы стабилизироваться, как это наблюдается в естественных пещерах, если бы не было искусственного воздействия на ее состояние. Глубина зоны увеличивается по мере отработки Октябрьской и Июньской рудных зон, идет изменение механических характеристик горного массива от воздействия на него сейсмических ударных волн при отработке месторождения. Развивается существующая система тектонических трещин, а также образуются новые трещины вблизи контура зоны обрушения, особенно в местах концентрации напряжений.

Существующие методы теоретического анализа [1] позволяют оценить напряженное состояние горного массива в окрестности зоны обрушения, однако эти методы пока не позволяют учесть все многообразие напряженно-деформированного состояния массива и точное выполнение поставленной задачи в соответствии с условиями рудника.

Для оценки устойчивости зоны обрушения необходимо знать напряженно-деформированное состояние массива возникшее в результате образования полости. Задача решается в упругой постановке, т.е. в предположении об упругом поведении массива до образования в нем зоны обрушения. В виду того, что форма обрушения отличается от круглой, получить решение в виде замкнутых конечных формул не представляется возможным. Сведения о напряженно-деформированном состоянии в окрестности зоны с неправильной формой сечения может дать только численное моделирование с применением современных быстродействующих ЭВМ.

В настоящих исследованиях использован метод граничных интегральных уравнений, развитый В.Ю. Изаксоном. Численное решение получено С.Б. Колоколовым, им же составлен пакет прикладных программ, реализующих численную модель на ЭВМ серии ЕС [2].

Сущность численного решения метода граничных интегральных уравнений сводится к следующему. Известно решение задачи теории упругости для бесконечной плоскости, в которой действует произвольно ориентированная сосредоточенная сила. Это решение имеет вид контактных формул, по которым можно без труда определить значение напряжений в любой точке плоскости, за исключением той, в которой действует сосредоточенная сила. Если на некотором прямолинейном отрезке приложить множество одинаковых сосредоточенных сил, действующих перпендикулярно отрезку, то их суммарный эффект будет эквивалентен действию равномерно распределенной на отрезке нормальной нагрузки. Полагая расстояние между силами бесконечно малыми, то переходят от суммирования к интегрированию можно получить формулы для вычисления напряжений в любой точке плоскости.

Напряженное состояние в окрестности выработки можно представить как сумму двух напряженных состояний, первая из них - состояние нетронутого массива (напряжение в котором обозначим:  $\sigma_x^o, \sigma_y^o, \sigma_x^o$ ), второе - дополнительное или возмущенное напряженное состояние:  $\sigma_x^d, \sigma_y^d, \sigma_{xy}^d$ . Полные напряжения:

$$\sigma_x = \sigma_x^o + \sigma_x^d, \quad (5.1)$$

$$\sigma_y = \sigma_y^o + \sigma_y^d, \quad (5.2)$$

$$\tau_{xy} = \tau_{xy}^o + \tau_{xy}^d, \quad (5.3)$$

Напряжения в произвольной точке «К» массива находится по формулам:

$$\sigma_x^k = \sigma_x^{ok} + \sum_{i=1}^n (\sigma_{xi}^{pk} * P_i + \sigma_{xi}^{qk} * q_i), \quad (5.4)$$

$$\sigma_y^k = \sigma_y^{ok} + \sum_{i=1}^n (\sigma_{yi}^{pk} * P_i + \sigma_{yi}^{qk} * q_i), \quad (5.5)$$

$$\tau_{xy}^k = \tau_{xy}^{ok} + \sum_{i=1}^n (\tau_{xyi}^{pk} * P_i + \tau_{xyi}^{qk} * q_i), \quad (5.5)$$

где  $\sigma_x^k, \sigma_y^k, \sigma_{xy}^k$  - соответственно компоненты нормальных и касательных напряжений в основной системе координат  $хоу$ , действующие в точке «К»;

$\sigma_{xi}^{pk}, \sigma_{yi}^{pk}, \sigma_{xyi}^{pk}$  - напряжения в той же точки, вызванные действием единичной нагрузки на участке контура;

$\sigma_{xi}^{pk}, \sigma_{yi}^{pk}, \tau_{xyi}^{pk}$  - тоже, но вызванные действием единичной касательной нагрузки;

$\sigma_x^{ok}, \sigma_y^{ok}, \tau_{xy}^{ok}$  - напряжения, действующие в точке без учета выработки.

После определения напряжений в основной системе координат « $xoy$ » нетрудно по известным формулам преобразований найти величины главных напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ , а также  $\tau_{max}$ .

Это решение позволяют вычислить деформации в окрестности выработки используя известные соотношения

$$\varepsilon_x^o = \frac{1}{E} * [(1 - \mu) * \sigma_x^o - \mu * \sigma_y^o] \quad (5.7)$$

$$\varepsilon_y^o = \frac{1}{E} * [\sigma_y^o - 2\mu * \sigma_x^o] \quad (5.8)$$

$$\varepsilon_x^{\partial} = \frac{1-\mu^2}{E} * \left[ \sigma_x^{\partial} - \frac{\mu}{1-\mu} * \sigma_y^{\partial} \right] \quad (5.9)$$

$$\varepsilon_y^{\partial} = \frac{1-\mu^2}{E} * \left[ \sigma_y^{\partial} - \frac{\mu}{1-\mu} * \sigma_x^{\partial} \right] \quad (5.10)$$

Используя теорию прочности Кулона-Мора, можно определить зону неупругих деформаций в окрестности выработки по условию

$$K^* = \frac{[\sigma_x - \sigma_y]^2 + 4\tau_{xy}^2 - (\sigma_x + \sigma_y) * \sin \varphi}{2 \cos \varphi} \quad (5.11)$$

где  $K^*$  - характеристика сцепления пород в массиве, которая сравнивается с характеристикой сцепления пород, полученной по построению паспорта прочности. Условие существования зоны неупругих деформаций в рассматриваемой точке будет

$$K \leq K^* \quad (5.12)$$

Рассмотренный метод позволяет определить напряженно-деформированное состояние в плоской постановке задачи.

Зона обрушения на руднике Жолымбет имеет значительные размеры по простиранию около 200 м и по высоте около 160 м.

При рассмотрении устойчивости боков зоны обрушения можно с определенной достоверностью сводить задачу к плоскому решению. На-

ми рассмотрено решение двух задач о напряженном состоянии массива по простиранию и вкрест простирания.

Постановка решения задачи.

Принято, что вмещающие горные породы являются изотропными (однородными), представленные гранодиоритами. Для первоначальных расчетов механические характеристики взяты по аналогии с подобными месторождениями:

- Предел прочности на одноосное вжатие - 830 Па.
- Коэффициент Пуассона - 0,26.
- Модуль Юнга -  $2,38 \times 10^5$
- Объемная плотность пород - 2,56 кг/м<sup>3</sup>
- Глубина залегания купола зоны обрушения - 180 м.
- Высота зоны обрушения - 162 м.
- Коэффициент бокового распора - 0,36 (По Диннику).
- Напряженное состояние нетронутого массива

$$\sigma_v^o = \gamma h = 845,5 \text{ Па};$$

$$\sigma_v^o = \lambda \gamma h = 315,1 \text{ Па}.$$

- Угол внутреннего трения гранодиоритов  $\varphi = 34^\circ$ .
- Объемная плотность обрушенной породы - 2,0 кг/м<sup>3</sup>
- Угол внутреннего трения для обрушенной породы  $\varphi = 25^\circ$
- Высота зацепки - 70 м.

Решение задачи рассматривалось в постановке, что контур зоны обрушения, вне засыпки свободен от нагрузок. Нагрузка контура от обрушенной породы считалась по теории сыпучих тел и определялась по формуле:

$$P = \gamma h \sin^2 \frac{\alpha - \varphi}{2}. \quad (5.13)$$

Геометрия контура зоны обрушения принималась по существующим маркшейдерским планам.

Выполненный расчет не может претендовать на окончательный по следующим соображениям. Исходные данные по механическим характеристикам, а также геометрия полости требуют окончательного уточнения после выполнения необходимых исследований.

Данный метод аналитических исследований позволяет определить устойчивость контура зоны обрушения при точном знании упругих характеристик горного массива и характеристики сцепления вмещающих горных пород (гранодиоритов).

В данной работе при заданных условиях выполнено решение задачи и приведены рисунки изолиний компонентов напряжений  $\sigma_y, \sigma_x$  по простиранию и вкрест простирания зоны обрушения.

Предварительный анализ полученных результатов показывает следующее. Образованное поле напряжений (рис. 1) по компонентам напряжений  $\sigma_x$  показывает, что над зоной обрушения имеется зона растягивающих напряжений, а это указывает на то, что контур не является устойчивым, даже при статическом приложении сил и без развития горных работ.



Рисунок 1 – Изолинии напряжений  $\sigma_y 10^{-2}$  в окрестностях зоны обрушения (по простиранию)



Рисунок 2 – Изолинии напряжений  $\sigma_y 10^{-2}$  в окрестностях зоны обрушения (по простиранию)

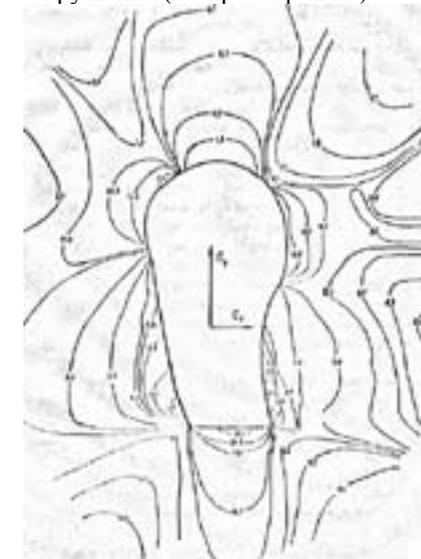


Рисунок 3 – Изолинии напряжений  $\sigma_x 10^{-2}$  в окрестностях зоны обрушения (вкрест простирания)



Рисунок 4 – Изолинии напряжений  $\sigma_y \cdot 10^{-2}$  в окрестностях зоны обрушения (вкрест простирания)

В нижней части зоны обрушения коэффициент концентрации напряжений превосходит в 10-12 раз. Горизонтальные напряжения  $\sigma_x$  (рис. 2) имеют более равномерный характер распределения напряжений по всему контуру. Тем не менее в некоторых частях контура имеются растягивающие напряжения. Следует отметить, что построенные изолинии  $\sigma_y, \sigma_x$  вычислены в весовой полуплоскости, это наиболее реально приближает приведенное поле напряжений к действительному.

Аналогичная картина распределений напряжений наблюдается в разрезах вкрест простирания по  $\sigma_y, \sigma_x$  (рис. 3). Этот разрез подсчитан в невесомой плоскости. Здесь зон растягивающих напряжений не наблюдается. Коэффициент концентрации напряжений по контуру отличается значительно меньше.

Дальнейшая обработка результатов расчета может быть произведена после получения действительной характеристики сцепления пород. Можно будет определить появление зоны неупругих деформаций на контуре зоны обрушения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Мухелишвили, Л. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. – М. : Наука, 1966. – 708с.

2 Колоколов, С. Б. Численные решения упруго-пластической задачи для плоскости с отверстием произвольной формы // Тезисы докладов VII Всесоюзной конференции по прочности и пластичности. – Пермь, 1983. – с. 90-91

3 Жданкин, Н. А. Геомеханика горных выработок. Подготовительный забой. – Новосибирск: ВО «Наука», 1993.

\*Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К.Сатпаева, г.Экибастуз;

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

Материал поступил в редакцию 20.12.13.

*Д. С. Шонтаев\**, *А. Д. Шонтаев\**, *Ж. Н. Хамметова\**, *Б. Б. Унайбаев\**,  
*М. С. Нурғалиева\**, *Қ. Т. Сақанов\*\**

**Тау жынысының сілеміндегі кернеу- деформациялық жағдайдың үлестірілуін зерттеу**

\*Академик Қ. Сатпаев атындағы

Екібастұз инженерлі-техникалық институты, Екібастұз қ.;

\*\*С. Торайгыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 20.12.13 редакцияға түсті.

*D. S. Shontaev\**, *A. D. Shontaev\**, *J. N. Khammetova\**, *B. B. Unaibayev\**,  
*M. S. Nurgalieva\**, *K. T. Sakanov\*\**

**Research of the distribution of tensed-deformed condition in the massif of rocks**

\*Ekibastuz Technical Engineering Institute

named after academician K. Satpayev, Ekibastuz;

\*\*Pavlodar State University named after S. Toraiyrov, Pavlodar.

Material received on 20.12.13.

*Мақалада тау жынысының беріктік қасиеттеріне және пайда болатын кернеулерге байланысты опырылу аймағының тұрақтылығының есебі қарастырылған.*

*The article contains calculation of the steady state of collapse zones, depending on the strength properties of the rock and the stresses.*

**Д. С. Шонтаев, А. Д. Шонтаев, Б. Б. Унайбаев,  
М. С. Нургалиева**

## **МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГЕОМЕТРИИ ЗОНЫ ОБРУШЕНИЯ**

*Приведена методика по определению геометрических размеров зоны обрушения.*

При разработке рудных тел на небольшой глубине происходит обрушение пород кровли вслед за выпуском руды. Такие явления наблюдаются на многих горнорудных месторождениях стран СНГ и Казахстана, в частности, на руднике Жолымбет, АО «Казахалтын».

Проведение исследований по погашению пустот предусматривает использование аналитических решений, производственных наблюдений, лабораторных и промышленных экспериментов. Одним из основных моментов является определение геометрических размеров подземной пустоты, образовавшейся в результате отработки Октябрьской и Июньской зон (жил).

Обработка октябрьской и июньской зон проходит во вмещающих породах с относительно небольшой крепостью, а также нарушена дополнительной трещиноватостью пород, поэтому при переходе на нижележащие горизонты отработки порода теряла устойчивость и обрушивалась.

При разработке таких месторождений образуются пустоты значительных размеров и объемов по простиранию 200 м., а по падению 160 м.

При достижении критических обнажений подземные пустоты могут самообрушаться. Воздух, находящийся в пустоте, сжимается и вытесняется падающими породами в прилегающие выработки. Механическое действие такого воздушного потока на преграды называют воздушным ударом.

Воздушный удар может вывести из устойчивого равновесия эксплуатационные выработки на рабочих горизонтах, разбить перемычки, повредить оборудование и коммуникации, а также может привести к человеческим жертвам. Причинами обрушения горных пород являются многие горно-геологические и технические факторы:

- недостаточная механическая прочность горных пород;
- горное давление, возникающее от концентрации напряжений в массиве нарушенного плотностью;
- производство массовых взрывов при разработке рудных тел;
- дальнейшая подработка пустоты.

Из перечисленных факторов управляемым являются два последних.

Для решения вопроса об устойчивости обрушений необходимо комплексное научное обоснование по всем вышеперечисленным факторам.

Едиными правилами безопасности при разработке рудных и нерудных месторождений подземным способом при работах с обрушением боковых пород и кровли предусматривается: «при выдержке обрушения кровли свыше установленного паспортом шага обрушения необходимо применять искусственное обрушение, и в таких случаях до обрушения кровли запрещается производить очистные работы; запрещается оставлять выработанные камеры без закладки, с незаконченной закладкой или незаполненными обрушенными породами более срока указанного проектом. Закладка выработанного пространства должна производиться так, чтобы не было зависания или незаложенных пустот. Порядок и сроки обрушения или закладки очистных камер после их выемки устанавливаются проектом. В исключительных случаях допускается локализация пустот другими способами по специальному проекту, согласованному с органами ЧС.

Применяющиеся на рудниках мероприятия, направленные на исключение или снижение опасности воздушных ударов включают в себя:

- погашение пустот, когда их заполняют закладкой или принудительно обрушенными налегающими породами;
- локализация пустот, при которых их изолируют от рабочих выработок различного рода перемычками или завалами; образование под выработками основания блоков предохранительной породной подушкой.

Обработка Октябрьской и Июньской зон вызвала обрушение межгоризонтальных целиков с одновременным обрушением вмещающих пород. Конфигурация обрушения пока не изучена. Ее ориентировочные размеры составляют: высота 160 м., ширина по простиранию – 180 м, ширина вкрест простирания – 50-60 м.

В данное время имеется несколько различных методов определения размеров в недоступных полостях.

Метод вертикального электророндирования основан на прокладке нескольких профилей по поверхности, а также по замеру электрического сопротивления горных пород. Данный метод не может быть использован по следующим причинам: часть обрушенной полости находится по отвалам горных пород, что может исказить картину сопротивления горного массива и точность метода по определению размеров полости не достаточная для использования результатов в аналитических расчетах.

Метод стереофото съемки с последующей расшифровкой снимков на стереокомноторе, требует доступа к фотографированию на всех горизонтах и достаточного освещения.

Метод ультразвуковой локации основанный на излучении ультразвуковых волн.

Выбор способа локализации пустот определяется на основании тщательных научных исследований в конкретных горно-технических условиях рудников.

На руднике Жолымбет образовалась пустота высотой 160 м (рис. 1, 2). Обрушение распространилось вкрест простирания за пределы Октябрьской и Июньской рудных зон. Вмещающие породы рудных тел представлены гранодиоритами.

Обрушение не выходит на поверхность. На отработанных горизонтах в данное время есть доступ. Точная геометрия обрушения не выявлена из-за отсутствия необходимых средств и аппаратуры.

Следует отметить, что размеры зоны обрушения не являются установившимися и в данный момент развиваются.

Развитию зоны очевидно сопутствуют следующие факторы: отработка нижележащего горизонта; сейсмическое воздействие взрывных работ на горный массив и неустойчивое состояние контура зоны обрушения от действующих напряжений в массиве.

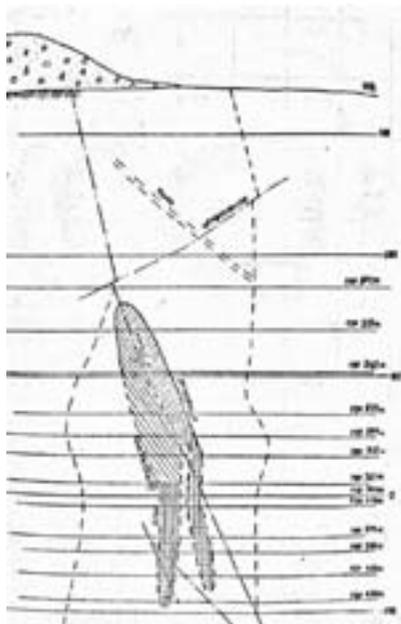


Рисунок 1 – Геологический разрез

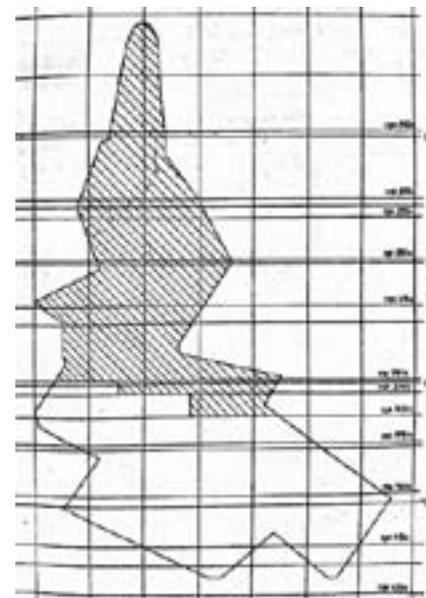


Рисунок 2 – Зона Октябрьская

Замер правильных границ контура зоны обрушения позволит более точно подойти к решению вопроса устойчивости зоны обрушения, а также наблюдения за ее развитием и выявлению факторов, влияющих на это развитие.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Колоколов, С. Б. Численные решения упруго-пластической задачи для плоскости с отверстием произвольной формы // Тезисы докладов VII Всесоюзной конференции по прочности и пластичности. – Пермь, 1983. – с. 90-91
- 2 Именигов, В. Р., Абрамов, В. Ф., Попов, В. В. Локализация пустот при подземной добыче руд. – М.: Недра, 1983. – 192 с.
- 3 Жданкин, Н. А. Геомеханика горных выработок. Подготовительный забой. – Новосибирск : ВО «Наука», 1993.

Екибастузский инженерно-технический институт  
имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз.  
Материал поступил в редакцию 15.12.13.

*Д. С. Шонтаев, А. Д. Шонтаев, Б. Б. Унайбаев, М. С. Нурғалиева*

**Опырылу аймағының геометриясын анықтауды зерттеу жіргізудің әдістемесі**

Академик Қ. Сатпаев атындағы  
Екібастұз инженерлі-техникалық институты, Екібастұз қ.  
Материал 15.12.13 редакцияға түсті.

*D. S. Shontaev, A. D. Shontaev, B. B. Unaibaev, M. S. Nurgalieva*

**Technique of carrying out researches on definition of geometry of a collapse zone**

Ekibastuz Technical Engineering Institute  
named after acad. K. Satpayev.  
Material received on 15.12.13.

*Мақалада құлау аймағының геометриялық көлемдерін анықтау әдістемесі келтірілген.*

*The methodology to determine the geometric dimensions of the zone of collapse is described.*

## НАШИ АВТОРЫ

**Абдрахманов Серик Тойымович** – к.т.н., профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и рациональное использование природных ресурсов», Кызылординский государственный университет имени Коркыт ата, г. Кызылорда.

**Агибаева Алия Жолатовна** – зав. лабораториями кафедры безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Азаматова Дана Айбулатовна** – ст. преподаватель кафедры теплоэнергетики, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Акаев Айбек Муратбекович** – магистр электроэнергетики, ст. преподаватель кафедры «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Акашев Арсен Закирович** – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Промышленный транспорт имени профессора А. Н. Даниярова», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда.

**Алигожина Дина Амангельдыевна** – преподаватель, магистрант кафедры безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Арсенин Владимир Анатольевич** – к.т.н., доцент, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз.

**Арынгазин К. Ш.** – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Асаева З. А.** – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Асенова С. С.** – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Ахмадиев Медет Тасболатулы** – магистрант кафедры «Промышленный транспорт» имени профессора А. Н. Даниярова», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда.

**Ахметов Алибек Канатович** – магистрант кафедры автоматизации и управления, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Аяганов А. Н.** – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Бабко Анатолий Николаевич** – к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация электрооборудования», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана.

**Баденов Бахтияр Фазыллолаевич** – магистрант кафедры «Эксплуатация электрооборудования», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана.

**Байгамысов Тимур Абдыкаримович** – магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Байгожанова Д. С.** – доцент, Жезказганский государственный университет имени И. Жансугирова, г. Талдыкорган.

**Баймаханов К.** – к.т.н., доцент, ЮКГУ имени М. Ауезова.

**Байниязов Бахтыбек Аскерович** – к.т.н., зав. кафедрой «Электроснабжение», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана.

**Байтемиров Бахтияр Мейрамбекович** – магистрант кафедры теплоэнергетики, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Баранова Светлана Степановна** – магистр педагогики, старший преподаватель кафедры «Транспорт и машиностроения», Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск.

**Баубеков О. Б.** – преподаватель, Шымкентский агроколледж.

**Беляева Людмила Михайловна** – старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Бергузинов Асхат Нурланович** – докторант кафедры «Автоматизация и управление», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Глазырин А. А.** – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Глазырин Сергей Александрович** – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Теплоэнергетика», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Астана.

**Глазырина Наталья Сергеевна** – магистр информатики, докторант кафедры «Вычислительная техника», Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, г. Астана.

**Говорун В. Ф.** – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Говорун О. В.** – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Григорьев О. О.** – к.т.н., доцент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Данияров Нурлан Асылханович** – д.т.н., исполнительный директор по науке и инновациям - зам. генерального директора, АО «Национальный научно-технический центр промышленной безопасности» МЧС РК, г. Астана.

**Дегембаева У. К.** – доцент, Алматинский университет Энергетики и связи, г. Алматы.

**Дроздова Наталья Константиновна** – ст. преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Дуйсенова Ж. Ж.** – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Ергешибаева Н. В.** – архитектурно-строительный факультет, кафедра «ПО и ЗОС», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Ермуханова Нуржамал Бахитжановна** – магистр, ст. преподаватель, Кызылординский государственный университет имени Коркыт ата, г. Кызылорда.

**Жакипов Нажмитден Берекелиулы** – PhD докторант кафедры электроэнергетики, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Жарасов С. С.** – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Захаров Игорь Вячеславович** – д.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Исабеков Д. Д.** – магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Исенов Султанбек Сансызбаевич** – к.т.н., и.о. доцента кафедры «Эксплуатация электрооборудования», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана.

**Кабылдина А. Ш.** – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Кайдар А. Б.** – менеджер, Павлодарский филиал АО «Казахэнергоэкспертиза», г. Павлодар.

**Калимбетов Б. Е.** – к.т.н., ст. преподаватель, ЮКГУ имени М. Ауезова.

**Камбаров Жарылкасын Камбарович** – к.т.н., профессор, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз.

**Камбаров Марат Ныгметович** – д.т.н., профессор, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз.

**Карманов Амангельды Ерболович** – магистр, ст. преподаватель, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Келисбеков Адильбек Казбекович** – магистр наук, ассистент кафедры «Промышленный транспорт» имени профессора А.Н. Даниярова», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда.

**Кибартас В. В.** – к.т.н., Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Кибартене Ю. В.** – к.т.н., Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Кинжибекова Акмарал Кабиденевна** – к.т.н., зав. кафедрой, Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар.

**Кислов Александр Петрович** – к.т.н., профессор, декан энергетического факультета, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Киушкина Виолетта Рафиковна** – к.т.н., зав. кафедрой «Электропривод и автоматизация производственных процессов» ТИ (ф) ФГАОУ ВПО, «Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова».

**Клецель М. Я.** – д.т.н., профессор, кафедра «Автоматизация и управление», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Копьрин В. С.** – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Крюкова Елена Викторовна** – докторант PhD при кафедре «Автоматизация и управление», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Павлодар.

**Кудерин Даулет Муратович** – студент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Липчанский Анатолий Алексеевич** – доцент кафедры «Транспорт и машиностроение», Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск.

**Мажикова Акжан Галымжановна** – магистрант кафедры Автоматизации и управления, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Марковский Вадим Павлович** – к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Маширапов Б. Е.** – докторант кафедры «Автоматизация и управление», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Мухаметшин Роман Романович** – магистрант электроэнергетики, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Науман Ольга Александровна** – инженер-программист отдела информатизации и управления, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Никифоров Александр Степанович** – д.т.н., профессор, зав. кафедрой, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Новожилов Александр Николаевич** – д.т.н., профессор кафедры «Автоматизация и управление», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Новожилов Тимофей Александрович** – аспирант на кафедре «ЭсПП», Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия.

**Нурғалиева Меруерт Серикбаевна** – Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз.

**Оразбекова Асем Камбаровна** – магистрант кафедры «Электроснабжение», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана.

**Ордабаев Сабыр Маратович** – магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Падруль Н. М.** – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Парамонов Ф. П.** – профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Павлодар.

**Приходько Евгений Валентинович** – к.т.н., доцент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Савостин Алексей Александрович** – к.т.н., Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск.

**Савостина Галина Владимировна** – магистр ТТ, Северо-Казахстанский государственный университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск.

**Сагидулла Даурен** – инженер, ГРЭС-2, г. Павлодар.

**Саканов Куандык Тимирович** – к.т.н., профессор, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева, г. Экибастуз.

**Сарбасова А. Е.** – магистрант, Жезказганский государственный университет имени И. Жансугирова, г. Талдыкорган.

**Сарлыбаева Л. М.** – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Сарсикеев Ермек Жасланович** – ассистент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», Томский политехнический университет.

**Сейтжанова Гульзира Талгатовна** – PhD докторант кафедры электроэнергетики, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Семенова Маргарита Кузьминична** – к.ф.-м.н., доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Сероокая В. Н.** - Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Сиваракиша Далида Маратовна** – к.т.н., доцент, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сагпаева, г. Экибастуз.

**Степанов Е. Ю.** – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Талипов О. М.** – Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Ташимова Алия Айтмахановна** – магистр наук, преподаватель кафедры, Кызылординский государственный университет имени Коркыт ага, г. Кызылорда.

**Толубаев Б. А.** – архитектурно-строительный факультет, кафедра «ПО и ЗОС», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Тулбаева Жанар Амангельдиновна** – старший преподаватель, кафедра теплоэнергетика, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Уахитов Ж. Ж.** – к.с.х.н., доцент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Уахитова Айгуль Ботановна** – к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Унайбаев Булат Булатович** – к.т.н., доцент, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сагпаева, г. Экибастуз.

**Унайбаев Булат Жарылганович** – ректор института, д.т.н, профессор, академик РАЕ, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сагпаева, г. Экибастуз.

**Утегулов Арман Болатбекович** – к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Утегулов Болатбек Бахитжанович** – д.т.н., профессор кафедры «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Хамитова Гульжазира Журсиналиевна** – заведующий кафедрой «Транспортные машины и стандартизация», Жезказганский университет имени О. А. Байконурова, г. Жезказган.

**Хамметова Жайнагуль Надировна** – к.т.н., доцент, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сагпаева, г. Экибастуз.

**Хацевский Владимир Филатович** – д.т.н., профессор кафедры автоматизации и управления, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

**Шапкенов Б. К.** – к.т.н., профессор, Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар.

**Шацева Анна Анатольевна** – старший преподаватель кафедры «Электропривод и автоматизация производственных процессов» ТИ (Ф) ФГАОУ ВПО, «Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова».

**Шонтаев Аскар Джаманбаевич** – магистр горного дела, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сагпаева, г. Экибастуз.

**Шонтаев Джаманбай Салькович** – к.т.н., доцент, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сагпаева, г. Экибастуз.

**Шорманова Кристина Жанабаевна** – преподаватель, Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сагпаева, г. Экибастуз.

**Яикина Айнаш Бахитжановна** – магистрант кафедры «Транспорта и машиностроения», Северо-Казахстанской университет имени М. Козыбаева, г. Петропавловск.

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА  
 («ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»,  
 «КРАЕВЕДЕНИЕ»)

1. В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям в 1 экземпляре, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с межстрочным интервалом 1,5, с полями 30 мм со всех сторон листа, электронный носитель со всеми материалами в текстовом редакторе «Microsoft Office Word (97, 2000, 2007, 2010) для WINDOWS».

2. Общий объем статьи, включая аннотацию, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы не должен превышать **8-10 страниц**.

3. Статья должна сопровождаться рецензией доктора или кандидата наук для авторов, не имеющих ученой степени. Для статей, публикуемых в журнале «Вестник ПГУ» химико-биологической серии, требуется экспертное заключение.

4. Периодичность издания журналов – два раза в год (№1 – с января по июнь; №2 – с июля по декабрь)

**Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:**

1. УДК по таблицам универсальной десятичной классификации;
2. Инициалы и фамилия (-и) автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках, абзац по левому краю;
3. Название статьи – на казахском, русском и английском языках, заглавными буквами жирным шрифтом, абзац по левому краю;
4. Резюме на казахском, русском и английском языках: кегль – 10 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 3 см, интервал 1,0 (см. образец);
5. Текст статьи: кегль – 14 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка).
6. Межстрочный интервал 1,5 (полупетерный);
7. Список использованной литературы (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Статья и список литературы должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.5-98; ГОСТ 7.1-2003 (см. образец).

**На отдельной странице**

**В бумажном и электронном вариантах приводятся:**

**– название статьи, сведения об авторе: Ф.И.О. полностью, ученая степень, ученое звание и место работы на казахском, русском**

**и английском языках (для публикации в разделе «Наши авторы» и «Содержание»);**

**– полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);**

1. Иллюстрации, перечень рисунков и подрисовочные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

2. Математические формулы должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

3. Автор просматривает и визирует грани статьи и несет ответственность за содержание статьи.

4. Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи. Рукописи не возвращаются. Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

5. Оплата за публикацию в научном журнале составляет **5000 (Пять тысяч) тенге**.

6. Статью (бумажная, электронная версии, оригинал квитанции об оплате) следует направлять по адресу:

**140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Издательство «Кереку», каб. 137.**

Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147), факс: 8 (7182) 67-37-05.

E-mail: [kereky@mail.ru](mailto:kereky@mail.ru)

**Наши реквизиты:**

РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654	РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654
АО «Цеснабанк» ИИК KZ57998FTB00 00003310 БИК TSESKZK A Кбе 16 Код 16 КНП 861	АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBKZZKX Кбе 16 Код 16 КНП 861

УДК 316:314.3

**А. Б. Есимова**

## **СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ КАК СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОГО МАТЕРИАЛА**

*В настоящей статье автор дает анализ отличительных особенностей репродуктивного поведения женщин сквозь призму семейно-родственных связей.*

На современном этапе есть тенденции к стабильному увеличению студентов с нарушениями в состоянии здоровья. В связи с этим появляется необходимость корректировки содержания учебно-тренировочных занятий по физической культуре со студентами, посещающими специальные медицинские группы в.....

*Продолжение текста публикуемого материала.*

*Пример оформления таблиц, рисунков, схем:*

Таблица 1 – Суммарный коэффициент рождаемости отдельных национальностей

	СКР, 1999 г.	СКР, 1999 г.
Всего	1,80	2,22

Диаграмма 1 – Показатели репродуктивного поведения

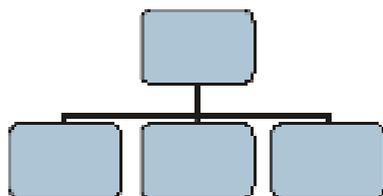
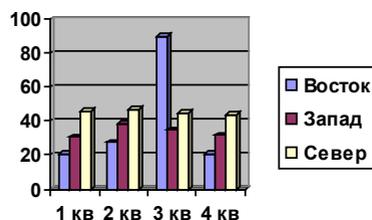


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

1 **Эльконин, Д. Б.** Психология игры [Текст] : научное издание / Д. Б. Эльконин. – 2–е изд. – М. : Владос, 1999. – 360 с. – Библиогр. : С. 345–354. – Имен. указ. : С. 355–357. – ISBN 5-691-00256-2 (в пер.).

2 **Фришман, И.** Детский оздоровительный лагерь как воспитательная система [Текст] / И. Фришман // Народное образование. – 2006. – № 3. – С. 77–81.

3 Антология педагогической мысли Казахстана [Текст] : научное издание / сост. К. Б. Жарикбаев, сост. С. К. Калиев. – Алматы : Рауан, 1995. – 512 с. : ил. – ISBN 5625027587.

*Место работы автора (-ов):*

Международный Казахско-Турецкий университет имени  
Х. А. Яссави, г. Туркестан.

*А. Б. Есимова*

**Отбасылық-туысты қатынастар репродуктивті мінез-құлықты жүзеге асырудағы әлеуметтік капитал ретінде**

Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық  
қазақ-түрік университеті, Түркістан қ.

*A. B. Yessimova*

**The family-related networks as social capital for realization of reproductive behaviors**

K. A. Yssawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan.

*Бұл мақалада автор Қазақстандағы әйелдердің отбасылық-туыстық қатынасы арқылы репродуктивті мінез-құлықты айырмашылықтарын талдайды.*

*In the given article the author analyzes distinctions of reproductive behavior of married women of Kazakhstan through the prism of the kinship networks.*

Теруге 09.12.2013 ж. жіберілді. Басуға 25.12.2013 ж. қол қойылды.  
Форматы 70x100 1/16. Кітап-журнал қағазы.  
Көлемі шартты 13,38 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.  
Компьютерде беттеген А. Елемескызы  
Корректорлар: Б.Б. Әубәкірова, Ә.Р. Омарова, Б.В. Нұрғожина  
Тапсырыс № 2163

Сдано в набор 09.12.2013 г. Подписано в печать 25.12.2013 г.  
Формат 70x100 1/16. Бумага книжно-журнальная.  
Объем 13,38 ч.-изд. л. Тираж 300 экз. Цена договорная.  
Компьютерная верстка А. Елемескызы  
Корректоры: Б.Б. Аубакирова, А.Р. Омарова, Б.В. Нургожина  
Заказ № 2163

«КЕРЕКУ» баспасы  
С. Торайғыров атындағы  
Павлодар мемлекеттік университеті  
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.  
67-36-69  
E-mail: [publish@psu.kz](mailto:publish@psu.kz)  
[kereky@mail.ru](mailto:kereky@mail.ru)