

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ,
АВТОМАТИЗАЦИИ, ИНФОРМАТИЗАЦИИ
И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В АПК**

**Сборник материалов
международной научно-технической конференции
(27-28 апреля 2019 г.)**

**БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ - КОКИНО
2019**

УДК 620.9:338.43 (06)

ББК 31:65.32

П 78

Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов международной научно-технической конференции (27-28 апреля 2019 г.). – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. – 281 с.

ISBN 978-5-88517-311-7

В сборнике отражены исследования, проводимые учеными Брянского ГАУ и других вузов РФ, Белоруссии, Литвы и Республики Молдова. Материалы рассчитаны на студентов, научных и инженерно-технических работников, занимающихся проблемами энергетики, автоматизации, информатизации и природопользования.

Редакционный совет:

Безик Д.А. – директор института энергетики и природопользования;

Безик В.А. – зав. кафедрой электрооборудования и автоматики;

Байдакова Е.В. – зав. кафедрой природопользования и водопользования;

Ракул Е.Н. – зав. кафедрой математики и физики;

Шустов А.Ф. – зав. кафедрой философии, истории и педагогики.

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии института энергетики и природопользования протокол №9 от 14 мая 2019 года.

ISBN 978-5-88517-311-7

© Брянский ГАУ, 2019

© Коллектив авторов, 2019

Содержание

Агафий В. И., Михайлов В. В., Падгурскас Ю., Андриусис А., Крейвайтис Р.
ПОВЫШЕНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ
СТАЛИ 04X18H10 МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ... 8

Агафий В. И., Михайлов В. В., Янакевич А. И.
УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ X18H9T
МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ
ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ 16

Ананькин А. А., Андреев И. В., Асташенко Н. Ю.
АНАЛИЗ ПОТЕРЬ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С ДУГОВЫМИ
ЛАМПАМИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ 19

Байдакова Е. В.
МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАЖНОСТИ,
ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ 24

Байдакова Е. В., Лабуз Д. В.
РАДИАЦИОННЫЙ ФОН ВОДОСБОРОВ И АНАЛИЗ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ..... 27

Безик В. А., Белькевич А. Р.
К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНО РЕГУЛИРУЕМОГО
ЭЛЕКТРОПРИВОДА В ТЯГОДУТЬЕВЫХ МЕХАНИЗМАХ..... 31

Безик Д. А., Бычкова Т. В., Кулаков Д. Д., Лантушкин А. А.
РАЗРАБОТКА УСИЛИТЕЛЯ ДЛЯ ИМПЕДАНСНОЙ
СПЕКТРОСКОПИИ ПОЧВ..... 35

Бобанова Ж. И., Петренко В. И., Кроитору Д. М.
ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ СПЛАВОВ Co-W
ИЗ ГЛЮКОНАТНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ 40

Бояркин Д. А., Зверева Л. А.
ОПТИМИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕННЫХ
ЗЕМЕЛЬ СВАЛКАМИ ТБО БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ..... 45

Бычкова Т. В., Рыжик В. Н.
МАКСИМАЛЬНАЯ ω -ЛОКАЛЬНАЯ ПОДФОРМАЦИЯ
И ЕЕ МИНИМАЛЬНЫЙ ω -ЛОКАЛЬНЫЙ СПУТНИК 50

Вовасов Д. А., Поздняков А. А., Фиц Д. П. МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАЖНОСТИ, ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ	53
Воронин А. А., Курченков Д. А., Пархомчук А. И., Белков И. А. СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	56
Воронин А. А., Бухтояров А. И., Величко И. А., Данилин Н. А. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ С АСИНХРОННЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ	64
Грунтович Н. В., Никитин А. М., Прохоренко М. А., Пушкарев Р. В. ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО СПЕКТРАМ ВИБРАЦИИ	69
Гурьянов Г. В., Первушов Д. И. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ.....	75
Жиряков А. В., Гулик Г. Н., Котляров Е. А., Ходин Д. В. РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ С ПОМОЩЬЮ FREEFEM++	80
Жиряков А. В., Макаров А. С., Романенко С. В., Романченко С. В. ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АСКУЭ	86
Иванюга М. М., Завьялов И. С., Лапик П. В., Матюшкин А. Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СЕТЕЙ.....	91
Кирдищев Д. В., Давыдов А. М., Сынков А. А., Кузин И. В. ПРЕДОХРАНИТЕЛИ. РАСЧЕТ И ВЫБОР.....	95
Кирдищев Д. В., Полухин А. Г., Ковалев А. И., Петроченко А. В. ВОПРОСЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ АПК.....	101
Кисель Ю. Е., Ивашкин Ю. А., Симохин С. П., Обозов А. А. ВЛИЯНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ НА МИКРОТВЁРДОСТЬ ЖЕЛЕЗНЫХ ПОКРЫТИЙ	106
Кисель Ю. Е., Мурачев С. А., Бухрис С. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ НАСОС-ФОРСУНОК ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ГАЛЬВАНИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ	111

Кисель Ю. Е., Ивашкин Ю. А., Симохин С. П., Обозов А. А. ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЛИЗА НА ТОНКУЮ СТРУКТУРУ ПОКРЫТИЙ.....	114
Кисель Ю.Е., Ходин Д.М., Цыпичев Д.А., Цыпичев А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ ООО «МИРОТОРГ».....	117
Ковалев В. В., Давыдов А. М., Подгаецкий А. А., Кузин И. В. ОСОБЕННОСТИ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ.....	123
Ковалев В. В., Гурулев В. С., Олонцев А. В., Шауро В. А. СПОСОБ УЧЕТА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ.....	128
Коршунов В. Я. МЕХАНИКО-ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ АБРАЗИВНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ НАПЛАВЛЯЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ	133
Кубаткина О. В., Сафронов К. А. СТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ.....	139
Осадчая О. А. ПРОБЛЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ	145
Панов М. В., Панова Т. В., Лихварь И.С., Финогенова Т.Н. ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ В МБДОУ ДС №116 «СВЕТЛЯЧОК» Г.БРЯНСКА	150
Панов М. В., Панова Т. В. УТИЛИЗАЦИЯ ДРЕВЕСНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАЛОГАБАРИТНОЙ УСТАНОВКИ	153
Петракова Н. В. ПОСТРОЕНИЕ ЭМПИРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ АППРОКСИМАЦИИ ДАННЫХ В MICROSOFT EXCEL	156

Петракова Н. В. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИНФОРМАТИКИ С ЦЕЛЬЮ ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ.....	163
Пенюков Н. В., Зверева Л. А. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ.....	166
Ракул Е. А. ПРИМЕНЕНИЕ ОБОБЩЕННОЙ ФУНКЦИИ ЖЕЛАТЕЛЬНОСТИ ХАРРИНГНОНА ПРИ РЕШЕНИИ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ.....	170
Ракул Е. А., Матюшкин А. Н. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	174
Рыжик В. Н. К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ЭКСПЕРТНОМ АНАЛИЗЕ	179
Свидерский А. А. АКСИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛИТИКИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ	184
Чепурко Д. А., Чухов Е. Н. ВОДООТВЕДЕНИЕ НА ПОЛИГОНАХ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ	190
Черненкова И. И. О РАЗВИТИИ УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ У СТУДЕНТОВ АГРАРНОГО ВУЗА В ПРОЦЕССЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ	194
Шкурпело А. И., Михайлов В. В. ВЛИЯНИЕ ИЗОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ ПРОЦЕССОВ МАССОПЕРЕНОСА И ТРЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ СУБСТРУКТУРЫ ОСНОВЫ ОБРАЗЦА.....	200
Широбокова О. Е., Кирдищев Д. В., Новиков И. С., Первушов Д. И. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ	215

Широбокова О. Е., Якуткина И. В. ЛЕЧЕБНОЕ ДЕЙСТВИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА	218
Широбокова О. Е., Черненко И. И., Чебан Г., Полухин А. Г. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ КОМПЕНСАТОРЫ (РЕЗОНАТОРЫ) ДЛЯ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ.....	222
Широбокова О. Е., Лягин Д. В., Шаповалов А. А., Шестопапов Д. Н. О ВАЖНОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ БАЛАНСОВ	226
Шустов А. Ф. ОРУДИЙНЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЕГО СОЦИОКУЛЬТУРНАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ	230
Шустов А. Ф. СОЦИАЛЬНО-ЭТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	237
Яковенко Н. И., Комаров Д. С., Марин И. М., Майстренко С. А. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СЕТЕЙ.....	242
Яковенко Н. И., Скрипин В. Н., Саулин А. Ю., Сенин Ю. Ю. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ.....	246
Булыгин З. С., Капшукова Д. С., Кожурин Д. А. ПРИМЕНЕНИЕ ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ ПОЧВ	251
Яковенко Н. И., Комаров Д. С., Майстренко С. А., Ситников С. В. О КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ	264
Яковенко Н. И., Иванюга М. М., Завьялов И. С., Бурда И. А. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ	270
Яковенко Н. И., Марин И. М., Цыпичев Д. А., Цыпичев И. А. РЕАКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ.....	277

Агафий Василий Иванович

старший научный сотрудник

Института Прикладной Физики, Academiei, str.5, MD- Chişinau, Moldova.

Михайлов Валентин Владимирович

ведущий научный сотрудник

Института Прикладной Физики, Academiei, str.5, MD- Chişinau, Moldova.

Падгурскас Юозас,

завед. лаборат.

Института силовых и транспортных машин, Университет им. Александрас

Стульгинскис, Студенту 15, Академия, LT-53362 Каунасский р-н, Литва

Андриусис Албинас,

старший преподаватель,

Института силовых и транспортных машин, Университет им. Александрас

Стульгинскис, Студенту 15, Академия, LT-53362 Каунасский р-н, Литва

Крейвайтис Раймондас,

старший преподаватель

Института силовых и транспортных машин, Университет им. Александрас

Стульгинскис, Студенту 15, Академия, LT-53362 Каунасский р-н, Литва

ПОВЫШЕНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ 04X18N10 МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

Аннотация. Изучено влияние электроискрового легирования нержавеющей стали 04X18N10 электродами из молибдена, хрома и твердого сплава T15K6 на ее трибологические свойства. Все покрытия при нагрузке 100 Н увеличивали износостойкость стали на несколько порядков. Однако молибденовые покрытия снижали скорость износа стали при нагрузке 100 Н более чем на три порядка, а при нагрузке 200 Н - более чем на четыре порядка. Отмечено, что с увеличением нагрузки увеличивался коэффициент трения и скорость износа всех покрытий. Установлено, что шероховатость всех легированных покрытий после трибологических испытаний снизилась, а стали без покрытия увеличивалась более чем в 45 раз. Показано, что молибденовые покрытия способствовали самому большому упрочнению поверхности стали 04X18N10 (в результате образования интерметаллидов молибдена) и изменению механизма износа стали.

Ключевые слова: нержавеющая сталь, электроискровое покрытие, объемный износ, коэффициент трения, шероховатость, микротвердость.

IMPROVING OF THE TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF 04Cr18Ni10 STAINLESS STEEL BY ELECTROSPARK ALLOYING METHOD

V. Agafii, V. Mihailov, J. Padgurskas, A. Andriušis, R. Kreivaitis

Abstract. The effect of electrospark alloying of 04Cr18Ni10 stainless steel with molybdenum, chromium and T15K6 hard alloy electrodes on its tribological properties is studied. All coatings with a load of 100 N increased the wear resistance of steel by several orders of magnitude. However, molybdenum coatings reduced the wear rate of steel under a load of 100 N by more than

three orders of magnitude, and under a load of 200 N - more than four orders of magnitude. It is noted that with increasing load, the friction coefficient and the wear rate of all coatings increased. It was established that the roughness of all alloyed coatings after tribological tests decreased, and that of uncoated steel increased more than 45 times. It is shown that molybdenum coatings contributed to the greatest hardening of the surface of steel 04Cr18Ni10 (because of the formation of molybdenum intermetallic compounds) and to a change in the mechanism of steel wear.

Keywords: stainless steel, electrospark coating, volumetric wear, coefficient of friction, roughness, microhardness.

Введение. Известно, что аустенитные нержавеющие стали обладают низкими трибологическими свойствами, следовательно, они не могут быть использованы в парах трения без предварительной обработки, направленной на упрочнении поверхности. Один из методов упрочнения рабочих поверхностей деталей является электроискровое легирование, который имеет ряд преимуществ перед другими методами. Он обеспечивает высокую адгезию наносимых слоев с подложкой, простота технологии и оборудования, возможность депонирования любого проводящего материала и т.д.

Методика эксперимента. Для улучшения эксплуатационных свойств нержавеющей стали 04X18H10 она подвергалась электроискровому легированию (ЭИЛ) на промышленной установке ЭФИ-10М с электрической энергии разряда 0,3–1,0 Дж. Прутки диаметров 4 – 6 мм из чистого хрома, молибдена и твердого сплава Т15К6 использовались в качестве электродов для легирования. На поверхности стали также наносились и комбинированные покрытия (молибден + хром): наносилось покрытие из молибдена с последующего нанесения на него покрытия из хрома. Трибологические испытания покрытий проводились с использованием модернизированной машины для испытания материалов на трение и износ СМЦ-2 в лабораторию трибологии Университета Александрас Стулжинскис (Литва).

В качестве образцов были использованы специальные сегменты из нержавеющей стали 04X18H10. Сегмент с покрытием (с плоской рабочей поверхности шириной 10 мм) работал в паре с диском ($D=35\text{mm}$) из закаленной нержавеющей стали 30X13 (HRC 42-45). Диск вращался при 600 об/мин. Все покрытия были испытаны при нагрузках 100 и 200 Н в моторном масле 10W-40 до достижения пути трения в 30000 м. При каждой нагрузке испытывали по два образца для каждого покрытия. Износ образцов определялся методом взвешивания на электронных весах с точностью до 0,1 мг. После определялся объемный износ по формуле $U_v=U/d$, см^3 , где U – износ покрытия в граммах, d – плотность покрытия в г/см^3 . Во время испытания на трение и износ по специальной программе все время записывались в компьютере коэффициент трения и длина пройденного пути пары трения. Состояние поверхности было исследовано с использованием оптического микроскопа NICON ECLIPSE MA-100, а шероховатость была исследована с использованием профилометра Mahr GD25. Микротвердость покрытий до и после испытаний определялась на микротвердомере ПМТ-3.

Результаты исследований и их обсуждение. Установлено, что при нагрузке 100 Н самый низкий объемный износ имели электроискровые по-

крытия из молибдена ($U_v=98 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^3$), а самый высокий объемный износ – покрытия из твердого сплава Т15К6 ($U_v=482 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^3$) (рис.1). Объемный износ стали 04Х18Н10 без покрытия был на три порядка больше ($U_v=211 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^3$), чем стали 04Х18Н10 с покрытием из молибдена.

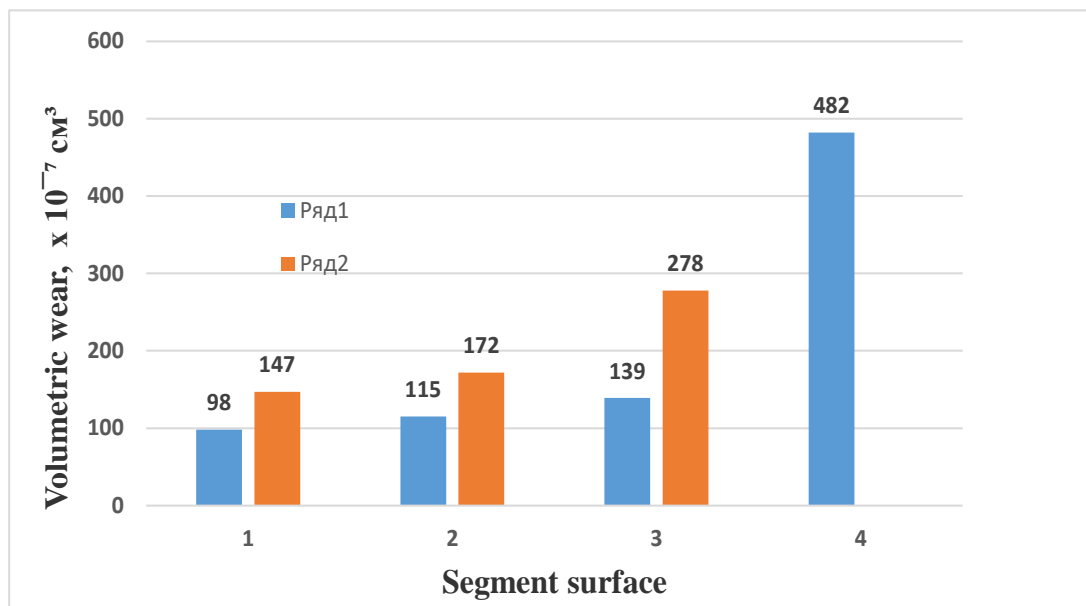


Рисунок 1. Объемный износ сегментов с различными покрытиями: 1 – Мо; 2 – Мо + Cr; 3 – Cr; 4 – Т15К6. Ряд 1 – нагрузка 100 Н; ряд 2 – нагрузка 200 Н.

На рисунке 2 представлены кривые изменения коэффициента трения при прохождении первых метров пути трения. Видно, что пара трения сталь 04Х18Н10–сталь 30Х13 с первых секунд тестирования имеет самый большой коэффициент трения – $f=0.2$. Нужно отметить, что в начале трибологических испытаний, диск из стали 30Х13 контактирует с плоской поверхности сегмента

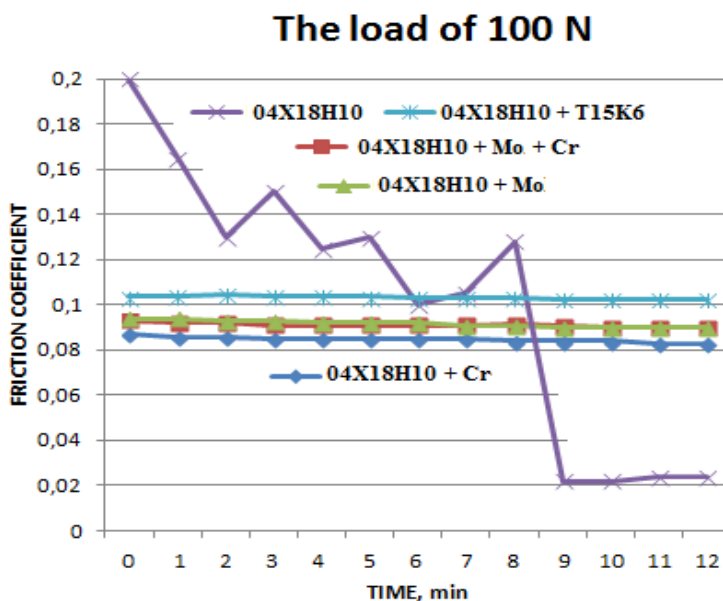


Рисунок 2. Изменение коэффициента трения в первые минуты испытания покрытий

по линии. Следовательно, в контакте создается высокое давление, что приводит к высокой силе трения в контакте пары трения. Однако после 9 минут коэффициент трения снижается до 0.022, и остается на протяжении всего эксперимента самым низким (смотреть и рис. 3). Это показывает на то, что пара трения больше всего изнашивалась за эти 9 минут, когда практически работала в режиме задира. После того, как поверхность контакта увеличивалась более чем в пять раз, и давление на контакте соответственно уменьшалось, и естественно снизился и коэффициент трения до 0,022.

Установлено, что при нагрузке 100 Н диски из закаленной стали 30X13 при работе с покрытиями изнашивались от ≈ 3 до ≈ 13 раз меньше, чем при работе со сталью 04X18H10 без покрытия. Очевидно, это тоже связано с периодом, когда диск работает со сталью в режиме задира.

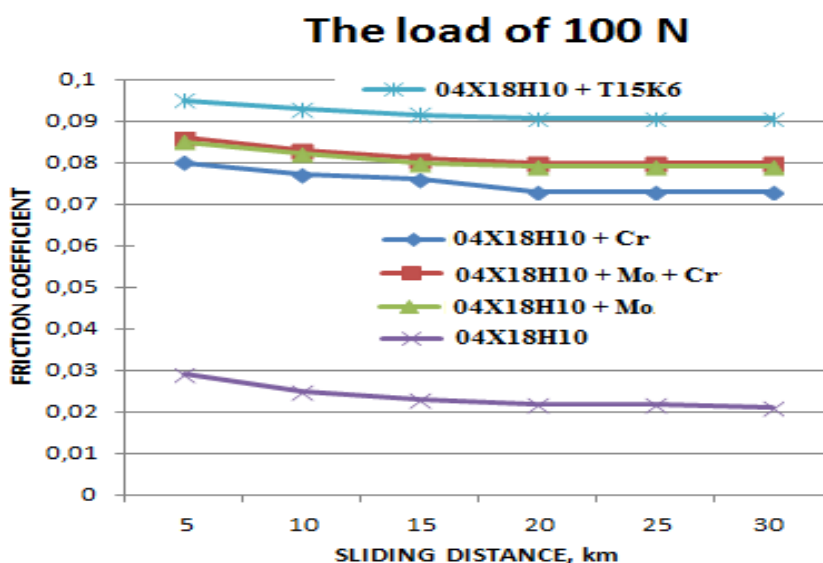


Рисунок 3. Изменение коэффициента трения покрытий от пройденного пути трения.

Изучение микрофотографий поверхностей трения дисков и сегментов из стали без покрытия, показало, что адгезионный и абразивный механизм изнашивания для этих поверхностей являются основными. Наглядно это представлено на микрофотографиях (рис. 4), где хорошо заметны много вырывов и глубоких абразивных канавок, как на поверхности трения сегмента из стали 04X18H10 без покрытия (рис. 4a), так и на поверхности диска из стали 30X13 (рис. 4b).

При изучении данных таблицы 1, видно, что в исходном состоянии покрытия из молибдена обладают самой большой микротвердостью. Мы предполагаем, что в процессе электроискрового легирования молибденом стали 04X18H10 образуются интерметаллиды молибдена, которые упрочняют поверхность стали. В процессе трения покрытия из хрома и комбинированные покрытия из молибдена + хром упрочняются, т.е. они пластически деформируются. Только покрытия из молибдена в процессе трения разупрочняются, что благоприятно воздействует на процесс трения и износа этих покрытий.

Как было показано ранее в работах [1-4], при разупрочнении стали в небольшом диапазоне количество дислокаций уменьшается, и износостойкость материала увеличивается. То же самое и при упрочнении металла в определенном диапазоне, износостойкость металла также увеличивается.

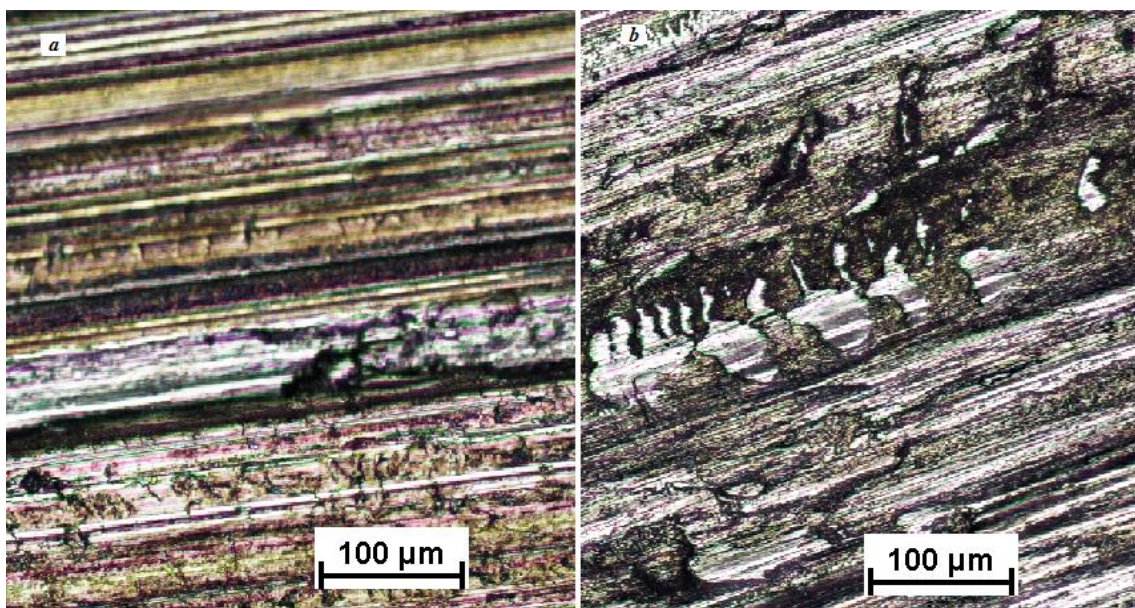


Рисунок 4. Микрофотографии поверхности трения сегмента из стали 04X18H10 без покрытия (а) и диска из стали 30X13 (б) после прохождения 30000 м пути трения при нагрузке 100 Н.

Таблица 1. Микротвердость покрытий до и после трибологических испытаний

№ п./п.	При каких условиях определялась	Микротвердость покрытий Н _μ , МПа (при 0.49 Н)				
		Сталь 04X18H10 + Мо	Сталь 04X18H10 + Мо + Cr	Сталь 04X18H10 + Мо	Сталь 04X18H10 + Т15К6	Сталь 04X18H10 без покрытия
1.	Исходное состояние	3508	6124	7918	5292	3058
2.	После испытаний при нагрузке 100 Н	4327	6309	7832	7958	3528
3.	После испытаний при нагрузке 200 Н	4900	6978	6919	-	-

Покрyтия из твердого сплава Т15К6 изнашивались больше, чем остальные покрyтия. Это могло произойти из-за того, что твердосплавные покрyтия Т15К6 не имели хорошую сплошность по всему сегменту и в результате этого микротвердость поверхности была ниже возможной и коэффициент трения был самым высоким из всех покрyтий (рис. 2 и 3). Кроме того, отделявшиеся маленькие частицы износа твердого сплава интенсивно изнашивали диск из стали

30X13 таким образом, что его износ был в 2,13 раза больше, чем износ диска, испытанного сегментом, легированным молибденом.

Как видно из рисунка 1 при увеличении нагрузки в два раза, увеличивается износ покрытий в 1,5÷2 раза, а износ стали 04X18H10 в 10 раз. Также увеличивается и коэффициент трения для всех покрытий (рис. 6 и 7).

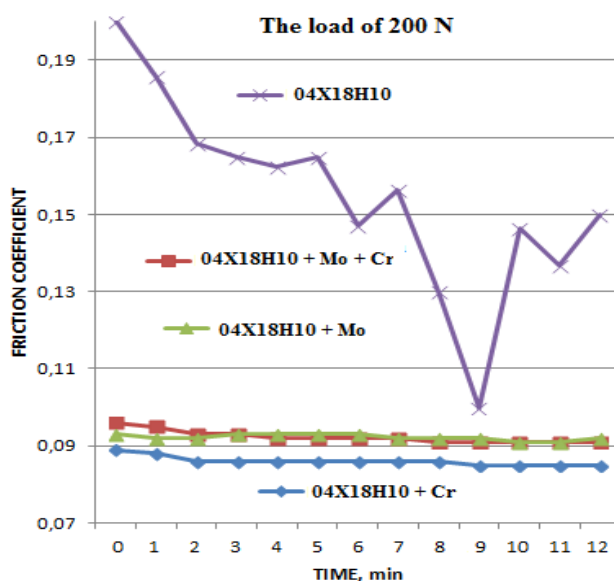


Рисунок 6. Изменение коэффициента трения в первые минуты испытания покрытий

Определено, что для покрытий из твердого сплава T15K6 нагрузка 200 Н является критической. При этой нагрузке коэффициент трения возрастает до 0.2-0.25 и покрытие быстро разрушается.

Установлено, что шероховатость поверхностей трения покрытий в процессе трения и изнашивания уменьшается, а стали 04X18H10 без покрытия увеличивается в ≈30 раз при нагрузке 100 Н и в ≈45 раз при нагрузке 200 Н (таб. 2).

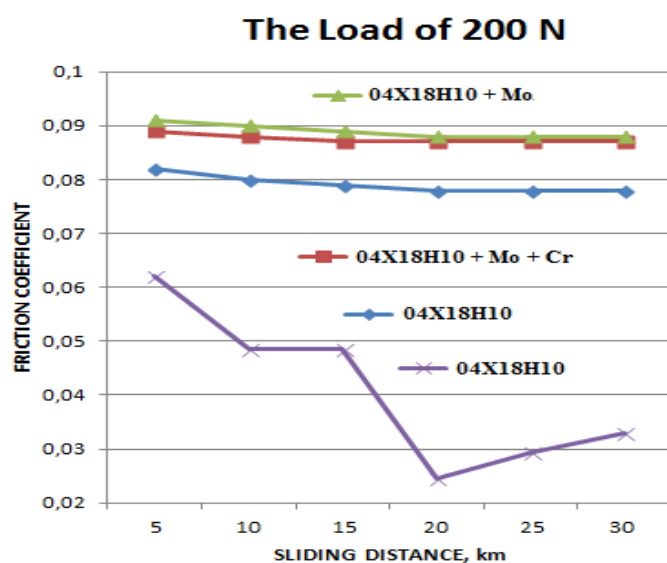


Рисунок 7. Изменение коэффициента трения покрытий от пройденного пути трения

Таблица 2. Вариация параметров шероховатости (R_a , R_z , и R_{max}) электроискровых покрытий до и после трибологических испытаний

№ п/п	Композиция покрытий	Исходная шероховатость покрытий, μm			Шероховатость покрытий по- сле 30000 м пути трения, μm		
		R_a	R_z	R_{max}	R_a	R_z	R_{max}
Эксперименты проводились при нагрузке 100 Н							
1.	Покрытие из хрома	4,9	23,61	32,83	4,2	19,84	28,12
2.	Комбинированное по- крытие Мо + Cr	5,95	27,16	37,94	5,35	25,23	32,16
3.	Покрытие из молибдена	4,23	22,78	27,33	3,95	20,52	27,01
4.	Покрытие из твердого сплава Т15К6	4,64	23,28	35,28	3,21	18,02	23,78
5.	Сталь 04Х18Н10 без покрытия	0,08	0,94	1,49	2,38	14,15	20,94
Эксперименты проводились при нагрузке 200 Н							
1.	Покрытие из хрома	4,93	23,84	33,92	3,17	17,33	25,22
2.	Комбинированное по- крытие Мо + Cr	6,08	29,63	42,62	5,23	26,29	34,9
3.	Покрытие из молибдена	4,22	20,79	27,12	3,71	19,87	22,57
4.	сталь 04Х18Н10 без покрытия	0,08	0,94	1,49	3,64	18,44	21,62

На рисунке 8 представлены микрофотографии поверхностей трения сегментов из нержавеющей стали 04Х18Н10 с различными покрытиями (после прохождения 30000 м пути трения при нагрузке 200 Н). Изучая эти микрофотографии, видно, что покрытие из молибдена и комбинированное покрытие из молибдена + хром работали легко в процессе трения и изнашивания (поверхности являются гладкими без следов высоких деформаций) (рис. 8a и 8b). Однако в очень тяжелых условиях работала сталь 04Х18Н10 без покрытия (рис. 8d). Видно, что адгезионный и абразивный механизм изнашивания для этой поверхности являются основными. Кроме того, поверхность сильно деформирована, видны маленькие трещины, которые показывают на усталостный механизм изнашивания. В процессе трения поверхность покрытия из хрома (рис. 8c) упрочняются больше всех – на 1392 МПа (табл. 1). Очевидно, поверхностные слои этого покрытия претерпевают большие пластические деформации. Однако они способствовали уменьшению шероховатости поверхности (табл. 2), увеличению площади контакта, что способствовало уменьшению интенсивности изнашивания.

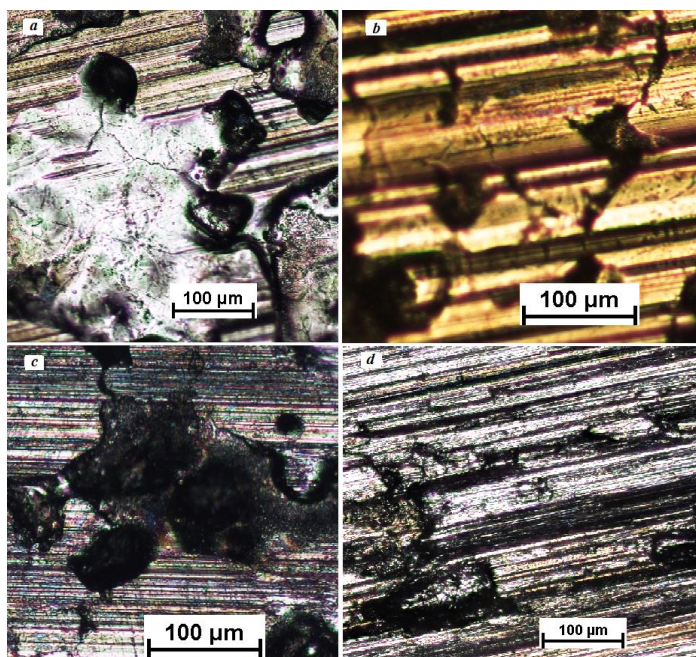


Рисунок 8. Микрофотографии поверхностей трения сегментов из нержавеющей стали 04X18N10 с различными покрытиями (после прохождения 30000 м пути трения при нагрузке 200 Н): а – покрытие из молибдена, б – комбинированное покрытие из молибдена + хром, с – покрытие из хрома, д – нержавеющая сталь 04X18N10 без покрытия

Выводы. Показано, что при нагрузке 100 Н все электроискровые покрытия повышали износостойкость нержавеющей стали, а при нагрузке 200 Н все покрытия, кроме покрытия из Т15К6. Установлено, что молибденовое покрытие (в этих условиях испытаний) максимально повышало износостойкость стали 04X18N10 - более чем на три порядка. Высокая износостойкость покрытий из молибдена обусловлено образованием интерметаллидов молибдена на поверхности стали в процессе нанесения покрытий, которые способствуют изменению механизма износа нержавеющей стали 04X18N10.

Список литературы

1. Поверхностная прочность металлов при трении / под ред. Б.И. Костецкого. Киев: Техника, 1976. 292 с.
2. Рыбакова Л.М., Куксенова Л.И. Структура и износостойкость металлов. М.: Машиностроение, 1982. 212 с.
3. Костецкий Б.И., Н.Ф. Колесниченко. Качество поверхности и трение в машинах. Киев: Техніка, 1969. 216 с.
4. Алексеев Н.М., Крагельский И.В., Шапиро А.М. Особенности пластического течения металлов при трении и их влияние на процессы трения и изнашивания // Трение и износ. 1983. Т.4, № 3. С. 389-397.

Агафий Василий Иванович
старший научный сотрудник
Института Прикладной Физики, Academiei, str.5, MD- Chişinău, Moldova
Михайлов Валентин Владимирович
ведущий научный сотрудник
Института Прикладной Физики, Academiei, str.5, MD- Chişinău, Moldova
Янакевич Анатолий Иванович
научный сотрудник
Института Прикладной Физики, Academiei, str.5, MD- Chişinău, Moldova

УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ X18N9T МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

Аннотация. В этой работе мы представляем результаты использования метода электроискрового легирования для улучшения износостойкости и долговечности нержавеющей стали X18N9T, применяемой в пищевой промышленности. Показано, что наибольшая износостойкость достигается электроискровым легированием стали твердым сплавом T15K6 и бронзой BrOF6,5-0.15 и формированием двухслойного покрытия T15K6 + BrOF6,5-0.15. Технология повышения износостойкости стали X18N9T внедрена на Оргеевском консервном заводе "ORHEI-VIT" (Республика Молдова) для упрочнения валов мешалки аппарата для консервирования фруктовых пюре.

Ключевые слова: электроискровое легирование, нержавеющая сталь, износ, коэффициент трения.

STRENGTHENING OF THE SURFACE OF Cr18Ni9Ti STAINLESS STEEL BY ELECTROSPARK ALLOYING METHOD WITH THE PURPOSE OF INCREASING ITS WEAR RESISTANCE

V. Agafii, V. Mihailov, A. Ianachevici

Abstract. In this study, we represent the results of using the electrospark alloying method to improve the wear resistance and lifetime of friction pairs of stainless steel Cr18Ni9Ti applied in the food processing industries. It is shown that the highest wear resistance is achieved by the electrospark alloying of steel with hard alloy T15K6 and the BrOF6,5-0.15 bronze and through the formation of a two-layer coating of T15K6 + BrOF6,5-0.15. The technology for improving the wear resistance of steel Cr18Ni9Ti has been introduced at the Orhei cannery "ORHEI-VIT" (Republic of Moldova) for hardening the stirrer shafts of the apparatus for canning the pureed fruit.

Keywords: electrospark alloying, stainless steel, wear, coefficient of friction

Известно, что срок службы машин напрямую зависит от надежности и износостойкости узлов трения, в первую очередь, от несущей способности поверхностей деталей, которая определяется качеством поверхностного слоя.

На предприятиях пищевой промышленности детали машин и механизмов, которые в процессе работы соприкасаются с продуктами питания изготавливаются из нержавеющей сталей, в частности, из аустенитных сталей X18N9T 12X18N10T и др. Однако трибологические свойства этих сталей

весьма низки [1] и по этой причине не могут работать в узлах трения без их дополнительного поверхностного упрочнения. В связи с этим формирование на этих сталях поверхностных слоев с высокими трибологическими характеристиками является актуальной задачей.

Одним из перспективных методов поверхностного упрочнения металлов является электроискровое легирование (ЭИЛ) [2], которое имеет ряд преимуществ в сравнении с традиционными способами упрочнения металлизацией, наплавкой, плазменным напылением и др. Среди этих преимуществ отметим высокую сцепляемость нанесенного материала с основой, отсутствие нагрева деталей во время обработки, а также простоту оборудования и технологии реализации процесса. С учетом этого была поставлена задача разработать на базе ЭИЛ технологию формирования на узлах трения из нержавеющей стали X18H9T поверхностных слоев с высокими трибологическими свойствами. С этой целью проводился выбор материалов обрабатывающих электродов и оптимизировались энергетические (энергия электрических импульсов и их частота следования) и технологические (геометрическая форма, размеры и вид движения обрабатывающего электрода: вибрация или вращение) параметры.

В качестве электродов для ЭИЛ использовались прутки длиной 40 мм и диаметром 4 мм из твердого сплава T15K6, BK8, а также бронзы БрОФ6,5-0,15.

Предварительные результаты показали, что слои хорошего качества с толщиной $\sim 0,1$ мм и сплошностью $\sim 98\%$ получаются при энергии электрических импульсов в пределах 0,6-1,0 Дж и частоте следования 250 Гц при сложном движении обрабатывающего электрода (вращение + вибрация).

Для оценки износостойкости покрытий, полученных на стали X18H9T при ЭИЛ указанными материалами проводились испытания на машине трения возвратно-поступательного типа при средней скорости скольжения подвижного образца 0,0675 м/с. Тестирование проводили в два этапа. На первом осуществляли приработку контртела и исследуемой поверхности. Ее проводили в течение десяти часов испытаний с изменяющейся нагрузкой от 2 до 9 кгс. При этом приработка при начальной и конечной нагрузках осуществлялась в течение двух часов, а при промежуточных нагрузках – в течение часа. Все тесты проводились в вазелиновом масле. Износ за приработку определяли через 10 часов. Во время испытания, легированный образец, который скользил в течение 20 часов, проходил путь трения в 4860 метров.

Износ образцов через 20 часов определялся на аналитических весах АДВ-200 с точностью до 0,1 мг. После каждого цикла трибологического испытания состоящего из двадцати часов нагрузку увеличивали на 44 Н. Покрытия наносились на образцы специальной формы с рабочей шириной 3 мм и рабочей длиной 48 мм. Контртелом служили пластины из закаленной стали 45 (HRC58), толщиной 3 мм.

Испытания показали, что нержавеющая сталь X18H9T без покрытия имеет самый высокий износ и при нагрузке 78,4 Н уже наблюдались первые признаки задиров (рис.). При этом коэффициент трения имел значение порядка 0,65. Самый низкий коэффициент трения, равный 0,11, показали покрытия из бронзы БрОФ6,5-0,15, вплоть до нагрузки 220,5 Н. Для сокращения времени

приработки в некоторых случаях, на предварительно сформированное покрытие из твердого сплава Т15К6, дополнительно наносилась бронза, которая будучи более пластичной, заполняла не сплошные участки и в целом способствовала уменьшению шероховатости поверхности. Как видно из рисунка эти покрытия (Т15К6 + БрОФ6,5-0,15) показали самую высокую износостойкость.

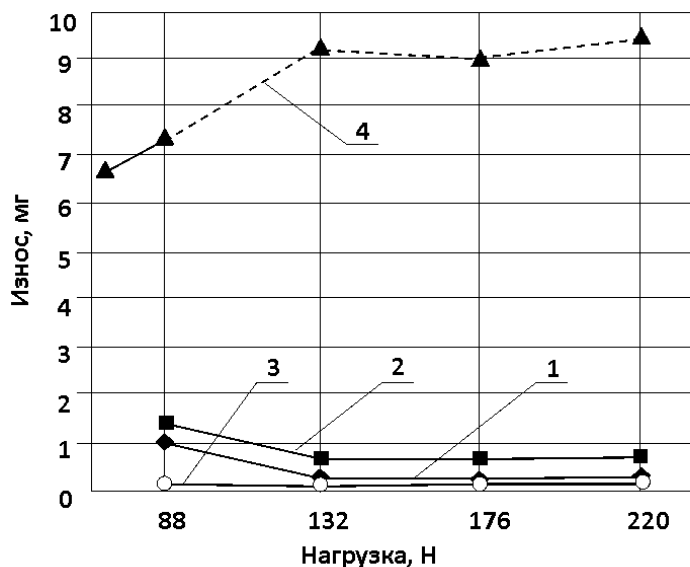


Рисунок 1. Зависимость износа стали X18H9T с различными покрытиями от нагрузки: 1 – покрытие из твердого сплава Т15К6; 2 – покрытие из бронзы; 3 – покрытие из твердого сплава Т15К6 + бронза; 4 – X18H9T без покрытия

На основании полученных результатов испытаний на износостойкость данная технология применялась при упрочнении узлов трения валов из стали X18H9T для мешалок аппарата марки АП-250-SR-150 итальянского производства для розлива фруктовых пюре на Оргеевском консервном заводе “ORHEI-VIT” (Молдова).

Перед установкой в аппарат для розлива покрытые поверхности трения, с целью снижения шероховатости, подвергались финишной обработке – поверхностно-пластическому деформированию (ППД) стальным шариком с последующей притиркой, которые обеспечивали чистоту поверхности с параметром $R_a = 0,32$ мкм.

Эксплуатация валов с покрытием из Т15К6+бронза БрОФ6,5-0,15 в течение 18 месяцев подтвердила его высокую надежность, что свидетельствует о высокой эффективности метода электроискрового легирования для повышения износостойкости узлов трения из нержавеющей пищевых сталей типа X18H9T.

Список литературы

1. Виноградов В.Н., Сорокин Г.М. Износостойкость сталей и сплавов: учебное пособие для вузов. М.: Нефть и газ, 1994.
2. Электроискровое легирование металлических поверхностей / А.Е. Гитлевич, В.В. Михайлов, В.М. Ревуцкий, Н.Я. Парканский; под ред. акад. АН МССР Ю.Н. Петрова. Кишинев: Изд-во «Штиинца», 1985.

Ананькин Александр Александрович
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Андреевко Иван Владимирович
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Асташенко Николай Юрьевич
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ С ДУГОВЫМИ ЛАМПАМИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Аннотация. В работе представлены результаты исследования дополнительных потерь энергии в сети 0,38 кВ, обусловленных нелинейным характером нагрузки осветительных установок с дуговыми лампами типа ДРЛ. Дополнительные потери определялись путем проведения теоретических и экспериментальных исследований. Измерение гармонического состава токов и напряжений в схемах включения лампы ДРЛ-400 со стандартным ПРА производилось цифровым осциллографом АКПП-4107/2. Дополнительные потери мощности могут достигать 8% от мощности одной лампы в 3-х фазной сети и будут значительно превышать это значение при более длинных проводах и большем количестве ламп.
Ключевые слова: потери, ток, напряжение, гармоника, лампа, дуга, мощность

LOSS ANALYSIS IN ELECTRIC CIRCUITS WITH HIGH-PRESSURE ARC LAMPS

A.A. Anankin, I.V. Andreenko, N. Yu. Astashenko

Annotation. The results the study of extra energy losses in the circuit 0.38 kV due to the non-linear nature of the load of lighting system with arc lamps of DRL type have been presented in the work. The extra losses were defined by means of theoretical and experimental studies. The measurements of the harmonic content of the currents and voltages in the switching-on schemes of the lamp with standard and flat regulating apparatus was carried out by a digital oscilloscope АКПП-4107/2. The power losses may reach 8% from one lamp in three-phase network, and will exceed this value significantly with longer cables and more lamps.
Keywords: losses, current, voltage, harmonic, lamp, arc, power

В однофазной электрической сети синусоидального тока с разрядными лампами, работающими с токоограничивающими балластами - индуктивными дросселями с ферромагнитным стальным сердечником, возникает периодический несинусоидальный ток, который служит причиной появления несинусоидального напряжения в сети. В силу симметрии относительно оси абсцисс, несинусоидальный ток содержит лишь нечётные гармоники с частотами 50 Гц ($n=1$), 150 Гц ($n=3$), 250 Гц ($n=5$) и т.д.

Источником реактивной мощности в данных сетях является индуктивность дросселей, а возникающие гармоники несинусоидального тока являются причиной появления в сети переменного несинусоидального тока мощности искажений.

Таким образом, непроизводительные потери в однофазной сети с разрядными лампами связаны с двумя причинами: наличием в сети реактивной мощности и мощности искажений [1], вызванной нелинейностью нагрузки. Полную мощность, потребляемую такой нелинейной нагрузкой, можно описать соотношением:

$$S^2 = P^2 + (Q + T)^2, \quad (1)$$

где P , Q – активная (Вт) и реактивная (вар) мощность;
 T – мощность искажений, вар.

В трёхфазной сети с разрядными лампами и дросселями гармоники тока с номерами $n=1$, $n=7$, $n=13$ и т.д. образуют прямую последовательность токов, так как они сдвинуты между собой на угол 120° , гармоники с $n=3$, $n=9$, $n=15$ и т.д. оказываются сдвинутыми на 360° и поэтому образуют токи нулевой последовательности, а гармоники тока с $n=5$, $n=11$, $n=17$ и т.д. создают токи обратной последовательности. Следовательно, при полной симметрии нагрузки в трёхфазной сети появляется существенный ток в нулевом проводе, вызванный преимущественно гармониками, образующими нулевую последовательность. В соответствии с результатами исследований в [1,2], величины токов прямой, обратной и нулевой последовательностей в вышеупомянутой сети находятся в соотношении $I_1:I_2:I_0 = 1:0,16:0,3$.

Таким образом, кроме непроизводительных потерь в трёхфазной сети с разрядными лампами и индуктивными балластами, связанным с наличием реактивной мощности и мощности искажений, следует учитывать непроизводительные потери мощности ΔP_N , обусловленные током I_N в нулевом проводе, что аналитически можно представить формулой:

$$S^2 = P^2 + (Q + T)^2 + \Delta P_N = P^2 + (Q + T)^2 + (I_N)^2 \cdot R_N, \quad (2)$$

где R_N – активное сопротивление нулевого провода, Ом.

Заметим, что в симметричном режиме работы трёхфазной сети ток в нулевом проводе равен нулю.

Исследования гармонического состава токов и напряжений в трёхфазной сети с лампами типа ДРЛ-400 с дроссельными пускорегулирующими аппаратами (ПРА) проведены на экспериментальной установке, схема которой приведена на рисунке 1.

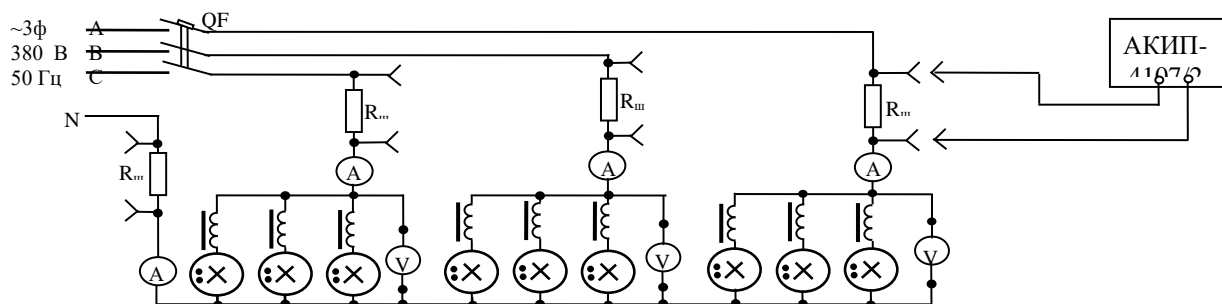


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки для исследования гармоник тока и напряжения в трехфазной сети 0,38 кВ с разрядными лампами высокого давления

При помощи шунтирующих резисторов сопротивлением $R_{ш}=0,01$ Ом и ограничительных резисторов сопротивлением $R_{д}>20$ кОм (на схеме не показаны) к установке подключался осциллограф АКИП - 4107/2. Анализ гармонического состава проводился при помощи стандартного программного обеспечения осциллографа.

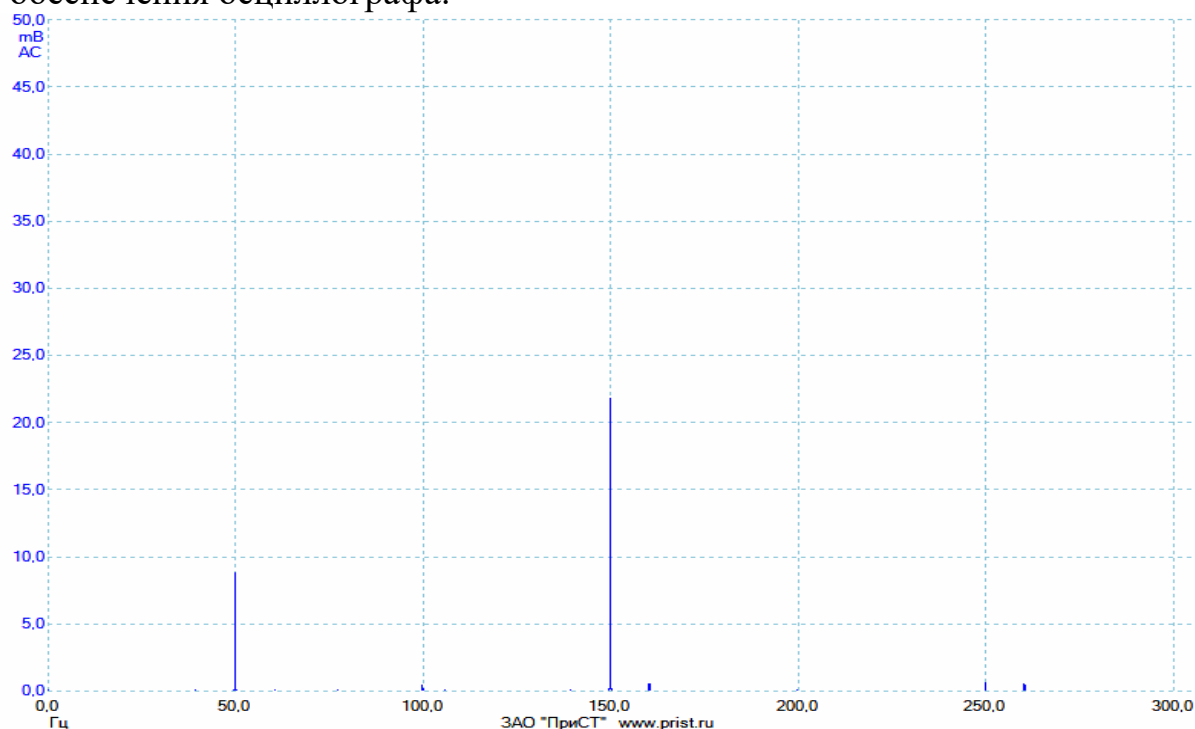


Рисунок 2. Спектральный состав тока в нулевом проводе трёхфазной сети с лампами ДРЛ-400 в схеме на рисунке. 1. Значение тока 3-й гармоники (150 Гц) - 2,94 А при амплитуде 1-й гармоники тока 1,26 А

Действующие значения фазных токов и тока в нулевом проводе, а также фазных и линейных напряжений измерялись амперметрами и вольтметрами электромагнитной системы класса точности 0,5. В каждую фазу нагрузки включалось по три лампы типа ДРЛ-400 с дроссельным токоограничивающим балластом.

На рисунке 2 гармонический состав тока в нулевом проводе схемы питания ламп ДРЛ-400, полученный при исследованиях.

Наличие тока частотой 50 Гц на осциллограмме можно объяснить незначительной асимметрией нагрузки, вызванной разбросом технических параметров ламп ДРЛ-400. Крайне малые значения гармоник с номерами 9, 15 и т.д. вызвано подавлением их дросселями. Ток в нулевом проводе образован в основном третьей гармоникой с частотой 150 Гц.

С учетом того, что токи нулевой последовательности составляют 3-ю часть действующего значения фазных токов, суммарный ток в нулевом проводе может достигать значительных величин, соизмеримых с токами в линейных проводах.

Гармоники тока, присутствующие в электрической сети, вызывают соответствующие потери в ней, обусловленные реактивной мощностью и опре-

деляемые частотами гармоник.

Ток в нулевом проводе также является источником дополнительных непроизводительных потерь мощности в питающей трехфазной сети.

Для оценки значимости потерь определим численные потери мощности в исследованной 3-х фазной сети 380 В 50 Гц, питающей лампы высокого давления ДРЛ - 400.

Потери мощности, обусловленные токами высших гармоник I_{N3} , кратных трем, при симметричной и несинусоидальной системе токов можно приближённо рассчитать по формуле

$$\Delta P_{3\phi c} = 3 \cdot R_{\phi} \cdot I_{N3}^2 + R_N \cdot I_{N3}^2, \quad (3)$$

где R_N и R_{ϕ} - сопротивления нулевого и линейного (фазного) проводов. С учётом того, что нулевой и фазные провода в осветительной сети имеют одинаковую длину и сечение, сопротивление провода находим как

$$R_{\phi} = R_N = \rho \cdot l / s, \text{ Ом}. \quad (4)$$

Для провода длиной $l=5$ м и сечением $s=2,5$ мм² (для алюминия удельное сопротивление составляет $\rho=0,741$ Ом·м), получаем сопротивление одного провода сети:

$$R_N = R_{\phi} = 0,741 \cdot 5 / 2,5 \approx 1,5 \text{ Ом}.$$

Расчётные суммарные потери мощности в 3-х фазной четырёхпроводной сети 380 В, питающей 9 ламп типа ДРЛ 400, при токе 3-й гармоники $I_{N3} = 2,94$ А, обусловленные токами гармоник, кратных трем, составят:

$$\Delta P_{3\phi c} = 4 \cdot R_N \cdot I_{N3}^2 = 4 \cdot 1,5 \cdot 2,94^2 \approx 52 \text{ Вт}.$$

Таким образом, дополнительные потери мощности непроизводительного характера в 3-х фазной сети 380 В с 9-ю лампами ДРЛ-400, обусловленные токами гармоник, кратных трем, достигают 8% от мощности одной лампы при длине проводов 5 м в сети. При более длинных проводах и большем количестве ламп типа ДРЛ 400 (или ДНаТ) они будут значительно превышать это приведенное расчётное значение.

Поэтому учёт этих потерь необходим при детальном исследовании и для поиска методов их уменьшения.

Список литературы

1. Безик В.А., Кубаткина О.В., Жиряков А.В. Качество электрической энергии в сетях с разрядными лампами // Актуальные проблемы энергообеспечения, автоматизации, природопользования и строительства в АПК: сборник материалов национальной научно-технической конференции. Брянск, 2018. С. 118-126.

2. Лаптев В.А., Рябчинский А.С. Электрическая энергия в сети с газоразрядными лампами // Вестник МАНЭБ. 2012. Т. 15, № 4. С. 133-135.

3. Косоухов Ф.Д., Петров В.Ф. Критерии увеличения потерь мощности в сельских электрических сетях 0,38 кВ от несимметрии, несинусоидальности токов и снижения коэффициента мощности // Энерго- и ресурсосберегающие технологические процессы оптического облучения в АПК: сб. науч. трудов СПбГАУ. СПб.: Изд-во СПбГАУ. 1992. С. 65-68.

4. Маркарянц Л.М., Безик В.А., Кирдищев Д.В. Совершенствование системы управления энергетических установок в сельском хозяйстве // Вестник Брянской ГСХА. 2013. № 4. С. 38-40.

5. Алексанян И.Э., Безик В.А. Анализ состава и состояния электрооборудования сельскохозяйственных потребителей Рославльского района Смоленской области // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сборник материалов Международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 7-11.

6. Широбокова О.Е., Прыгов Н.М. Компенсация реактивной мощности в электросетях с газоразрядными лампами // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природопользования: материалы IX Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2015. С. 223-227.

7. Широбокова О.Е., Прыгов Н.М. Оптимальное распределение конденсаторных батарей в электросетях при компенсации реактивной мощности с/х предприятий // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности природопользования в АПК: материалы Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2013. С. 86-91.

8. Широбокова О.Е., Прыгов Н.М., Прыгова В.В. О единице измерения реактивной мощности киловар (квар) // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности природопользования в АПК: VIII Международная научно-техническая конференция. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2014. С. 196-198.

9. Дьяченко О.В., Бельченко С.А., Белоус И.Н. Материально-техническая база сельского хозяйства - основа развития аграрного сектора России (на примере Брянской области) // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2016. № 6. С. 27-31.

10. Кубаткина О.В., Кисель Ю.Е. Современные светильники для освещения бытовых помещений // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции (28-29 апреля 2018 г.). Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. С. 93-97.

11. Кубаткина О.В., Кисель Ю.Е. Светильники с автоматическим поддержанием уровня освещенности // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции (28-29 апреля 2018 г.). Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. С. 97-102.

Байдакова Елена Валентиновна

канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАЖНОСТИ, ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Выполнены полевые исследования. По методике, принятой в Гидрометеослужбе, запасы влаги подсчитываются для каждого десятисантиметрового слоя почвы и в самом верхнем 0 - 5 см слое. Запасы влаги в слоях любой большей мощности получают простым суммированием запасов, входящих в него десятисантиметровых слоев.

METHODS OF OBTAINING AND PROCESSING DATA TO DETERMINE THE PRODUCTIVE HUMIDITY, CHARACTERISTICS OF FIELD MATERIALS

E.V. Baydakova

Summary. Field studies were performed. According to the procedure adopted in the hydro-meteorological service, the water reserves are calculated for each six-inch layer of soil in the top 0 - 5 cm layer. Moisture reserves in the layers of any greater power are obtained by simply summing the reserves included in the ten-centimeter layers.

Для анализа изменений запасов продуктивной влаги использовались данные полученные на государственных метеостанциях страны: г. Брянска, г.Стародуба Брянской области, г.Михайлов, г.Ряжска, г. Шацка, г.Сасово, г.Павелец Рязанской области; г.Алатырь Чувашии и других.

Для определения влажности почвы использовался метод сушки образцов почвы, в основу которого положено определение количества воды, содержащейся в почве, путем высушивания отобранных образцов почвы, согласно требованиям методики, принятой в Гидрометеослужбе /45/.

Наблюдения за влажностью почвы осуществлялись на постоянных наблюдательных участках, площадью 1 га, выделенных на всех полях ведущего севооборота, в течение не менее 10 лет. Выбранные наблюдательные участки являлись однотипными по почвенному покрову, глубине залегания уровня грунтовых вод ($H \geq 6$ м), рельефу, характеру агротехники.

На каждом наблюдательном участке влажность почвы определялась не менее чем в четырехкратной повторности. Скважины располагались с таким расчетом, чтобы средняя из повторностей наилучшим образом отражала влажность всего наблюдательного участка с учетом естественной пестроты распределения влажности на данном поле и согласно схеме расположения скважин и их смещения от срока к сроку и от года к году. Наблюдения производились систематически в течение всего вегетационного периода один раз в декаду.

Забор проб производился в слоях почвы, расположенных через каждые 10 см на глубину 1 м из каждой скважины с помощью почвенного бура АМ - 26 м. Принцип действия бура основан на ручном вращении бурового стакана с помощью штанги и ручки воротка, в процессе которого бур заглубляется, и буровой стакан заполняется почвой. Из каждой скважины пробы для определения влажности брались последовательно по мере углубления бура через каждые 10 см. Отсчеты глубин взятия проб производились по меткам, нанесенным на штанге бура, который при взятии проб шел совершенно отвесно. Пробы брались из нижней трети сурового стакана так, чтобы в них не попала почва других горизонтов. Перед взятием проб бур тщательно очищался. После взятия пробы извлечение почвы производилось максимально быстро во избежание искажения результатов за счет испарения влаги из отобранного образца. Стаканчик плотно закрывался крышкой и обтирался. Взятая проба почвы занимала не менее половины объема весового стаканчика. Почва из бура во избежание засорения поверхности поля вынималась на клеенку. После взятия пробы каждая скважина тщательно засыпалась вынутой из нее при очистке бура почвой по возможности в той же последовательности, в какой она вынималась из скважины. После засыпки место расположения скважины отмечалось переносной вешкой, на которой отмечался номер скважины.

После взятия каждой пробы по установленной форме производилась запись номера стаканчика и глубины слоя почвы, из которого она вынута.

Весовые стаканчики, изготовленные из алюминия, диаметром 5 см, высотой 4 см, массой около 25 г, имеют номера, обозначенные на крышке и самом стаканчике. До начала работы каждый стаканчик, предварительно протертый и высушенный, взвешивался на весах ВЛК - 500 с точностью до 0,1 г, результаты взвешивания заносились в специальный журнал. После доставки в лабораторию пробы взвешивались на технических весах с точностью до 0.05 г.

Сушка проб почвы производилась в сушильных шкафах с электрическим обогревом при температуре $100^0 \dots 105^0$ до постоянного веса. В термостате стаканчики находились в открытом виде, крышки помещались под дно стаканчика. После окончания прогрева весовые стаканчики вынимались из термостата и сразу же закрывались крышками, после охлаждения взвешивались с точностью до 0.1 г.

На основании полученных данных по разности веса образца до и после высушивания вычислялась влажность в процентах от веса абсолютно сухой почвы. Влажность почвы, выраженная в процентах от веса сухой почвы, равна:

$$\frac{a \cdot 100}{b}, \quad (2.1)$$

где a - масса воды, испарившейся из почвы за время высушивания, г;

b - масса образца почвы после высушивания, г.

Дальнейшая первичная обработка данных по влажности заключалась в вычислении средних ее значений по каждому слою почвы и по этим средним

- запасов продуктивной влаги. Количество продуктивной влаги ее запасы, выражаемые в мм толщины водяного слоя, вычислялась по формуле:

$$W=0.1 \text{ qh}(u-k), \quad (2.2)$$

где W - запасы продуктивной влаги, мм;

q - объемный вес, г/см³;

h - мощность слоя почвы, см;

u - влажность почвы, %;

k - влажность устойчивого завядания, %.

По методике, принятой в Гидрометеослужбе запасы влаги подсчитываются для каждого десятисантиметрового слоя почвы и в самом верхнем 0 - 5 см слое. Запасы влаги в слоях любой большей мощности получают простым суммированием запасов, входящих в него десятисантиметровых слоев. Необходимые для расчетов запасов продуктивной влаги в почве агрогидрологические константы определялись на тех же полях и тех же глубинах, на которых определялась влажность почвы.

Список литературы

1. Дунаев А.И. Влияние верхних пластов территории водосброса грунтовых вод на величину их стока // Вестник Брянской ГСХА. 2014. № 4. С. 24-26.

2. Ториков В.Е., Иванюга Т.В. Состояние и перспективы развития отрасли растениеводства в Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2015. № 3-1. С. 21-26.

3. Система капельного орошения на землях Брянского ГАУ / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Я.А. Аксёнов // Вестник Брянской ГСХА. 2017. № 4. С. 16-24.

4. Повышение эффективности оросительных систем Брянской области с использованием современных технических средств орошения / Е.В. Байдакова, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Л.А. Зверева, О.Н. Демина, Н.В. Каничева, В.Н. Кровопускова // Отчет по хоздоговорной НИР кафедры № 44а ГЗ от 25.06.2017.

5. Мелиоративная история Брянщины. Люди и дела / В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Б.Д. Муравьев, М.Ф. Ковалев, П.И. Евсеев. Брянск, 2018.

Байдакова Елена Валентиновна
канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики и автоматики
Лабуз Дарина Валентиновна
студентка гр. Е-661
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

РАДИАЦИОННЫЙ ФОН ВОДОСБОРОВ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Аннотация. На сегодняшний день в результате многочисленных научных исследований, проводимых в том числе и за рубежом, значительно расширились знания о миграции радионуклидов в почве. Но для научно обоснованного и радиационно-безопасного почвоведения важно обобщение материалов о поведении радионуклидов в почвенных экосистемах, в том числе и оценка параметров долговременной динамики и характер распределения радионуклидов по террии.

RADIATION BACKGROUND OF CATCHMENTS AND ANALYSIS OF EXPERIMENTAL STUDIES.

E. V. Baydakova, D.V. Labuz

Summary. To date, as a result of numerous scientific studies, including those conducted abroad, knowledge about the migration of radionuclides in the soil has significantly expanded. But for science-based and radiation-safe soil science it is important to generalize materials about the behavior of radionuclides in soil ecosystems, including the assessment of long-term dynamics and the nature of the distribution of radionuclides on the territory.

В результате взрыва ядерного реактора четвертого энергоблока Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 года произошел выброс радионуклидов послуживших причиной радиоактивного загрязнения значительной территории Брянской и смежных областей.

Уровень гамма-фона 5 мая 1986 года составил в Брянском районе 20 мкР/ч, в г. Новозыбкове — 100 мкР/ч, в Клинцах — 250 мкР/ч. 17 мая гамма-фон в Брянском районе был 20 мкР/ч, в Новозыбкове — 400 мкР/ч, в Дятькове — 20 мкР/ч. В Брянской области уровень гамма-фона с наибольшим уровнем загрязнения на 20.07.86 г. отмечался:

в Красногорском районе, совхоз «Кургановский» (д. Николаевка) 1900 мкР/ч; Новозыбковском районе, колхоз им. 22 парт-съезда (д. Святск) 3500 мкР/ч и др.

К настоящему времени основными загрязнителями являются долгоживущие радионуклиды: цезий-137 и 134 (соотношение 95:5) и стронций-90, а также природные радионуклиды.

Разработка надежной общей теории передвижения радионуклидов по территории немыслима без полевых экспериментов. Полевые опыты являются

очень важным и верным средством для установления количественных характеристик переноса радионуклидов, что имеет особое значение для проектирования инженерных мероприятий по ликвидации радиоактивного загрязнения.

Для проведения экспериментальных исследований по радиоактивному фону водосборов были организованы 5 полигонов.

Образцы отбирались пробоотборником до глубины 10 см. Содержание радионуклидов определяли сцинтилляционным методом, прибор РУБ-01П6 с блоком детектирования БДКГ-ОЗП. Уровни гамма радиации определяли с помощью радиометра СРП-68-01, через 20-25 м.

Образцы отбирались по створам, которые были проложены по линиям тока воды от водораздела к подножию склона. Створы намечались на различных почвах, сельскохозяйственных угодьях, на различных по форме водосборах, на разных профилях.

На вогнутых профилях было рассмотрено 14 створов. В результате наблюдений у 7 створов изменение радиации на водоразделе и подножье склона колебались в среднем в пределах (39-28 мкР/ч). На этих створах радиация снижалась по склону, но в конце створа снижение радиации усиливалось из-за того, что этот створ либо впадает в канал, либо в искусственный водоём, либо в незамкнутое понижение. В 7 створов на вогнутых профилях изменение радиации на водоразделе и подножье склона колебались в среднем в пределах (39-56 мкР/ч). На этих створах наблюдалось выраженное снижение радиации по склону, но в конце створа радиация повышалась из-за того, что здесь располагалось замкнутое понижение, приканальная дамба или низина, заросшая высокой болотной растительностью. На вогнутых профилях с нарастанием уклона, нарастает и, вымыв радионуклидов.

На выпуклых профилях было рассмотрено 9 створов. В результате наблюдений в 6 створах изменение радиации на водоразделе и подножье склона колебались в среднем в пределах (40-33 мкР/ч). Здесь наблюдалось снижение по склону, но в конце створа снижение радиации усиливалось из-за того, что этот створ либо впадает в канал, либо в смотровой колодец, либо в искусственное озеро. У 3 створов на вогнутых профилях изменение радиации на водоразделе и подножье склона колебались в среднем в пределах (39-46 мкР/ч). На этих створах радиация снижается по склону, но в конце створа опять повышается из-за приканальной дамбы, которая препятствует стоку в канал, либо было болота или низина, заросших высокой растительностью.

На S-образных профилях было рассмотрено 5 створов. В этих створах изменение радиации на водоразделе и подножье склона колебалось в пределах: максимальный перепад радиации (40 мкР/ч), минимальный перепад радиации (25 мкР/ч). Здесь также наблюдалась закономерность (снижение по склону), но на переломе уклонов с меньшего на больший происходит понижение радиации местами до 27 мкР/ч, или с большего на меньший накопление радиации местами до 52 мкР/ч.

На прямых профилях снижение радиации не значительное: она равномерно распределяется по створу и колеблется по створам в среднем в

пределах (38-39мкР/ч). Такое наблюдается, в основном, на пашне, так как почвы участка супесчаные и песчаные и происходит интенсивное впитывание атмосферных осадков. Графики распределения концентрации радионуклидов по профилям приведены в приложении 3.

Проанализировав все створы по изменению уклона (выпуклые, вогнутые, S-образные, прямые), по форме водосбора и по тем параметрам, куда входит створ, делаем еще вывод о том, что не только от этих параметров зависит распределение радиации по створу, но еще и от экспозиции, т.е. от той части света, куда повернут данный створ (юг, север, северо-восток, северо-запад, юго-восток, юго-запад, запад, восток). Те створы, которые обращены к югу, юго-востоку, юго-западу, в связи с более быстрым таянием снега и стоком воды быстрее освобождаются от радионуклидов. На тех створах, которые обращены к северу, северо-западу, северо-востоку, в связи с более медленным таянием снега и стоком воды медленнее освобождаются от радионуклидов.

На полигонах Новозыбковского и Злынковского районов наиболее загрязненных после аварии все еще наблюдается высокий радиационный фон: в 2005г - 100-150мкР/ч. Кривые изменения концентрации повторяют депрессионные кривые воды по форме, отмечено резкое снижение концентраций на линзах торфа с 135 до 74мкР/ч. Концентрация радионуклидов снижается от середины межканального пространства к каналам от 100 до 150мкР/ч (max 155мкР/ч) и от 55 до 80мкР/ч (min 44мкР/ч). Такое снижение наблюдается на одиночных каналах и в каждом из параллельных каналов. Если приканальная дамба затрудняет сток поверхностных вод, то перед каналом наблюдается повышенная радиация. В приканальных воронках, служащих для отвода воды от дамб, концентрация радионуклидов резко снижается до 60мкР/ч.

Концентрация на участках, дренированных закрытым дренажем, снижается существенно меньше, чем под влиянием открытых каналов, что свидетельствует о преобладающем вымыве радионуклидов поверхностным стоком. Это согласуется с многочисленными исследованиями радионуклидов по профилю почвы, утверждающими, что до 90% их сосредоточены в 10см слое почвы.

Список литературы

1. Байдакова Е.В., Кровопускова В.Н. Уровень загрязнения окружающей среды радионуклидами через 30 лет после аварии на ЧАЭС // Актуальные проблемы экологии: материалы международной научно-практической конференции. 2017. С. 12-15.

2. Байдакова Е.В. Определение доз облучения населения и мероприятия по их снижению // Актуальные проблемы природопользования и строительства в АПК: материалы национальной научно-практической конференции. 2016. С. 9-12.

3. Байдакова Е.В., Байдаков Е.М. О распределении радионуклидов по территории – схема переноса // Агроконсультант. 2013. № 2 . С. 17-21.

4. Байдакова Е.В. Моделирование процесса распределения Цезия-137 по

территории // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2008. № 4. С. 128-133.

5. Василенков В.Ф., Байдакова Е.В. Математическая модель передвижения радионуклидов в почве // Проблемы природообустройства и экологической безопасности: материалы XVI Межвузовской научно-практической конференции. Брянск, 2003. С. 55-57.

6. Байдакова Е.В. Методика экспериментальных исследований распределение радионуклидов по территории // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: материалы международной научно-технической конференции. 2008. С. 3-6.

7. Белоус Н.М., Мальцев В.Ф., Мельникова О.В. Особенности производства экологически безопасной продукции растениеводства в Брянской области // Регион - 2006. Конкурентоспособность бизнеса и технологий как фактор реализации национальных проектов: материалы международной научно-практической конференции / под общ. ред. проф. А.В. Матвеева. 2006. С. 413-416.

8. Чернобыль: радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий и агрохимические аспекты снижения последствий радиоактивного загрязнения почв. К 30-летию техногенной аварии на Чернобыльской АЭС / В.Г. Сычев, М.И. Лунев, П.М. Орлов, Н.М. Белоус. М., 2016.

9. Ульянова Н.Д., Купреенко А.И. Перспективы использования информационных технологий при производстве экологической продукции АПК // Проблемы экологизации сельского хозяйства и пути их решения: материалы национальной научно-практической конференции. 2017. С. 115-119.

Безик Валерий Александрович
канд. техн. наук, зав. кафедры электроэнергетики и автоматики
Белькевич Андрей Романович
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНО РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА В ТЯГОДУТЬЕВЫХ МЕХАНИЗМАХ

Аннотация. В статье обоснована необходимость и целесообразность применения частотно управляемого электропривода в тягодутьевых механизмах.

Ключевые слова: частотно-регулируемый электропривод, вентилятор, управление, экономический эффект

TO THE QUESTION OF APPLICATION OF FREQUENCY- CONTROLLED ELECTRIC DRIVE IN TRACTION MECHANISMS.

V.A Bezik, A.R. Belkevich

Annotation. The article substantiates the necessity and expediency of the use of frequency-controlled electric drive in traction mechanisms

Keywords: variable frequency drive, ventillyator, management, economic effect

Задача тягодутьевых машин – отсос дымовых газов и подача воздуха для обеспечения нормальной работы котла на всех нагрузках. Большое значение имеет обеспечение надежности их работы, ибо лопатки дымососов подвергаются износу летучей золой. Большое значение имеет также экономичная работа тягодутьевых машин.

В тягодутьевых установках применяются следующие машины:

центробежные (радиальные) вентиляторы с лопатками, загнутыми вперед и назад;

осевые машины, получили распространение для котлов к энергоблокам мощностью 300 МВт и выше в качестве дымососов.

Выбор вентилятора или дымососа сводится к подбору машины, обеспечивающей с соответствующими запасами требуемые производительность и давление, и потребляющей при принятом способе регулирования наименьшее количество энергии при эксплуатации.

Вследствие ограниченного количества типоразмеров вентиляторов и дымососов, выпускаемых заводами, как правило, не удается подобрать машину с характеристикой $Q - H$ расчетного режима тракта ($Q_p - H_p^{пр}$). В этом случае необходимо, чтобы характеристика $Q - H$ выбранной машины была по возможности ближе к расчетной, во избежание дополнительных потерь мощности на регулирование. Этому условию могут удовлетворять несколько разнотипных машин. С этим неизбежно связаны потери мощности на регулирование. Поэтому необходимо провести сравнение возможных вариантов ма-

шин и способов их регулирования во всем диапазоне нагрузок котла и выбрать из них экономически наиболее выгодный.

Тягу регулируют направляющими аппаратами, устанавливаемыми перед дымососами и вентиляторами на всасывающих патрубках. При большом изменении внешних нагрузок в процессе работы котлов регулирование тяги только направляющими аппаратами оказывается недостаточно экономичным, что приводит к большим перерасходам электроэнергии. В таких случаях применяют комбинированный способ регулирования работы тягодутьевых машин — ступенчатое регулирование частоты вращения ротора машины многоскоростным электродвигателем и плавное регулирование направляющим аппаратом.

Основные методы регулирования производительности вентиляторов можно разделить на три группы:

- 1) регулирование изменением характеристики системы, например, путем дросселирования;
- 2) регулирование путем изменения характеристики вентилятора, например, путем изменения угла поворота лопаток;
- 3) регулированием путем изменения скорости вращения приводного электродвигателя.

Выбор метода регулирования производительности или давления при разработке вентилятора определяется многими факторами, основные из которых следующие: необходимая глубина регулирования, характеристика сети, особенности привода вентилятора, время работы на нерасчетных режимах, эффективность метода регулирования, стоимость системы, особенности условий эксплуатации.

Наибольший экономический эффект в большинстве случаев дает регулирование вентилятора путем изменения частоты вращения приводного двигателя.

Эффект по сбережению энергии при применении регулирования скорости вращения вала вентилятора по сравнению с регулированием дросселированием поясняется рисунком 1.

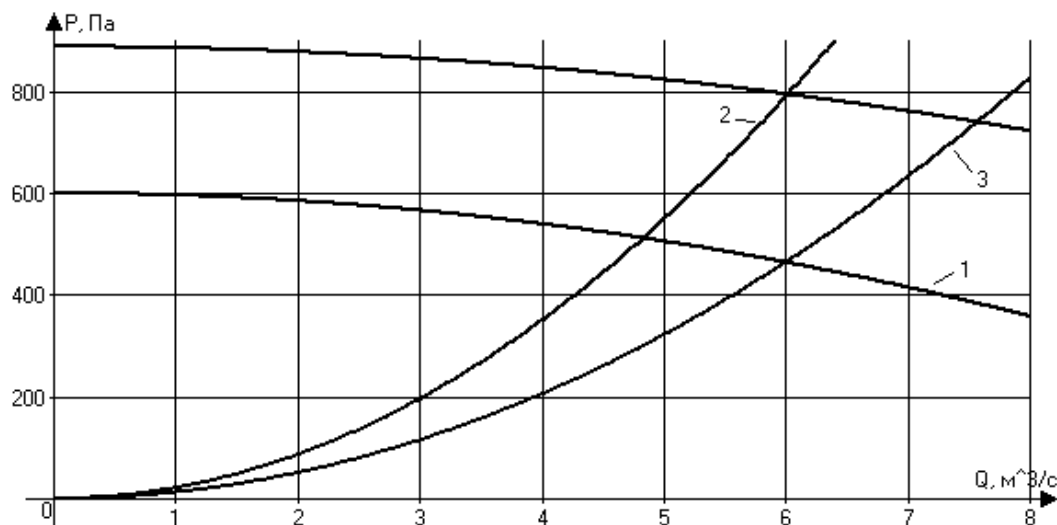


Рисунок 1. Сравнение способов регулирования.

По графику при регулировании частотой вращения (характеристика 1 рисунок 1) колеса для получения расхода 6 м³/с необходимо понизить скорость вращения (сопротивление сети не меняется).

Потери мощности при регулировании дросселированием по сравнению с регулированием частоты вращения колеса вентилятора:

$$\Delta P_{\text{отн.}} = \frac{H_1 - H_2}{H_2} \cdot 100\% = \frac{795 - 465}{465} \cdot 100\% = 71\% .$$

Из рисунка 1 видно, что экономия мощности при регулировании изменением скорости вращения вала по сравнению с дросселированием составляет 71%.

Наиболее экономичным и выгодным способом управления является частотное управление асинхронного электропривода. Частотное управление лежит в основе систем управления скоростью и моментом в установившихся и переходных процессах с высокой точностью. Подавляющее большинство современных преобразователей частоты являются преобразователями инверторного типа.

В качестве структуры системы управления можно применить либо систему скалярного, либо систему векторного управлений. Сложность реализации алгоритма векторного управления за счет косвенного измерения необходимых потокосцеплений и токов определяет более высокую стоимость преобразователей частоты с функцией векторного управления по сравнению с преобразователями, реализующими скалярное.

Скалярное управление достаточно хорошо удовлетворяет большинству практических случаев применения частотно регулируемого электропривода с диапазоном регулирования частоты вращения двигателя до 1:40.

Векторное управление позволяет существенно увеличить диапазон управления, точность регулирования, повысить быстродействие электропривода. Этот метод обеспечивает непосредственное управление вращающим моментом двигателя.

Векторное управление позволяет существенно увеличить диапазон управления, точность регулирования, повысить быстродействие электропривода. Этот метод обеспечивает непосредственное управление вращающим моментом двигателя. Вращающий момент определяется током статора, который создает возбуждающее магнитное поле. При непосредственном управлении моментом необходимо изменять кроме амплитуды и фазу статорного тока, то есть вектор тока. Этим и обусловлен термин «векторное управление».

Векторное управление с датчиком обратной связи по скорости обеспечивает диапазон регулирования до 1:1000 и выше, точность регулирования по скорости - сотые доли процента, точность по моменту — единицы процентов.

Использование частотно-регулируемых приводов позволяет решать задачу согласования режимных параметров и энергопотребления тягодутьевых механизмов с изменяющимся характером нагрузки котлов.

Как правило, система регулирования дымососа должна поддерживать заданную величину разрежения в топке котла независимо от производительности котлоагрегата.

В приводе вентилятора необходимо в зависимости от режимной карты котла регулировать давление воздуха, подаваемого в топку котла и разрежение на его выходе, к диапазону регулирования и точности не предъявляется особых требований, поэтому целесообразно использовать скалярное частотное управление по закону $U/f^2 = \text{const}$.

Преимущества применения частотно-регулируемого электропривода:

- Экономия электроэнергии от 30 до 60%.
- Снижение динамических нагрузок, что позволяет резко увеличить срок службы трубопроводов и запорной арматуры.
- Отсутствие больших пусковых токов, полная защита электродвигателей агрегатов, работа электродвигателей и пусковой аппаратуры с пониженной нагрузкой, что значительно увеличивает срок службы электродвигателей.
- Значительная экономия прокачиваемого материала за счёт оптимизации давления в сетях и уменьшения разрывов трубопроводов. Возможность полностью автоматизировать управляющие станции.

Опыт установки подобных систем показал, что экономия электрической энергии составляет до 40%, экономия угля примерно 35-40%. Поэтому необходимо разрабатывать эффективные системы управления тягодутьевых механизмов с применением частотно управляемого электропривода.

Список литературы

1. Ильинский М.Ф. Опыт и перспективы применения регулируемого электропривода насосов и вентиляторов // I Международная (12 Всероссийская) конференция по автоматизированному электроприводу. СПб., 1995.
2. Козярук А.Е., Рудаков В.В. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов. СПб.: Санкт-Петербургская электротехническая компания, 2004. 128 с.
3. Оптимальный закон частотного управления, обеспечивающий минимизацию потерь в асинхронном двигателе / В.А. Барский и др. // Электропривод переменного тока: труды XI науч.-техн. конф. Екатеринбург, 1998. С. 108-112.
4. Терехов В.М. Современные способы управления и их применение в электроприводе // Электротехника. 2000. № 2. С. 25-28.

Безик Дмитрий Александрович
канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики и автоматики
Бычкова Татьяна Викторовна
канд. пед. наук, доцент кафедры математики, физики и информатики
Кулаков Дмитрий Дмитриевич
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Лантушкин Артем Анатольевич
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

РАЗРАБОТКА УСИЛИТЕЛЯ ДЛЯ ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ПОЧВ

Аннотация. Оценка агротехнических свойств почв в системах точного земледелия часто производится по результатам измерения её удельной электропроводности. Точное определение этой величины сопряжено с рядом трудностей. В лабораторных условиях удобно применение четырехэлектродной схемы измерения, которая должна быть обеспечена измерительными приборами с высокими техническими характеристиками. В данной статье приводится разработанная схема усилителя для измерения электропроводности почв, в частности, для импедансной спектроскопии.

Ключевые слова: почва, электрическая проводимость, электрический ток, поляризация, усилитель, импедансная спектроскопия, четырехэлектродная схема измерения.

DEVELOPMENT OF AN AMPLIFIER FOR IMPEDANCE SPECTROSCOPY OF SOILS

D.A Bezik, T.V. Bychkova, D.D. Kulakov, A.A. Lantushkin

Annotation. Assessment of agrotechnical properties of soils in precision agriculture is often made by measuring its electrical conductivity. There are a number of difficulties in determining this value accurately. In the laboratory, it is convenient to use a four-electrode measurement scheme, which should be provided with measuring instruments with high technical characteristics. This article presents the developed amplifier circuit for measuring the electrical conductivity of soils, in particular, for impedance spectroscopy.

Keywords: soil, electrical conductivity, electric current, polarization, amplifier, impedance spectroscopy, four-electrode measurement scheme.

Величина удельной электропроводности почвы позволяет судить о многих её агротехнических характеристиках – о содержании глинистых частиц, гумуса, влажности, засоленности и других [1-4]. Для измерения электропроводности используются контактные и бесконтактные методы. Первые проще и доступнее, однако сопряжены с некоторыми трудностями. Самая существенная из них – поляризация электродов, которая вносит искажения при определении удельной электропроводности почвы за счет сопротивления контакта почва-электрод. Одним из способов устранения негативного влия-

ния поляризации электродов является применение четырехэлектродной схемы измерения [5, 6].

Измерение электропроводности почвы в четырехэлектродной схеме измерения требует измерения тока, протекающего через токовые электроды, и разности потенциалов между потенциальными электродами. Трудности, которые возникают при этом следующие – большой уровень синфазных помех (особенно при измерении электропроводности почв малой влажности), широкий диапазон изменения частоты и значения измеряемого напряжения, большое требуемое входное сопротивление усилителя.

Преодоление указанных трудностей возможно при использовании современных инструментальных усилителей [7]. Множество зарубежных фирм производят инструментальные усилители для применения в измерительной технике. Широкая номенклатура изделий представлена американской фирмой Analog Devices. Они представлены как одиночными усилителями общего применения, так и сдвоенными усилителями, усилителями с полевыми транзисторами на входе, усилителями с коррекцией напряжения смещения и др.

Для построения усилителя для импедансной спектрометрии можно применить усилители производства Advanced Devises из линейки AD8220, AD8221, AD8222, AD8224, AD8228, AD8259 [8]. Недорогим усилителем с достаточно высокими характеристиками является измерительный усилитель общего применения AD8221 [9]. Он имеет программируемый коэффициент усиления, высокое быстродействие и высокий коэффициент ослабления синфазного сигнала (КОСС). Для большинства усилителей КОСС начинает уменьшаться при превышении частоты 200 Гц, в то время как AD8221 поддерживает минимальный КОСС не менее 80 дБ вплоть до частоты 10 кГц (при коэффициенте усиления $G = 1$). Это важно для построения рассматриваемого устройства, так как на потенциальных электродах присутствуют большие синфазные помехи, а диапазон измеряемых частот должен простираться минимум до 10 кГц при импедансной спектроскопии почв имеющих влажность близкую к минимальной полевой.

AD8221 имеет низкое значение напряжения смещения, его низкий дрейф, высокую точность установки коэффициента усиления и высокий КОСС, что делает его особенно удобным для преобразования сигналов с мостов постоянного и переменного тока.

Коэффициент усиления (от 1 до 1000) задаётся одним внешним резистором, что увеличивает гибкость применения этого усилителя. Усилитель AD8221 может работать как от однополярного, так и от двухполярного источника питания.

AD8221 – однокристалльный инструментальный усилитель на основе классической топологии на трёх ОУ. Входные транзисторы Q1 и Q2 нагружены источниками тока и коллекторами подключены к операционным усилителям (ОУ) A1 и A2 (рисунок 1). Входной сигнал создает ток через резисторы R_G , R1, и R2, причем так, что на выходах A1 и A2 получается усиленное входное напряжение. Транзистор Q1, ОУ A1, R1 и Q2, A2, R2 могут быть рассмотрены как прецизионные усилители с обратной связью по току. Уси-

ленный сигнал (дифференциальный и синфазный) подаются на дифференциальный усилитель на ОУ А3, устраняющий синфазное напряжение. Этот дифференциальный усилитель имеет низкое напряжение смещения. Его резисторы имеют лазерную подгонку, что позволяет достичь ошибки коэффициента усиления менее чем 20 ppm и КОСС более 90 дБ (для коэффициента усиления 1).

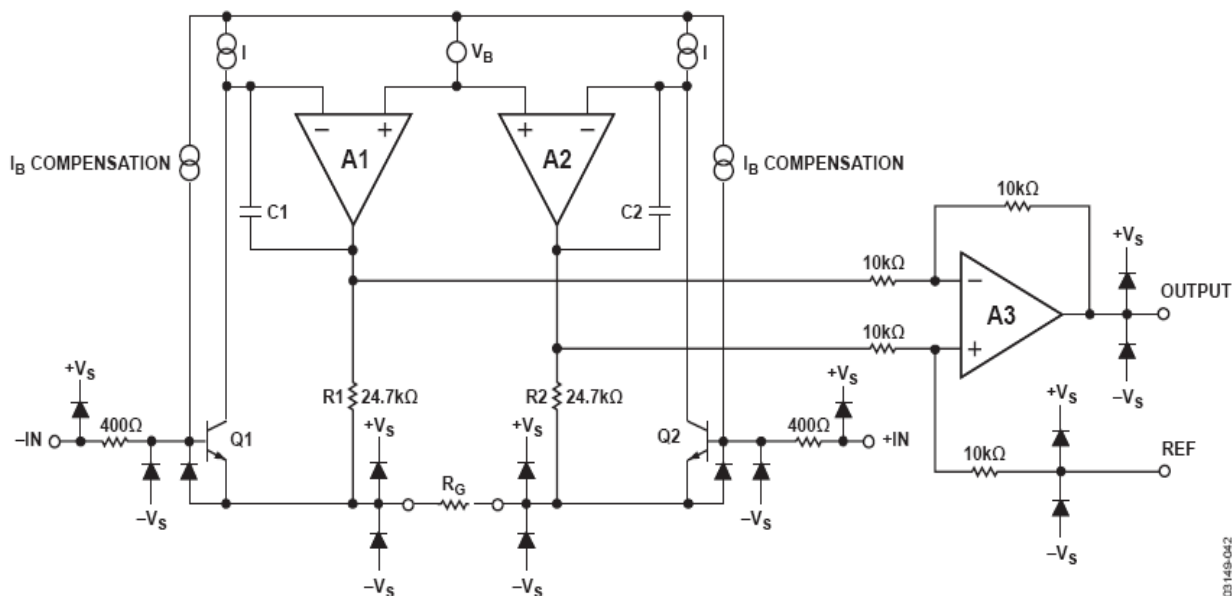


Рисунок 1 – Внутренняя структура AD8221.

Использование супербетта транзисторов на входе и схемы компенсации тока базы обеспечивает чрезвычайно высокий входной импеданс, низкий входной ток и его дрейф. Коэффициент усиления определяется по формуле

$$G = 1 + \frac{49,4}{R_G}, \quad (1)$$

где сопротивление резистора R_G , подключенного между выводами 2 и 3, выражено в килоомах. Коэффициент усиления легко и точно устанавливается одним резистором R_G .

Поскольку усилители входного сигнала используют обратную связь по току, полоса пропускания AD8221 расширяется с увеличением коэффициента усиления. Полоса пропускания не уменьшается при увеличении коэффициента усиления.

Уникальная цоколёвка позволяет увеличить КОСС AD8221 до 80 дБ на частоте 10 кГц ($G = 1$) и до 110 дБ на 1 кГц ($G = 1000$). Сбалансированная цоколёвка уменьшает паразитные ёмкости, которые ранее отрицательно влияли на КОСС инструментальных усилителей.

Для обеспечения заявленных характеристик требуется стабильное напряжение питания усилителя. Шум на выводах питания может отрицательно повлиять на его характеристики. При монтаже требуется использовать

шунтирующие питание конденсаторы ёмкостью 0.1 мкФ (максимально близко к выводам питания) и танталовые конденсаторы по 10 мкФ.

Все выводы AD8221 защищены от статического электричества (до 1 кВ). Кроме того, входной сигнал допускает перегрузку постоянным током ниже отрицательного напряжения источника питания. Внутренние резисторы 400 Ом ограничивают ток в этом случае. Однако, при превышении положительного напряжения питания возможно протекание большого тока. Поэтому должен использоваться внешний резистор для ограничения втекающего тока. В любом случае через входы AD8221 может безопасно протекать ток величиной 6 мА:

$$I = V_{IN} / R_{EXT} \text{ для положительного перенапряжения}$$

$$I = V_{IN} / (400 + R_{EXT}) \text{ для отрицательного перенапряжения.}$$

Исходя из технической документации ИС AD8221, была составлена принципиальная схема усилителя для импедансной спектроскопии, на основе которой затем был изготовлен и протестирован усилитель, подтвердивший свою работоспособность и имеющий следующие характеристики:

- напряжение питания±8 ÷ 15 В;
- входной токменее 3 нА;
- коэффициент усиления2 для канала измерения напряжения;
10. для канала измерения тока;
- КОССболее 80 дБ.

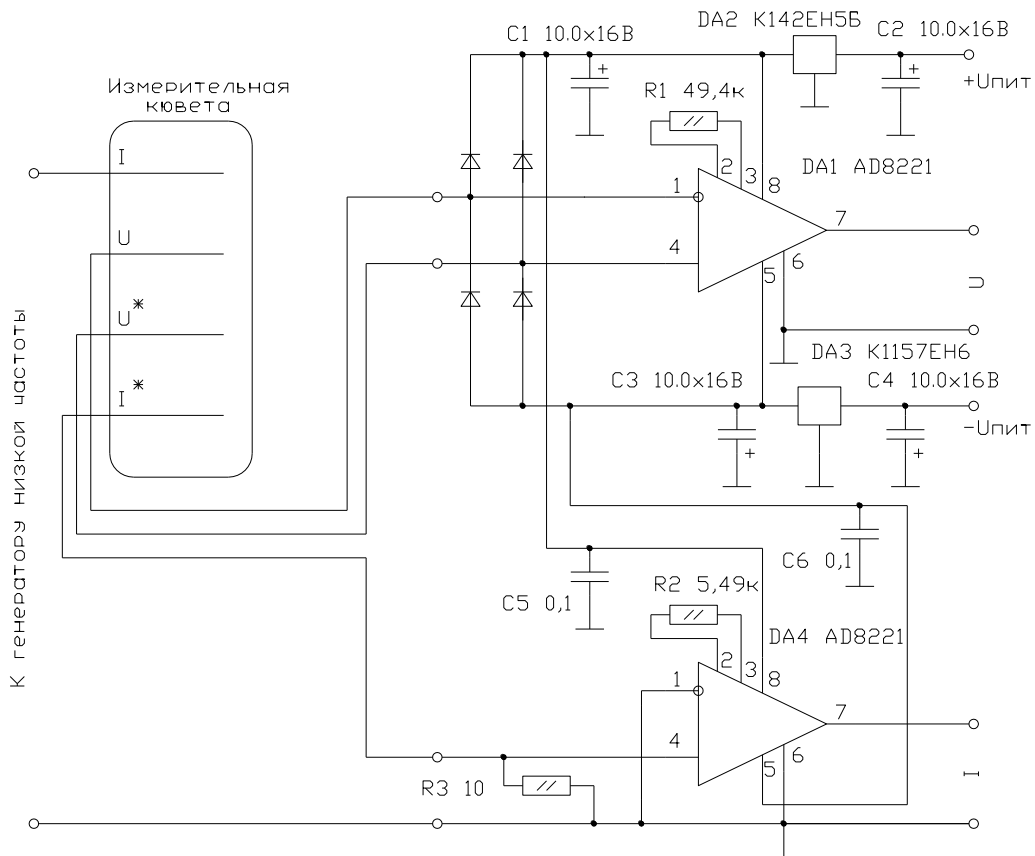


Рисунок 2 - Усилитель для импедансной спектроскопии на основе инструментального усилителя AD8221.

Схема усилителя для импедансной спектроскопии приведена на рисунке 2. Измерительная кювета подключается к генератору низкой частоты через шунт R3. Сигнал с потенциальных электродов U и U* усиливается инструментальным усилителем DA1, а токовый сигнал с шунта R3 – ОУ DA4. Усилители AD8221 применены в стандартном включении. Для дополнительной защиты входов DA1 применены диоды VD1-VD4. Коэффициенты усиления определяются резисторами R1 и R2 и составляют 2 и 10 соответственно. Линии питания шунтированы оксидными танталовыми и керамическими конденсаторами C1-C6. Напряжение питания $\pm 6\text{В}$ стабилизировано интегральными стабилизаторами DA2 и DA3. Выходной сигнал U и I измеряется или отдельными приборами или подается на вход автоматизированной системы обработки данных.

Список литературы

1. Елисеев П.И. Взаимосвязь некоторых свойств почвы лёгкого гранулометрического состава гумидной зоны с электрофизическими параметрами: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.03. М., 2013. 25 с.
2. Поздняков А.И. Позднякова А.Д. Стационарные электрические поля в почвах. М.: КМК Scientific Press Ltd, 1996.
3. Friedman S. Soil properties influencing apparent electrical conductivity: a review // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2005. V. 46 (1). pp. 45-70.
4. Corwin D.L. // *Handbook of Agricultural Geophysics* / ed. by B.J. Allred, J.J. Daniels, M.R. Ehsani. Boca Raton: CRC/Taylor & Francis, 2008.
5. Бычкова Т.В., Гурьянов Г.В., Безик Д.А. К вопросу расчета удельной электропроводности почвы в модели сплошной однородной слабопроводящей среды // *Вестник Брянской ГСХА*. 2017. № 4 (62). С. 57-63.
6. Моделирование работы ячейки для измерения электропроводности почвы методом конечных элементов / Т.В. Бычкова, Г.В. Гурьянов, Д.А. Безик, В.В. Тиликин, А.А. Титенок // *Сборник научных трудов института энергетики и природопользования*. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. С. 33-38.
7. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналогово-цифровых электронных устройств. М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2005. 528 с.
8. [https:// www.analog.com/ en/ products/ amplifiers/ instrumentation-amplifiers.html](https://www.analog.com/en/products/amplifiers/instrumentation-amplifiers.html).
9. Data Sheet AD8221, режим доступа: [https:// www.analog.com/ en/ products/ ad8221.html](https://www.analog.com/en/products/ad8221.html).

Бобанова Жанна Илиична
ведущий научный сотрудник
Петренко Владимир Иосифович
ведущий научный сотрудник
Кроитору Дмитрий Михайлович
старший научный сотрудник
Институт прикладной физики АНМ, г. Кишинев, Республика Молдова
e-mail: v_petrenko@phys.asm.md,

ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ СПЛАВОВ Co-W ИЗ ГЛЮКОНАТНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Аннотация. Исследованы состав, структура и механические свойства покрытий из сплавов Co-W, полученных из борглюконатных электролитов. Показано, что глюконатный электролит, содержащий повышенные концентрации сплавообразующих компонентов, может использоваться для получения нанокристаллических покрытий, является стабильным и эффективным при эксплуатации.

Ключевые слова: сплав Co-W, глюконатный электролит, микротвердость.

ELECTRODEPOSITION OF CO-W ALLOYS FROM GLUCONATE ELECTROLYTES

Zh.I. Bobanova, V.I. Petrenko, D.M. Croitoru

Abstract: The physic-mechanical properties of electrolytic Co-W alloys obtained from gluconate electrolytes are studied. It is shown that electrolytes with an increased concentration of alloy-forming components possess high stability and efficiency and ensure the formation of fine-crystalline coatings with a high hardness.

Key words: Co-W alloys, gluconate electrolyte, microhardness, tungstate.

Введение. Хромовые покрытия широко применяются как защитные, твердые, и износостойкие. Однако высокая токсичность и канцерогенность шестивалентного хрома, низкие выходы по току заставляют искать им замену. Эффективным методом получения покрытий, обладающих повышенной твердостью, износо- и коррозионной стойкостью, является индуцированное соосаждение сплавов вольфрама с металлами группы железа

Целью работы является изучение некоторых физико-механических свойств осадков сплавов кобальта с вольфрамом, получаемых из глюконатных электролитов и сравнение их с хромовыми покрытиями, изучение возможности повышения работоспособности покрытий и процесса осаждения.

Исследовали состав, структуру и механические свойства покрытий из сплавов Co-W, полученных из борглюконатных электролитов при плотностях тока 1-5 А/дм², рН 5-8, температуре раствора 60- 80°C.

Для осаждения Co-W использовали электролиты, описанные в литературе [1].

Состав покрытий и морфологию изучали с помощью СЭМ TESCAN-VEGA и системы элементного анализа INGA Energy DX. Структуру сплавов

определяли рентгеновским анализом. Микротвердость покрытий толщиной не менее 25-30 мкм определяли на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке индентора 20-30 мН и времени выдержки 10 с. Трибологические испытания проводили на машине трения в условиях смазки с возвратно-поступательным движением по схеме “плоскость-цилиндр” при частоте 280 двойных ходов/мин. и с измерением коэффициентов трения при нагрузке в 2Н.

Результаты и обсуждение: Содержание W в покрытии, ВТ по току зависят от концентрации основных компонентов раствора, отношения концентраций солей металлов и лиганда. Увеличение концентрации CoSO_4 и Na_2WO_4 в растворе от 0,05 М до 0,5 М приводит к уменьшению содержания W в покрытии и повышению ВТ по току. (рис 1, рис 2). При этом зависимость ВТ имеет экстремальный характер, с максимумом при $C \sim 0,25$ М.

Содержание вольфрама в покрытиях, осажденных при плотности тока 1 $\text{A}/\text{дм}^2$ из электролитов с концентрацией вольфрамата натрия 0,05 – 0,25 М, сохраняется постоянным, что свидетельствует о возможности получения сплавов со стабильным составом.

Состав электролита влияет на содержание W в покрытии, что определяет структуру получаемых сплавов. Рентгеноструктурный анализ осадков Co-W показал, что в зависимости от pH и плотности тока изменяется дисперсность соединений вольфрама и кобальта, из которых происходит осаждение сплавов. С увеличением i до 3 и 5 $\text{A}/\text{дм}^2$ и pH 6-7 поликристаллическая структура переходит в аморфную.

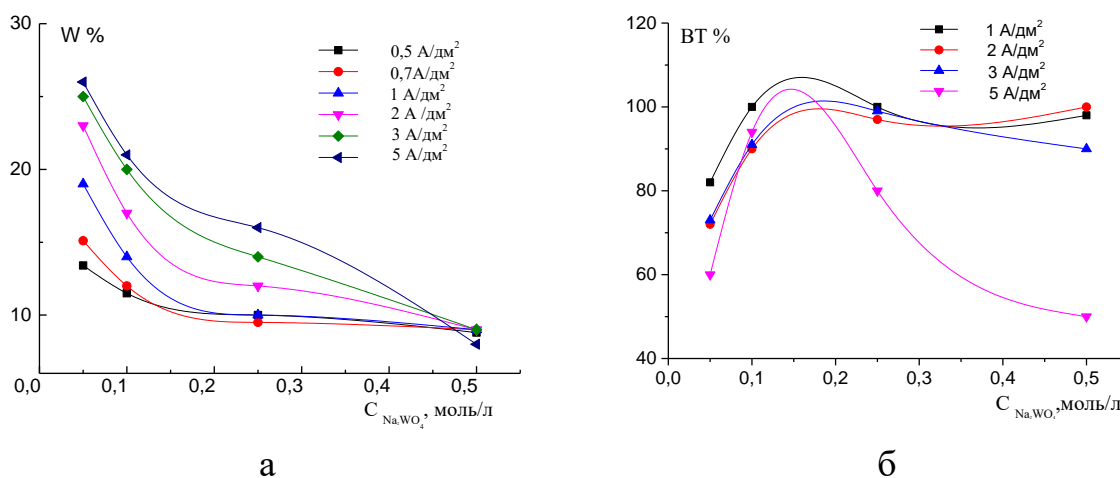


Рисунок 1. Зависимость содержания вольфрама в покрытии и ВТ от содержания Na_2WO_4 в растворе

При содержании W в сплаве $\sim 30\%$ в покрытии образуется аморфная фаза, которая имеет состав близкий к стехиометрическому для соединения Co_3W с размером кристаллитов 16–20 Å и текстурой (00.1). При концентрации W $\sim 14\text{--}16\%$ в покрытии образуется кристаллическая фаза Co_3W с текстурой (00.1), которая с увеличением плотности тока перестраивается в текстуру (20.1). При концентрации W $\sim 8\text{--}9\%$ при $i \sim 2$ $\text{A}/\text{дм}^2$ формируются 2 фазы: в твердом растворе W в $\alpha\text{-Co}$, текстурированном по плоскостям (00.1) и (10.0) соосаждается мелкокристаллическая фаза Co_3W , размер кристаллитов которой с ростом тока до 5 $\text{A}/\text{дм}^2$ уменьшается от 60 Å до 41 Å. В осадках

сплава Co-W, полученных при $i = 1 \text{ А/дм}^2$, образуется Co_3W с поликристаллической структурой и с текстурой (00.1) и (10.0).

Изучение морфологии поверхности показало, что в сплавах, где имеется кристаллическая фаза наблюдается пирамидальный рост кристаллов, а для аморфной фазы характерно образование кристаллитов, форма которых приближается к сферической.

При $i = 1 \text{ А/дм}^2$ и $\text{pH} = 5-7$ характерна поликристаллическая структура покрытий. При осаждении из электролита с $\text{pH} = 5-7$ при $i = 3-5 \text{ А/дм}^2$, происходит аморфизация покрытий. Рассчитанный по уравнению Шеррера размер микрокристаллитов равен $\sim 2 \text{ нм}$. Рентгеноструктурные исследования подтверждают определяющее влияние pH на структуру образующихся покрытий

Формирование структуры покрытий непосредственно связано с морфологией формирующейся поверхности. Наиболее сильное влияние на морфологию оказывает плотность тока. При $i = 1 \text{ А/дм}^2$ образуются мелкокристаллические покрытия с кристаллами пирамидальной формы (рис. 2а, 2б) и при повышении i они становятся более мелкокристаллическими (размер кристаллитов $\sim 2-3 \text{ нм}$), аморфизируются. Их морфология изменяется и кристаллиты объединяются в зерна сфероидальной формы (рис. 2в-2е). Однако морфология различна и в зависимости от pH электролита (ср. рис. 2в и 2г, а также 2д и 2е).

Микротвердость Co-W покрытий из глюконатных электролитов зависит от pH и плотности тока, причем эти зависимости носят экстремальный характер (рис. 3). Для покрытий, полученных при плотности тока осаждения 1 А/дм^2 , достигается наиболее высокая микротвердость, превышающая 900 кг/мм^2 . При увеличении плотности тока до 5 А/дм^2 твердость уменьшается. Величина микротвердости сплава Co-W 1050 кг/мм^2 , достигнутая при концентрации W в покрытии 22,7 ат.%, близка к величине микротвердости хромовых покрытий, осаждаемых из стандартного электролита [2].

Микротвердость нанокристаллических покрытий, полученных из этого электролита ($\text{pH} = 6$, $i = 2,7 \text{ А/дм}^2$), зависит от концентрации W, увеличиваясь с ростом содержания вольфрама в покрытии [3]. В нашем случае это действительно наблюдается, но только при $i = 3 \text{ А/дм}^2$ (рис. 5). При $i = 1-5 \text{ А/дм}^2$ корреляции между микротвердостью и содержанием вольфрама в покрытии не наблюдается (также как и в [2]), поскольку микротвердость зависит не только от содержания вольфрама, но и от структуры покрытия, которая определяется также pH .

Максимальная микротвердость достигается при $\text{pH} = 6-7$ при всех плотностях тока кроме $i = 5 \text{ А/дм}^2$. Максимальной микротвердостью обладают покрытия с поликристаллической структурой и морфологией, которая образуется при осаждении из электролита с $\text{pH} = 6-7$ (рис. 2а). При $\text{pH} = 8$ происходит снижение концентрации вольфрама в покрытии и как следствие изменение микротвердости. При уменьшении концентрации вольфрамата натрия в растворе содержание вольфрама в покрытии уменьшается, что приводит к увеличению микротвердости. Наибольшая микротвердость 850 кг/мм^2 и 700 кг/мм^2 достигается в электролитах с $0,05 \text{ М}$ и $0,1 \text{ М Na}_2\text{WO}_4$.

Трибологические испытания показали, что в диапазоне изменения pH электролита 5 – 6 и при плотностях тока в исследованном диапазоне коэффи-

коэффициент трения сохраняет примерно постоянную величину, которая заметно ниже коэффициента трения гальванического хромирования (рис. 4).

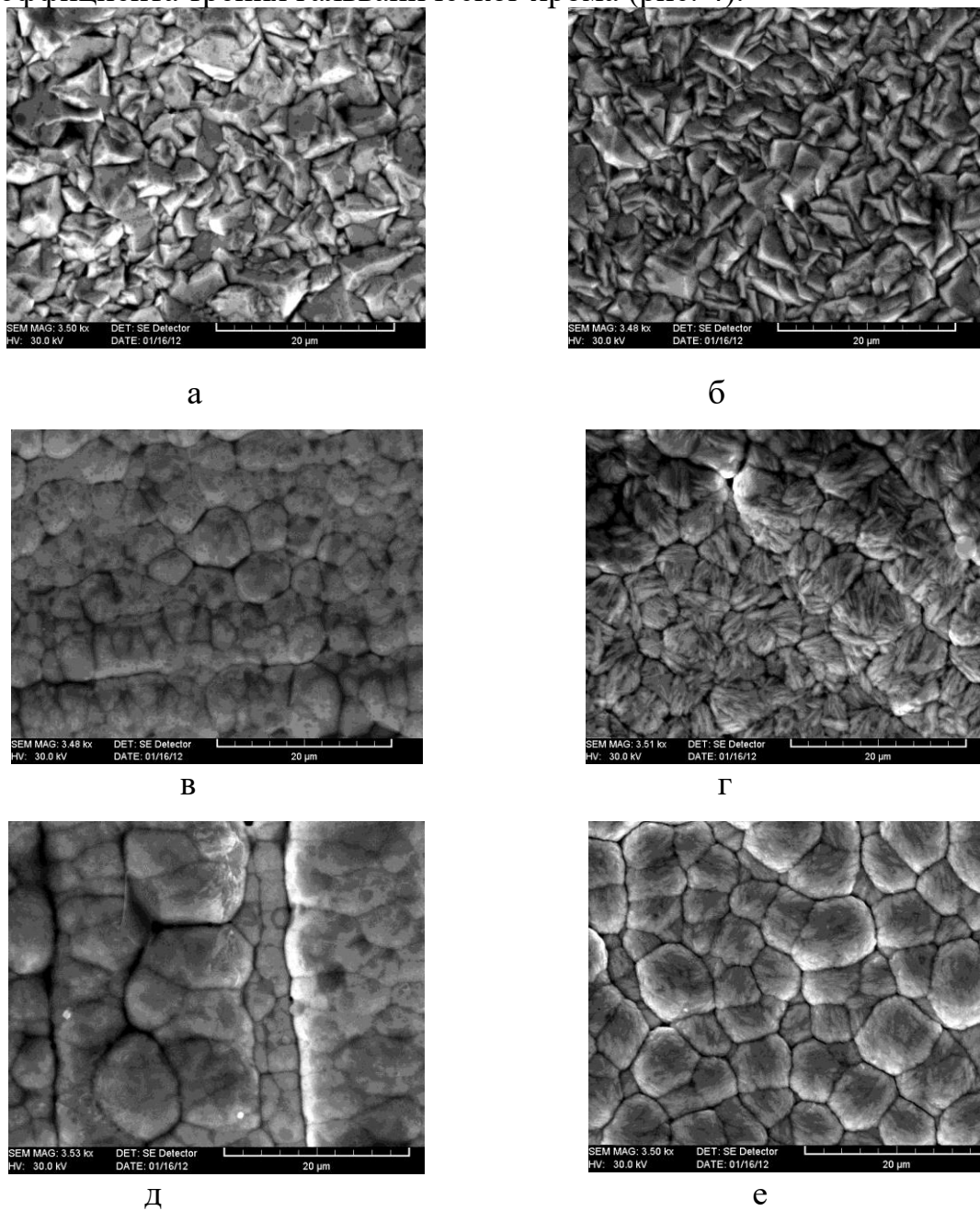


Рисунок 2. Морфология сплава Co-W, полученного из глюконатного электролита с рН 6 (а, в, д) и рН 8 (б, д, е) при плотностях тока 1 (а, б), 3 (в, г) и 5 А/дм²(д, е)

Максимальные скорости осаждения, содержание вольфрама в покрытии, микротвердость и низкий коэффициент трения достигаются в диапазоне рН = 6 - 7. Наличие корреляции между рН глюконатного электролита, используемого для нанесения нанокристаллических сплавов Co-W, и скоростью осаждения, составом покрытий, их структура, микротвердостью и трибологическими свойствами могут быть объяснены как результат образования высокомолекулярных комплексов в растворе электролита при соответствующих условиях, что подтверждается гель-фильтрационной хроматографией.

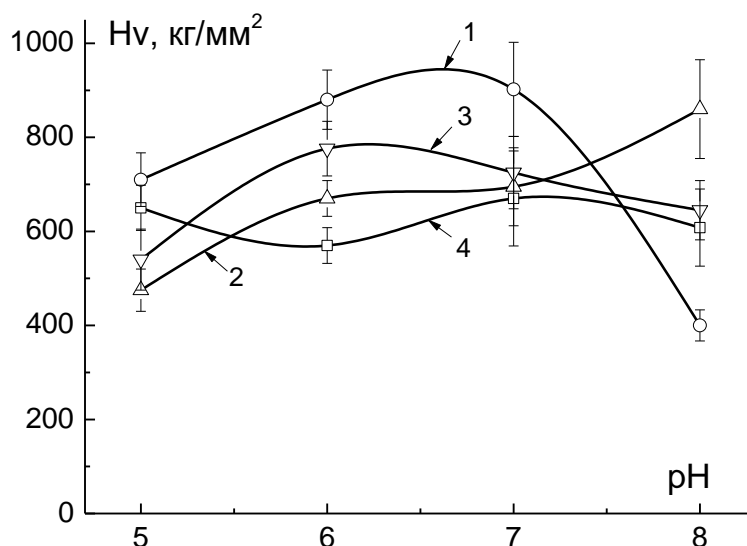


Рисунок 3. Зависимость микротвердости покрытий от pH электролита при плотности тока, А/дм²: 1–1, 2 –2, 3 – 3, 4 – 5.

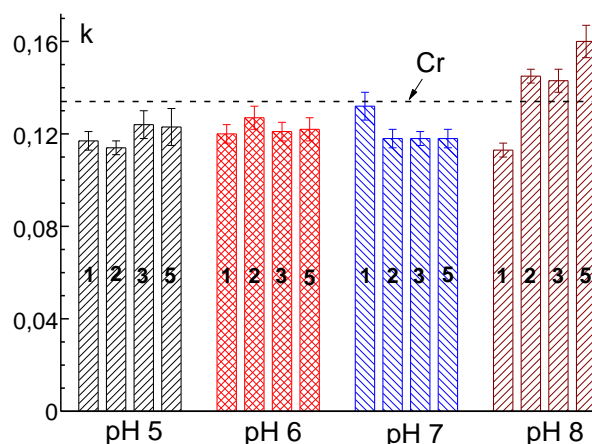


Рисунок 4. Коэффициент трения для сплавов, нанесенных в различных условиях (плотности тока указаны на диаграмме).

Глюконатный электролит, содержащий повышенные концентрации сплавообразующих компонентов, может использоваться для получения нанокристаллических покрытий Co-W, так как сохраняется высокий ВТ и постоянное значение микротвердости при длительной проработке до 10 Ач/л, является стабильным и работоспособным при эксплуатации.

Финансовая поддержка настоящей работы обеспечивалась по Национальному проекту Молдовы (№ 15.817.02.05.A) и европейскому проекту HORIZON 2020 SMARTELECTRODES (778357).

Список литературы

1. Electrochim / D.P. Weston, S.J. Harris, P.H. Shipway, N.J. Weston, G.N. Yap // Acta. 2010. 55, 5695-5708.
2. Feng-hua Su, Can-sen Liu, Ping Huang Appl.Surf. Science, 2012, 258, 6550-6571.
3. Weston D.P., Gill S.P.A., Fay M., Harris S.J., Yap G.N., Zhang D., Dinsdale K. Surf. Coat. Technol. 2013. 236, 75-83.

Бояркин Дмитрий Андреевич
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Зверева Людмила Алексеевна,
канд. экономических наук,
доцент кафедры природообустройства и водопользования
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

ОПТИМИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ СВАЛКАМИ ТБО БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация: Воздействие человека на ландшафтную сферу настолько усилилось в последние десятилетия, что традиционные методы слежения за её состоянием уже не отвечают современным требованиям управления географическими процессами. Альтернативой традиционным методам наблюдения за состоянием ландшафтнoй сферы в условиях возрастающего антропогенного воздействия выступает концепция дистанционного мониторинга с использованием средств ГИС. Целесообразность применения этих средств не в последнюю очередь связана с растущей под антропогенным воздействием пространственной неоднородностью ландшафтнoй сферы.

Ключевые слова: загрязнение, мусор, переработка, утилизация, окружающая среда.

OPTIMIZATION OF MONITORING OF POLLUTED LANDS WITH BULKERS OF BRYANSK REGION

D.A. Boyarkin, L. A. Zvereva

Annotation. The human impact on the landscape sphere has intensified so much in recent decades that the traditional methods of tracking its condition no longer meet modern requirements for managing geographical processes. An alternative to traditional methods of monitoring the state of the landscape sphere in the context of increasing anthropogenic impact is the concept of remote monitoring using GIS tools. The expediency of using these tools is not in the last place connected with the spatial heterogeneity of the landscape sphere growing under anthropogenic influence.

Key words: pollution, garbage, recycling, utilization, environment.

Проблема размещения твердых бытовых отходов (ТБО) в Брянской области в силу ее географических особенностей (большая территория под лесами и сельскохозяйственными землями и пр.) стоит особенно остро. Ежегодно в Брянской области образуется свыше 1 миллиона тонн твердых бытовых отходов. Причем основная масса этого мусора без сортировки и извлечения вывозится на полигоны и свалки для захоронения. Только 18% от общего объема перерабатывается, а значит, регион теряет большое количество макулатуры, чёрных и цветных металлов, полимерных материалов и стекла. [1]

Несанкционированные свалки исключают из землепользования ценные земли различного назначения, включая сельскохозяйственные. Наличие в свалках опасных отходов и неизбежных выделений (например, свалочного фильтрата) способно нарушить сложившиеся процессы метаболизма в прилегающих к свалкам участках ландшафтнoй сферы. [5]

На настоящий момент обеспеченность населения контейнерами для накопления мусора явно недостаточна. В ряде районов, как было отмечено ранее, до сих пор производится бес контейнерный вывоз мусора. Это влечет за собой следующие негативные последствия, как для благополучия человека, так и для окружающей среды в целом. К таковым относятся:

- Формирование несанкционированных свалок мусора;
- Распространение мусора по обширной территории вследствие нарушения целостности тары (пакеты, коробки);
- Ухудшение санитарно-гигиенических условий на прилегающей территории;
- Невозможность внедрения раздельного сбора ТБО;
- Потеря значительных объемов вторичных ресурсов, которые могли бы быть использованы в производстве;
- Ухудшение качества окружающей среды в целом.

Во многих зарубежных странах без пилотные аппараты (БЛА) оказывают широкий комплекс услуг в сельском хозяйстве. При этом использование БЛА не только повышает качество и объемы производимой продукции, но экономит денежные средства.

В Институте геологии Национальной академии наук Республики Беларусь установили, что мониторинг выявления несанкционированных карьеров и свалок с применением БЛА на 40% менее затратный и более эффективный, чем полевые рейды.

Систему мониторинга несанкционированных свалок отходов с использованием беспилотных летательных аппаратов планируют создать в Московской области.

В то время как в Брянской области исследованию географических аспектов свалок ТБО до сих пор не уделяется должного внимания, о чем свидетельствует не только ограниченное количество научных публикаций, но и слабое внедрение в практику контроля свалок технологий дистанционного зондирования. В Брянской области уровень изученности свалок и эмпирического обобщения имеющихся данных явно недостаточен и не соответствует природной, экологической и хозяйственной значимости обозначенной проблемы.

Использование спутниковых снимков, способных существенно изменить принципы получения информации и повлиять на планирование региональных природоохранных и хозяйственных мероприятий, сдерживается отсутствием разработок. В практическом аспекте актуальность темы связана не только с достижением нового уровня информационного обеспечения мониторинга, базирующегося на материалах дистанционного зондирования и ГИС технологиях, но и фактическим обнаружением скоплений мусора и определением характеристик свалок. Разработка самой схемы мониторинга позволит повысить эффективность и достоверность оценок состояния свалок и полигонов ТБО. Кроме того, насущным остается определение воздействия свалок на компоненты географической среды (литогенную основу, поверхностный сток, растительный покров и т.п.). [4]

Предложим следующую технологию мониторинга несанкционированных свалок с применением спутниковых снимков высокого разрешения и сведений земельного кадастра:

1. Подготовительный этап:

1.1 создание цифровой карты (пространственной базы данных) обследуемой территории;

1.2 сбор сведений о существующих несанкционированных свалках (их местоположении и составе) в природоохранных комитетах местных органов власти и организациях, занимающихся охраной окружающей среды;

1.3 предварительное выявление участков обследуемой территории, которые с большой вероятностью могут быть подвержены возникновению несанкционированных свалок (например, участки вдоль автомагистралей);

1.4 сбор данных дистанционного зондирования высокого разрешения на обследуемую территорию;

1.5 развёртывание картографического веб-сервиса для информирования населения о состоянии окружающей среды в части, касающейся захламления земель, с возможностью обратной связи (сообщения добровольцами о местах обнаруженных ими свалок и состава отходов в них).

2. Основные работы:

2.1 обработка спутниковых снимков высокого разрешения с целью выявления объектов, которые могут являться несанкционированными свалками.

2.2 полевое обследование мест, классифицированных как несанкционированная свалка, с целью оценки точности полученных результатов камерального дешифрирования в условиях данного района;

2.3 создание масок для обработки последующих серий изображений;

2.4 выявление пространственных факторов, определяющих территории, подверженные захламлению.

2.5 создание прогнозной карты мест возникновения несанкционированных свалок;

2.6 получение новых снимков высокого разрешения (через определённое время — периода мониторинга), их обработка.

2.7 полевое обследование подозрительных мест;

2.8 оперативная проверка информации, поступившей от населения;

2.9 обновление прогнозной карты мест возникновения свалок;

ГИС мониторинга земель, нарушенных несанкционированными свалками должна: содержать сведения о текущем использовании земель; сведения о земельных участках, захламление которых отходами повлечёт особенно неблагоприятные последствия; сведения о нарушенных землях (не только о несанкционированных свалках); позволять обнаруживать новые свалки и определять их площадь; предсказывать с определённой степенью точности места наиболее вероятного возникновения несанкционированных свалок; быть доступной для общественности.[3]

Также для оптимизации мониторинга могут применяться следующие методы:

- для предотвращения нарушения земель несанкционированными свалками и проверок соблюдения земельного законодательства может быть применён метод прогнозирования мест их возникновения, а также подходы к принятию решений о защите земельных ресурсов;

- с целью оценки опасности, которую представляют те или иные свалки для земельных ресурсов, может применяться метод расчёта экологического риска земельным ресурсам от возникновения пожара на несанкционированных свалках; [2]

Законный путь утилизации отходов можно делать экономически выгодным для владельца отходов несколькими путями: снижением тарифов на вывоз и утилизацию отходов; увеличением штрафов за незаконное размещение отходов. Такие меры эффективны при развитии технологий и систем обращения с отходами. Штрафные санкции за захламление земель и вероятность поимки нарушителей необходимо повышать: в России их величина на порядки ниже таковых в развитых странах. [6]

Список литературы

1. Антипова А.В. Географическое изучение использования территории при выявлении и прогнозировании экологических проблем // География и природные ресурсы. 1994. № 3. С. 26-32.
2. Богданов В.Л., Гарманов В.В., Рябов Ю.В. Повышение эффективности землепользования // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2012. № 26. С. 295-302.
3. Мельникова Б.Б. Разработка теоретических основ создания космического мониторинга с целью обеспечения оперативной информацией ГИС городского земельного кадастра (мониторинг озелененных территорий) // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2006. № 4. С. 91-104.
4. Пикина Е.В. Рябов Ю.В., Гарманов В.В. Информационные технологии при мониторинге нарушенных земель // XLI Неделя науки СПбГПУ: материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием. 2012. Ч. 1. С. 361-362.
5. Рябов Ю.В. Обоснование механизмов защиты земельных ресурсов от возникновения несанкционированных свалок // Региональные исследования. 2013. № 1 (39). С. 49-56.
6. Зверева Л.А. Обоснование экономической эффективности реабилитационных мероприятий в растениеводстве на радиоактивно загрязненных землях (на материалах Брянской области): дис. ... канд эк. наук. Брянск, 2005.
7. Соколов Н.А., Михайлов О.М. Методология исследования аграрных проблем региона // Вестник Брянской ГСХА. 2012. № 2. С. 38-43.
8. Белоус Н.М., Мальцев В.Ф., Мельникова О.В. Особенности производства экологически безопасной продукции растениеводства в Брянской области // Регион - 2006. Конкурентоспособность бизнеса и технологий как фактор реализации национальных проектов: материалы международной

научно-практической конференции / под общ. ред. проф. А.В. Матвеева. 2006. С. 413-416.

9. Ульянова Н.Д., Купреенко А.И. Перспективы использования информационных технологий при производстве экологической продукции АПК // Проблемы экологизации сельского хозяйства и пути их решения: материалы национальной научно-практической конференции. 2017. С. 115-119.

10. Ульянова Н.Д., Милютина Е.М. Практическое использование информационных технологий в аграрном производстве // Новые информационные технологии в образовании и аграрном секторе экономики: сборник материалов I Международной научно-практической конференции. 2018. С. 28-33.

11. Кулев Е.Г., Бишутина Л.И. Современные информационные системы для АПК // Новые информационные технологии в образовании и аграрном секторе экономики: сборник материалов I Международной научно-практической конференции. 2018. С. 128-131.

Бычкова Татьяна Викторовна

канд. педагогических наук,

доцент кафедры математики, физики и информатики

Рыжик Валентина Николаевна

канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры математики, физики и информатики

Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

МАКСИМАЛЬНАЯ ω -ЛОКАЛЬНАЯ ПОДФОРМАЦИЯ И ЕЕ МИНИМАЛЬНЫЙ ω -ЛОКАЛЬНЫЙ СПУТНИК

Аннотация. Доказана лемма о том, что если некоторая формация l^ω неприводима, то ее максимальная ω -локальная подформация имеет минимальный ω -локальный спутник, обладающий определенными свойствами.

Ключевые слова: группа, ω -формация, подформация, ω -локальный спутник.

THE MAXIMUM -LOCAL SUBFORMATION AND THE MINIMUM - LOCAL SATELLITE

T.V. Bychkova, V.N. Ryzhik

Abstract. We prove a Lemma that if a certain formation l is non-trivial d -dim, then its maximal-local subformation has minimal a local satellite with certain properties.

Key words: group, -formation, subformation, -local satellite.

Формации - это классы конечных групп, замкнутые относительно взятия гомоморфных образов и конечных подпрямых произведений. Подформация формации \mathfrak{F} -такая формация \mathfrak{M} , что $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{F}$. Максимальная подформация формации \mathfrak{F} -такая собственная подформация \mathfrak{M} формации \mathfrak{F} , что для любой формации \mathfrak{S} с условием $\mathfrak{M} \subseteq \mathfrak{S} \subseteq \mathfrak{F}$ следует $\mathfrak{S} \in \{\mathfrak{M}, \mathfrak{F}\}$

Так как решетка ω -локальных подформаций у ω -локальной формации \mathfrak{F} в общем случае бесконечна, то при изучении внутреннего строения \mathfrak{F} применение индуктивных методов рассуждения затруднительно. Это обстоятельство привело к необходимости разработки особых методов исследования ω -локальных формаций, связанных с понятием критической формации.

Локальная формация \mathfrak{F} называется \mathfrak{S}_1 -критической [2] или минимальной локальной не \mathfrak{S} формацией, если $\mathfrak{F} \not\subseteq \mathfrak{S}$, но $\mathfrak{F}_1 \subseteq \mathfrak{S}$ для каждой собственной локальной подформации \mathfrak{F}_1 из \mathfrak{F} . Теория минимальных локальных не \mathfrak{S} -формаций была детально разработана А.Н.Скибой в работах [3,4]. По аналогии с \mathfrak{S}_1 -критическими формациями в работе [1] были введены минимальные ω -локальные не \mathfrak{S} -формации, т.е.такие ω -локальные формации $\mathfrak{F} \not\subseteq \mathfrak{S}$, у которых каждая собственная ω -локальная подформация $\mathfrak{F}_1 \subseteq \mathfrak{S}$. Там же были

описаны минимальные ω -локальные ненильпотентные формации. Целью данной статьи является описание минимальных ω -локальных не \mathfrak{S} -формаций, где \mathfrak{S} - произвольная 2-кратно локальная формация.

ω -локальная формация \mathfrak{F} называется 1^o неприводимой, если

$$\mathfrak{F} \neq \text{lform}_{\omega}(\cup_{i \in I} \mathfrak{F}_i),$$

где $\{\mathfrak{F}_i \mid i \in I\}$ -набор всех собственных ω -локальных подформаций формации \mathfrak{F} .

Лемма. Пусть $A \in \text{form} \mathfrak{X}$. Тогда

$$A/A_{\omega} \in \text{form}(B/B_{\omega} \mid B \in \mathfrak{X})$$

Доказательство. Пусть $G = A/A_{\omega}$, $M = \text{Soc}(G)$. Тогда $\pi(M) \cap \omega = \emptyset$. Если

$$G \notin \mathfrak{M} = \text{H}\mathfrak{X}$$

то согласно теореме 2.2.4([1],с.29) в $\text{form} \mathfrak{X}$ найдется группа H с такими нормальными подгруппами $N, M, N_1, M_1, \dots, N_t, M_t (t \geq 2)$, что выполняются следующие условия:

1) $H/N \cong G$ и $M/N = \text{Soc}(H/N)$;

2) $N_1 \cap \dots \cap N_t = 1$;

3) H/N_i - монолитическая \mathfrak{M} - группа с монолитом M_i/N_i , H - изоморфным $M_i N/N$.

Из 3) и того, что $\pi(M) \cap \omega = \emptyset$ следует, что $(H/N_i)_{\omega}$ - единичная подгруппа в H/N_i .

Значит в виду 1) и 2)

$$G \in \text{form}(B/B_{\omega} \mid B \in \text{H}\mathfrak{X})$$

Пусть теперь $G \in \mathfrak{X}$ и N - нормальная подгруппа в G .

Тогда ввиду изоморфизма

$$G_{\omega} N/N \cong G_{\omega} / G_{\omega} \cap N,$$

Имеет место

$$G_{\omega} N/N \subseteq (G/N)_{\omega}.$$

Значит,

$$(G/N)/(G/N)_{\omega} \in \text{form}(G/G_{\omega}).$$

Таким образом,

$$(A/A_{\omega} \mid A \in \mathfrak{X}) \subseteq \text{form}(B/B_{\omega} \mid B \in \mathfrak{X})$$

Лемма доказана.

Список литературы

1. Джарадин Джехад. Минимальные p -насыщенные ненильпотентные формации // Вопросы алгебры. Гомель: Изд-во Гомельского ун-та, 1995. Вып. 8. С. 59-64.
2. Рыжик В.Н. О p -насыщенных формациях // Международная алгебраическая конференция, посвященная памяти Л.М. Глушкина: тез. докл. Славянск, 1997. С. 81.
3. Скиба А.Н. Характеризация конечных разрешимых групп заданной нильпотентной длины // Вопросы алгебры. Минск: Университетское, 1987. Вып. 3. С. 21-31.
4. Скиба А.Н. О минимальных локальных не p -сверхразрешимых формациях // Вопросы алгебры. Минск: Университетское, 1987. Вып. 1. С. 105-112.
5. Шеметков Л.А. Экраны ступенчатых формаций // Тр. VI Всесоюзн. Симпозиум по теории групп. Лиев: Наукова думка, 1980. С. 37-50.
6. Шеметков Л.А., Скиба А.Н. Формации алгебраических систем. М.: Наука 1989. 253 с.

Вовасов Дмитрий Александрович
Поздняков Александр Алексеевич
Фиц Дмитрий Павлович

*магистранты кафедры природообустройства и водопользование
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск*

МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАЖНОСТИ, ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

***Аннотация:** Для определения влажности почвы использовался метод сушки образцов почвы, в основу которого положено определение количества воды, содержащейся в почве, путем высушивания отобранных образцов почвы*

METHODS OF OBTAINING AND PROCESSING DATA TO DETERMINE THE PRODUCTIVE HUMIDITY, CHARACTERISTICS OF FIELD MATERIALS.

D.A. Vovasov, A.A. Pozdnyakov, D.P. Fitz

***Abstract:** To determine soil moisture, a method of drying soil samples was used, which is based on the determination of the amount of water contained in the soil by drying the selected soil samples*

Для анализа изменений запасов продуктивной влаги использовались данные полученные на государственных метеостанциях страны: г. Брянска, г. Стародуба Брянской области, г. Михайлов, г. Рязьска, г. Шацка, г. Сасово, г. Павелец Рязанской области; г. Алатырь Чувашии и других.

Для определения влажности почвы использовался метод сушки образцов почвы, в основу которого положено определение количества воды, содержащейся в почве, путем высушивания отобранных образцов почвы, согласно требованиям методики, принятой в Гидрометеослужбе.

Наблюдения за влажностью почвы осуществлялись на постоянных наблюдательных участках, площадью 1 га, выделенных на всех полях ведущего севооборота, в течение не менее 10 лет. Выбранные наблюдательные участки являлись однотипными по почвенному покрову, глубине залегания уровня грунтовых вод ($H \geq 6$ м), рельефу, характеру агротехники.

На каждом наблюдательном участке влажность почвы определялась не менее чем в четырехкратной повторности. Скважины располагались с таким расчетом, чтобы средняя из повторностей наилучшим образом отражала влажность всего наблюдательного участка с учетом естественной пестроты распределения влажности на данном поле и согласно схеме расположения скважин и их смещения от срока к сроку и от года к году. Наблюдения производились систематически в течение всего вегетационного периода один раз в декаду.

Забор проб производился в слоях почвы, расположенных через каждые 10 см на глубину 1 м из каждой скважины с помощью почвенного бура АМ - 26 м. Принцип действия бура основан на ручном вращении бурового стакана с помощью штанги и ручки воротка, в процессе которого бур заглубляется, и буровой стакан заполняется почвой. Из каждой скважины пробы для определения влажности брались последовательно по мере углубления бура через каждые 10 см. Отсчеты глубин взятия проб производились по меткам, нанесенным на штанге бура, который при взятии проб шел совершенно отвесно. Пробы брались из нижней трети сурового стакана так, чтобы в них не попала почва других горизонтов. Перед взятием проб бур тщательно очищался. После взятия пробы извлечение почвы производилось максимально быстро во избежание искажения результатов за счет испарения влаги из отобранного образца. Стаканчик плотно закрывался крышкой и обтирался. Взятая проба почвы занимала не менее половины объема весового стаканчика. Почва из бура во избежание засорения поверхности поля вынималась на клеенку. После взятия пробы каждая скважина тщательно засыпалась вынутой из нее при очистке бура почвой по возможности в той же последовательности, в какой она вынималась из скважины. После засыпки место расположения скважины отмечалось переносной вешкой, на которой отмечался номер скважины.

После взятия каждой пробы по установленной форме производилась запись номера стаканчика и глубины слоя почвы, из которого она вынута.

Весовые стаканчики, изготовленные из алюминия, диаметром 5 см, высотой 4 см, массой около 25 г, имеют номера, обозначенные на крышке и самом стаканчике. До начала работы каждый стаканчик, предварительно протертый и высушенный, взвешивался на весах ВЛК - 500 с точностью до 0,1 г, результаты взвешивания заносились в специальный журнал. После доставки в лабораторию пробы взвешивались на технических весах с точностью до 0.05 г.

Сушка проб почвы производилась в сушильных шкафах с электрическим

обогревом при температуре $100^{\circ}\dots 105^{\circ}$ до постоянного веса. В термостате стаканчики находились в открытом виде, крышки помещались под дно стаканчика. После окончания прогрева весовые стаканчики вынимались из термостата и сразу же закрывались крышками, после охлаждения взвешивались с точностью до 0.1 г.

На основании полученных данных по разности веса образца до и после высушивания вычислялась влажность в процентах от веса абсолютно сухой почвы. Влажность почвы, выраженная в процентах от веса сухой почвы, равна:

$$\frac{a \cdot 100}{v}, \quad (2.1)$$

где a - масса воды, испарившейся из почвы за время высушивания, г;

v - масса образца почвы после высушивания, г.

Дальнейшая первичная обработка данных по влажности заключалась в вычислении средних ее значений по каждому слою почвы и по этим средним

- запасов продуктивной влаги. Количество продуктивной влаги ее запасы, выражаемые в мм толщины водяного слоя, вычислялась по формуле:

$$W=0.1 \ qh(u-k), \quad (2.2)$$

где W - запасы продуктивной влаги, мм;
 q - объемный вес, г/см³;
 h - мощность слоя почвы, см;
 u - влажность почвы, %;
 k - влажность устойчивого завядания, % .

По методике, принятой в Гидрометеослужбе, запасы влаги подсчитываются для каждого десятисантиметрового слоя почвы и в самом верхнем 0 - 5 см слое. Запасы влаги в слоях любой большей мощности получают простым суммированием запасов, входящих в него десятисантиметровых слоев. Необходимые для расчетов запасов продуктивной влаги в почве агрогидрологические константы определялись на тех же полях и тех же глубинах, на которых определялась влажность почвы.

Список литературы

1. Байдакова Е.В., Ляхова Л.А. Выбор оптимальных трудоохранных мероприятий в мелиорации // Проблемы природообустройства и экологической безопасности: материалы XVI Межвузовской научно-практической конференции. Брянск, 2003. С. 47-49.

2. Байдакова Е.В. Рекомендации по размещению мелкотрубчатых колодцев по территории // Проблемы энергообеспечения, информатизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-практической конференции / под ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2011. С. 12-14.

3. Повышение эффективности оросительных систем Брянской области с использованием современных технических средств орошения / Е.В. Байдакова, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Л.А. Зверева, О.Н. Демина, Н.В. Каничева, В.Н. Кровопускова // Отчет по хоздоговорной НИР кафедры № 44а ГЗ от 25.06.2017 г.

4. Василенков В.Ф., Василенков С.В., Байдакова Е.В. Рекомендации к расчету экономической эффективности инженерных мероприятий по снижению доз радиоактивного облучения населения. Брянск, 2007.

5. Байдакова Е.В. Регулирование перемещения радионуклидов по территории мелиоративными мероприятиями: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Московский государственный университет природообустройства. М., 2009.

6. Байдакова Е.В. Регулирование перемещения радионуклидов по территории мелиоративными мероприятиями: дис. ... канд. техн. наук / Московский государственный университет природообустройства. Брянск, 2009.

Воронин Алексей Анатольевич
ст. преп. кафедры электроэнергетики и автоматики
Курченков Дмитрий Алексеевич
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Пархомчук Артур Иванович
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Белков Игорь Александрович
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация. Рассмотрены основные принципы автоматического управления в современном сельскохозяйственном производстве, основное оборудование, применяемое для управления и контроля технологическими процессами. В современном сельскохозяйственном производстве применяются системы автоматического управления, построенные на основе отечественного и зарубежного передового опыта. Средства автоматизации строятся обычно на микропроцессорной основе, что позволяет настраивать САУ и его режимы под конкретное производство.

Ключевые слова. Автоматизация, технические средства автоматизации, алгоритмы управления, принципы управления.

MODERN AUTOMATION EQUIPMENT USED IN AGRICULTURE.

A.A/ Voronin, D. A. Kurchenkov, A.I. Parhomchuk, I.A. Belkov

Annotation. The basic principles of automatic control in modern agricultural production are considered. Also, the main equipment used for the control and monitoring of technological processes is given. In modern agricultural production, automatic control systems are used, built on the basis of domestic and foreign best practices. Automation tools are usually built on a micro-processor basis, which allows you to configure the ACS and its modes for a specific production.

Keywords. Automation, technical means of automation, control algorithms, control principles.

Введение. Автоматизация – процесс, при котором функции управления и контроля осуществляются методами и средствами автоматики. В применении к любому производству автоматизация характеризуется освобождением человека от непосредственного выполнения функций управления производственными процессами и передачей этих функций автоматическим устройствам. Автоматизация позволяет решить ряд вопросов технического, экономического и социального характера [1 – 6].

Основные принципы управления.

Системы автоматического управления (САУ) делится на:

1. *Системы автоматической стабилизации.* Выходное значение поддерживается на постоянном уровне (заданное значение — константа). Отклонения возникают за счёт возмущений и при переключении.

2. *Системы программного регулирования.* Заданное значение изменяется по заранее заданному программному закону $f(t)$. Наряду с ошибками, встречающимися в системах автоматического регулирования, здесь также имеют место ошибки от инерционности регулятора.

3. *Следящие системы.* Входное воздействие неизвестно. Оно определяется только в процессе функционирования системы. Ошибки очень сильно зависят от вида функции $f(t)$.

4. *Системы экстремального регулирования.* Способны поддерживать экстремальное значение некоторого критерия (например, минимальное или максимальное), характеризующего качество функционирования данного объекта. Критерием качества, который обычно называют целевой функцией, показателем экстремума или экстремальной характеристикой, может быть либо непосредственно измеряемая физическая величина (например, температура, ток, напряжение, влажность, давление), либо КПД, производительность и др.

5. *Адаптивные системы автоматического управления.* Служат для обеспечения желаемого качества процесса при широком диапазоне изменения характеристик объектов управления и возмущений.

Современные средства управления, применяемые в сельском хозяйстве

САУ в сельском хозяйстве строится на основе основных стандартных базовых средств управления. К ним относятся: программируемые логические контроллеры (ПЛК), частотные преобразователи (ЧП), программируемые логические реле и операторские панели. В простейшем случае они могут работать, самостоятельно образуя локальную систему управления. Более сложная система строится по иерархическому принципу, когда приборы автоматизации, работающие на местном уровне, объединены в систему под управлением компьютеров со SCADA – системой.

SCADA системы.

SCADA (аббр. от англ. *supervisory control and data acquisition* - *диспетчерское управление и сбор данных*) — программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте (мониторинг), а также возможного контроля и управления данным объектом [6 - 8].

В названии SCADA присутствуют две основные функции, возлагаемые на системы этого класса:

- сбор данных о контролируемом процессе;
- управление технологическим процессом, реализуемое ответственными лицами на основе собранных данных и правил (критериев), выполнение которых обеспечивает наибольшую эффективность технологического процесса.

Процесс управления в современных SCADA-системах имеет следующие особенности:

- процесс SCADA применяется в системах, в которых обязательно наличие человека (оператора, диспетчера);
- процесс SCADA был разработан для систем, в которых любое неправильное воздействие может привести к отказу объекта управления или даже катастрофическим последствиям;
- оператор несет, как правило, общую ответственность за управление системой, которая при нормальных условиях только изредка требует подстройки параметров для достижения оптимальной производительности;
- активное участие оператора в процессе управления происходит нечасто и в непредсказуемые моменты времени, обычно в случае наступления критических событий (отказы, нештатные ситуации и пр.);
- действия оператора в критических ситуациях могут быть жестко ограничены по времени (несколькими минутами или даже секундами).

Для взаимодействия человека с системой управления, традиционно используют элементы управления, но для повышения гибкости и функциональности в последнее время часто применяют операторские панели.

Операторская панель.

Операторская панель (операторная панель, жарг. Панель или англ. НМІ, также устар. Пульт оператора) — специализированное вычислительное устройство массового (либо крупносерийного) производства, реализованное в виде промышленного контроллера (а не компьютера), широко использующее человеко-машинный интерфейс для управления операторами отдельными автоматизированными устройствами или целыми технологическими процессами в составе АСУ ТП в рамках промышленной автоматизации.

Типовая панель предоставляет пользователю следующую функциональность:

- визуализация технологического процесса (или объекта) и его параметров в текстовом или графическом виде;
- управление и обработка аварийных сообщений и уведомлений с регистрацией времени и даты их возникновения;
- ввод параметров процесса и оперативное управление с помощью функциональных кнопок или сенсорного экрана;
- обмен данными со смежным оборудованием и системами;
- возможность выбора загруженных рецептов и их редактирование;
- ограничение доступа пользователей к некоторым функциям системы и администрирование прав пользователей;
- отображение диаграмм и трендов, отображение сводных отчетов;
- архивирование данных процесса;
- выполнение команд по расписанию.

Для осуществления управления локальными САУ целесообразно использовать автономные устройства. Универсальными устройствами позволяющими строить гибкие локальные САУ являются ПЛК и программируемые логические реле.

Программируемые логические контроллеры.

Программируемые логические контроллеры — технические средства, используемые для автоматизации технологических процессов. Это электронное специализированное устройство, работающее в реальном масштабе времени. ПЛК обычно применяются для управления последовательными процессами, используя входы и выходы для определения состояния объекта и выдачи управляющих воздействий. ПЛК представляет собой микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления, он имеет конечное количество входов и выходов, к которым подключены датчики, ключи, исполнительные механизмы объекта управления.

Для используемых в настоящее время релейно-контактных систем управления характерна невысокая надёжность, наличие открытых контактов и др. Применение ПЛК для автоматизации локальных систем управления является наиболее эффективным [9 - 13].

Программируемые логические реле

Программируемые логические реле являются экономичными и комфортабельным решением для построения систем автоматизированного управления малой сложности: конвейеров, насосных станций систем подготовки пара и сбора конденсата, вентиляций и кондиционирования, систем управления компрессорами и освещением

Программируемые интеллектуальные реле являются одной из разновидностей ПЛК. Применение интеллектуальных реле позволяет значительно упростить схемы управления электрооборудованием, повысить их надёжность.

Задание программы для интеллектуальных реле производится при помощи кнопок на лицевой панели и небольшого, как правило, в одну – две строки жидкокристаллического индикатора. Хотя существуют и более сложные конструкции, в этих случаях программы приходится писать на персональном компьютере, с использованием специализированных языков программирования релейной логики LD, FBD и некоторых других.

Преобразователи частоты

Вследствие бурного развития силовой электроники появилась возможность эффективно осуществлять преобразование электроэнергии. Это привело к разработке преобразователей частоты (ПЧ), которые позволяют программно изменить величину и частоту напряжения для питания электродвигателя.

Преобразователи частоты широко применяются для управления синхронными и асинхронными электродвигателями во многих отраслях: обрабатывающей и добывающей промышленности, в системах вентиляции и водоснабжения.

Преобразователи частоты – электротехническое оборудование для регулирования частоты переменного напряжения. Основная сфера применения этих устройств – изменение частоты вращения и крутящего момента электродвигателя.

трических машин асинхронного типа. Принцип действия управления и регулирования основан на зависимости скорости вращения магнитного поля от частоты питающего напряжения [14, 15].

Асинхронные электродвигатели широко используются в качестве приводов промышленного оборудования, насосных агрегатов, регулирующей арматуры и других устройств. Основным недостатком этих электрических машин являются постоянная скорость вращения, большие пусковые токи. При помощи ПЧ возможно устранить эти недостатки и существенно расширить сферу применения электродвигателей переменного тока.

Программная реализация алгоритмов САУ

Рассмотрим программную реализацию алгоритмов САУ на конкретном примере, а именно на примере гидролизера пера, который применяется для утилизации продуктов убоя птицы.

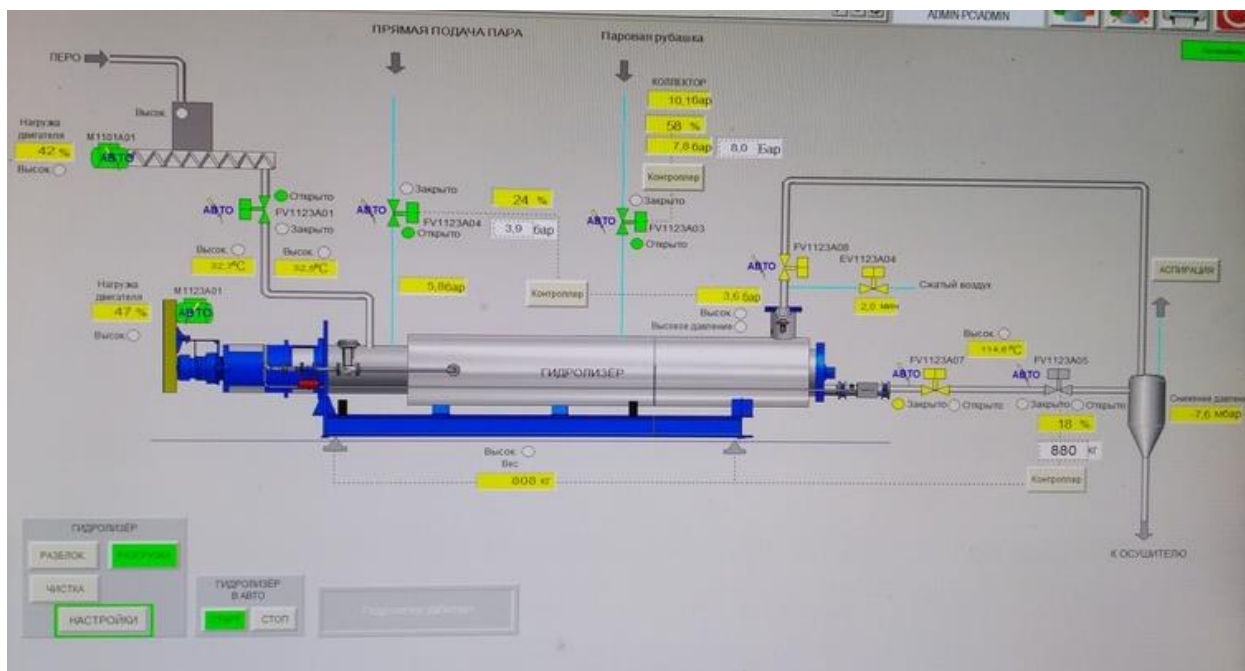


Рисунок 1 - Схема управления гидролизером пера

Гидролизер – установка для непрерывной гидролиза пера путем нагрева сырья паром, находящегося под давлением. Пригодное к использованию сырье падает в подающий желоб гидролизера пера непрерывного действия (рис. 1). В рабочей камере гидролизера проходит процесс гидролиза сырья под воздействием пара (давление от 3 до 4,5 бар) при температуре 140 – 155 °С. При наборе определенной массы сырья в гидролизере, открывается задвижка и сырье направляется на дальнейшую переработку.

Основная программа находится в контролере (ПЛК) на карте памяти. К нему подключены модули ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов для управления процессом производства.

SCADA обеспечивает графическое отображение на экране компьютера программы управления технологическим процессом. В этом графическом отображении показаны: основное оборудование: датчики (также отображаются показания датчиков), кнопки запуска и остановки оборудования – задвижками, регулирующими подачу сырья, задвижками, регулирующими подачу пара, и т. д. Кроме того, SCADA позволяет производить оперативное управление технологическим процессом. Так, при нажатии мышкой на соответствующей пиктограмме, сигнал подается с компьютера на контроллер, а он, в свою очередь, если соблюдены все условия в программе, дает команду на запуск оборудованию. Если же условия выполнения команды не соответствуют требуемым, то контроллер выдает ошибку, считываемую SCADA с описанием проблемы, после чего обслуживающий персонал должен устранить неисправность для запуска оборудования в работу.

Рассмотрим цепь управления задвижкой подачи сырья. Связь между SCADA и контроллером осуществляется по сети Ethernet, используемый протокол - TCP/IP. При нажатии кнопки запуска оборудования подается сигнал со SCADA по сети на ПЛК с модулем дискретного выхода (выход которого может принимать значение 1 или 0). Напряжение 24 В идет на катушку реле, которая замыкает цепь управления катушкой магнитного пускателя, который подает питание на привод задвижки, а обратная связь реализуется концевым выключателем, который последовательно включен в цепь - он разрывает цепь питания катушки реле по достижении конечного положения, в следствии чего привод останавливается.

В качестве ПЛК в схеме управления гидролизером пера используется S7-400 (производства SIEMENS), а системы децентрализованной периферии – станция ET 200S.

Станция ET 200S имеет модульную конструкцию и может комплектоваться:

- обычными или интеллектуальными интерфейсными модулями для подключения к электрическим или оптическим каналам сети PROFIBUS DP или PROFINET IO.
- модулями ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов стандартного назначения.
- модулями ввода-вывода дискретных сигналов PROFIsafe для систем противоаварийной защиты и обеспечения безопасности.
- технологическими модулями для решения задач позиционирования, скоростного счета, обмена данными через последовательные интерфейсы, подключения к сети IO-Link.
- силовыми модулями для управления 3-фазными электродвигателями переменного тока.

Выводы. В современном сельскохозяйственном производстве применяются системы автоматического управления, построенные на основе отечественного и зарубежного передового опыта. Они построены на основе высокотехнологичных средств автоматизации, имеют гибкую структуру и позво-

ляют максимально повысить производительность труда и сократить количество ошибок. Средства автоматизации среднего и высокого уровня строятся обычно на микропроцессорной основе, что позволяет настраивать САУ и его режимы под конкретное производство.

Список литературы

1. Бородин И.Ф., Андреев С.А. Автоматизация технологических процессов и систем автоматического управления. М.: КолосС, 2005. 352 с.
2. Усанов К.М., Змеев А.Я., Волгин А.В. Автоматика: учеб. пособие для вузов. Саратов: Изд-во Саратовский ГАУ, 2008 108 с.
3. Мартыненко И.И., Лысенко В.Ф. Проектирование систем автоматизации. М.: Агропромиздат 1990. 243 с.
4. Теория автоматического управления: учебник для машиностроительных специальностей вузов / под ред. Ю.М. Соломенцова. 2-е изд., исправ. М.: ВШ, 1999. 267.
5. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев. М.: Энергоатомиздат, 1990. 464 с.
6. SCADA–система Trace Mode / сост. И.П. Ефимов, Д.А. Солуянов. Ульяновск: УлГТУ, 2010г. 158 с.
7. SCADA-системы: Лабораторный практикум / сост. А.А. Шкромадо, Р.В. Шестов, А.Н. Бирюков. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2017. 64 с.
8. Зюзев А.М., Нестеров К.Е., Головин И.С. SCADA-системы: учебное электронное текстовое издание. Екатеринбург: Изд-во ГОУ-ВПО УГТУ-УПИ. - 1,15 уч.-изд. л. Режим доступа: Инф. портал ГОУ ВПО УГТУ-УПИ <http://www.ustu.ru>
9. Минаев И.Г., Самойленко В.В. Программируемые логические контроллеры: практическое руководство для начинающего инженера. Ставрополь: АРГУС, 2009. 100 с.
10. Безик Д.А. Программирование ПЛК при модернизации технологических установок в АПК // Научное обеспечение агропромышленного производства: материалы Международной научно-технической конференции 20-22 января 2010 г. Ч. 3. Курск: Изд-во Курской ГСХА, 2010. С. 238-241.
11. Безик Д.А. Применение программируемого логического контроллера для измерения влажности воздуха // Вестник МАНЭБ. 2010. Т. 15, № 5. С. 104-107.
12. Безик Д.А. Введение в программирование ПЛК: учебное пособие. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. 128 с.
13. Безик Д. А. Измерение влажности воздуха с помощью программируемого логического контроллера // Проблемы энергообеспечения,

информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов национальной научно-технической конференции 12-14 сентября 2012 г. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2012. С. 28-32.

14. Безик Д.А. Программирование частотных преобразователей КЕВ Combivert F5. Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сборник материалов международной научно-технической конференции 22-24 сентября 2009 г. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2009. С. 17-21.
15. Безик Д.А. Использование и программирование частотных преобразователей для повышения КПД в системах вентиляции // Энергообеспечение и строительство: сборник материалов III Международной выставки-Интернет-конференции: в 2 ч. Ч. 2. Орел: Изд-во ООО ПФ «Картуш», 2009. С. 71-74.

Воронин Алексей Анатольевич
ст. преподаватель кафедры электроэнергетики и автоматики
Бухтояров Андрей Игоревич
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Величко Иван Андреевич
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Данилин Николай Андреевич
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ С АСИНХРОННЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ

Аннотация. В работе представлены особенности электробезопасности в электрических цепях, содержащих электродвигатели и экспериментальные данные, показывающие необходимость разработки устройств защиты от поражения электрическим током в линии питающей электродвигатель.

Ключевые слова: асинхронный электродвигатель, генератор, электробезопасность, самовозбуждение генератора

FEATURES OF ELECTRICAL SAFETY ELECTRICAL CIRCUITS WITH ASYNCHRONOUS MOTORS

A.A. Voronin, A.I. Buhtoyarov, I.A. Velichko, N.A. Danilin

Annotation. The paper presents the features of electrical safety in electrical circuits containing electric motors and experimental data showing the need to develop devices for protection against electric shock in the supply line of the electric motor.

Keywords: asynchronous electric motor, generator, electrical safety, self-excitation of the generator

В современных электроустановках для устранения опасности поражения электрическим током используют разнообразные способы и виды защит, такие как защитное зануление, защитное заземление, технические защитные средства и др. Большое количество защитных средств, однако не исключает полностью поражения электрическим током, особенно в сетях, содержащих электродвигатели. Это говорит о недостаточной разработке вопросов электробезопасности.

В сетях с асинхронными электродвигателями в процессе выбега двигателя возможность наступление генераторного режима двигателя уже после отключения питания. Переход в генераторный режим возможен, если внешними усилиями вращать электродвигатель с частотой большей синхронной. Однако аналогично генераторный режим наступает и при отсутствии напряжения питания и замкнутых обмотках статора.

Характерная особенность режима в том, что асинхронный генератор является источником активной мощности и, так же, как и двигатель, потребителем реактивной мощности, необходимой для создания магнитного поля.

Асинхронный генератор представляет собой нелинейную автоколебательную систему с двумя накопителями энергии - емкостью и индуктивностью. При определенных условиях в цепи не возбужденной вращающейся машины возникают незатухающие колебания, амплитуда которых возрастает до определенного значения, зависящего от параметров колебательного контура.

Однако всегда для возникновения колебаний необходимо, чтобы в цепь статора поступала мощность, компенсирующая потери в активных сопротивлениях колебательного контура. Отрицательное скольжение в генераторном режиме весьма мало, поэтому собственная частота колебаний контура практически равна электрической частоте вращения ротора.

Обычно асинхронному возбуждению предшествует устойчивая работа машины со скольжением, равным нулю, т.е. в режиме гистерезисного синхронного генератора, включенного на емкостную нагрузку.

С включением нагрузки, в роли которой может выступать и человек приоснувшийся к тооветствующим частям, увеличивается ток статора, возрастают угол нагрузки и момент. При достижении последним максимального значения генератор выпадает из синхронизма, а ротор начинает вращаться с некоторым скольжением. В его обмотке возникают ЭДС и токи, образуется асинхронный электромагнитный вращающий момент. В результате синхронные колебания переходят в асинхронные.

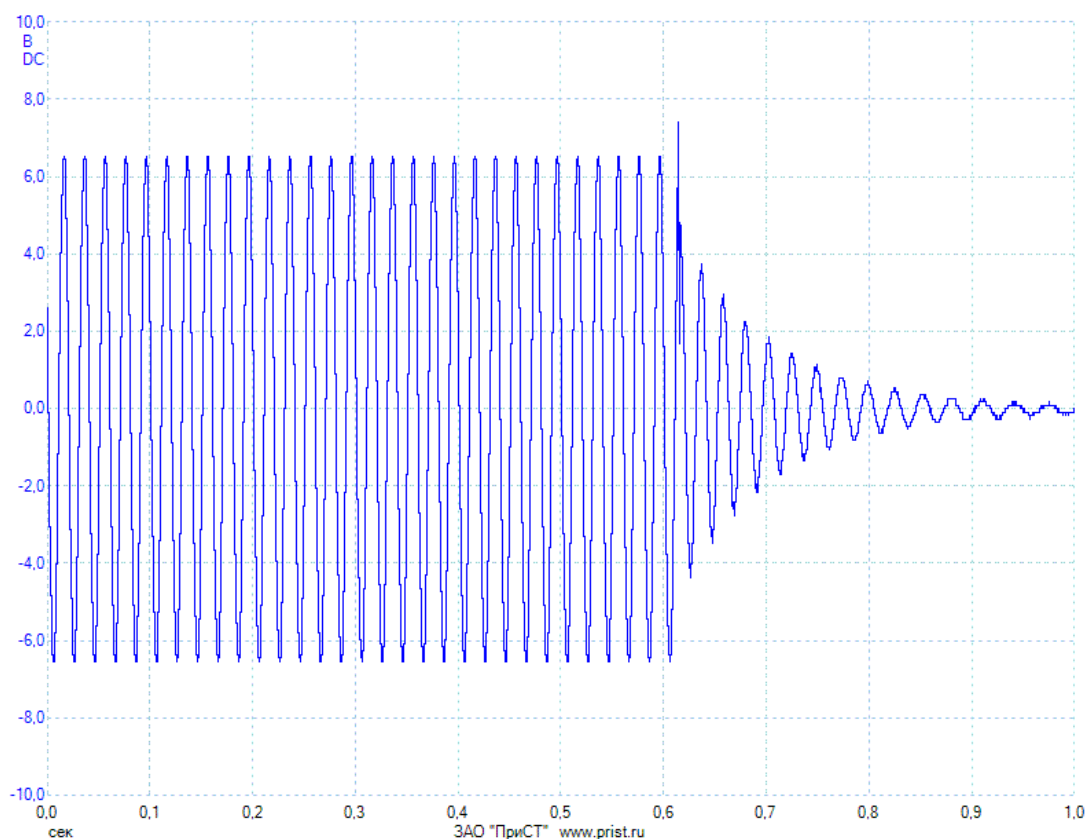


Рисунок 1. Осциллограмма напряжения при остановке электродвигателя мощностью 3 кВт.

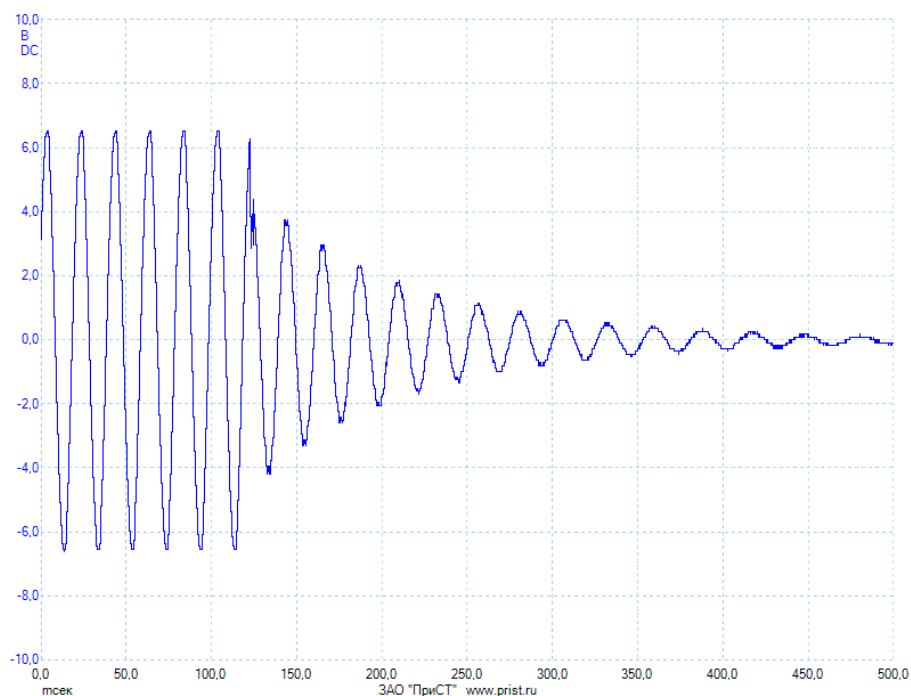


Рисунок 2. Осциллограмма напряжения при остановке электродвигателя мощностью 1 кВт

Если же нагрузка, введенная в цепь обмотки статора, мала, то угол нагрузки и не достигнет максимального значения и генератор не выпадет из синхронизма, короткозамкнутая обмотка ротора будет выполнять роль демпферной клетки при колебаниях угла нагрузки. Переход к асинхронному возбуждению сопровождается толчком происходит жесткое самовозбуждение.

В реальных электрических сетях при отключении вращающегося двигателя от сети остаются паразитные емкости питающих проводников и других элементов, замыкающие обмотки статора. Также при прикосновении человека к проводникам, питающих электродвигатель, образуется замкнутая цепь тока. Т.е. возникают условия для самовозбуждения и появления напряжения в статоре.

Несмотря на эффективность УЗО при защите от поражения электрическим током, в установках, содержащих электродвигатель оно не способно полностью защитить при утечках тока, т.к. в процессе выбега двигатель может переходить в генераторный режим, вследствие чего электроустановка останется под напряжением, несмотря на срабатывание защиты.

Для проверки необходимости отключения сети со стороны электродвигателя были сняты осциллограммы напряжения на клеммах электродвигателя в процессе остановки.

Эксперимент проводился с двигателем мощностью 1 кВт и двигателем мощностью 3 кВт. Работа проходила под сетевым напряжением 380 В, остановка с нагрузкой 1 Н м на валу. Электронный осциллограф подключался через делитель напряжения к клеммам электродвигателя. Для имитации утечки тока использовались резисторы, подключенные к клеммам двигателя и заземлению. Резисторами обеспечивался ток утечки при сетевом напряжении 220

В на уровне 30 мА, что соответствует порогу срабатывания УЗО.

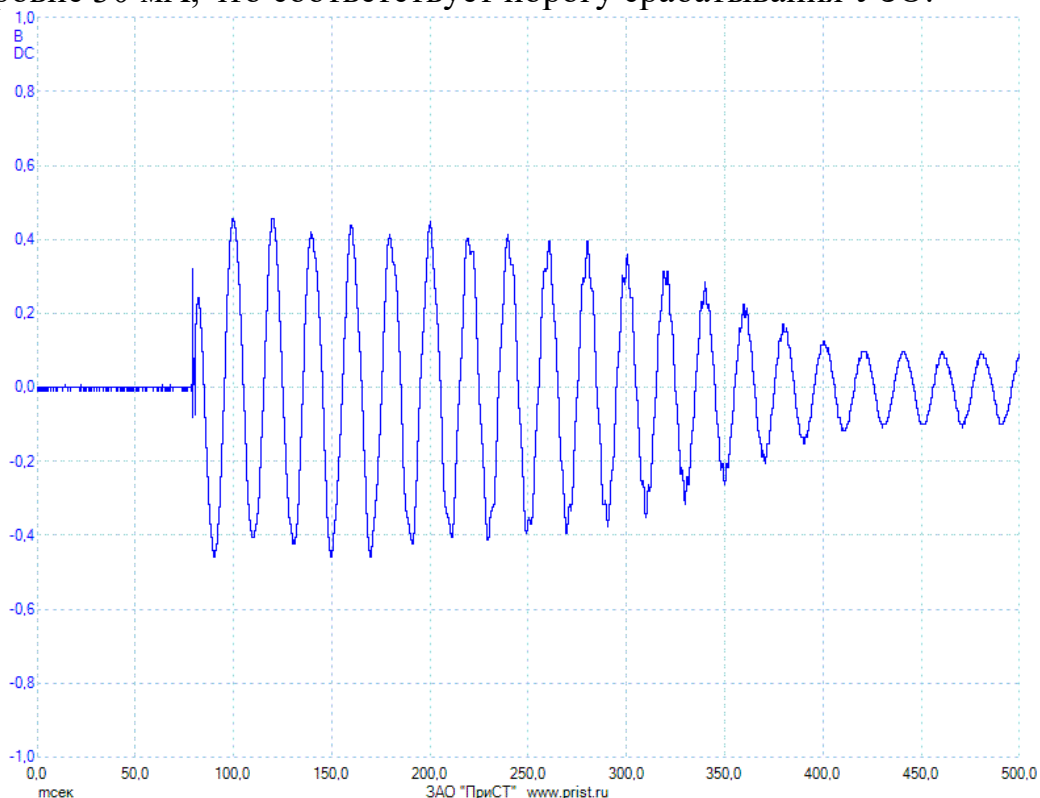


Рисунок 3. Осциллограмма напряжения при внезапном прикосновении к линии человека при вращении электродвигателя

Полученные осциллограммы напряжения представлены на рисунках 1, 2.

Из них видно, что даже при отсутствии инерционных масс приводной машины и с небольшой нагрузкой на валу напряжение падает от сетевого до 0 за 0,4 с. В случае поражения электрическим током, несмотря на высокое быстродействие УЗО, человек еще непродолжительное время может оказаться под опасным напряжением.

Дополнительно была проверена возможность возникновения напряжения на отключенном вращающемся электродвигателе при внезапном прикосновении к линии человека. Эксперимент проводился с теми же условиями, но резисторы подключались к клеммам двигателя уже после отключения от сети, но до его остановки (рисунок 3). Это имитирует прикосновение человека к линии не дождавшись полной остановки электродвигателя.

Осциллограмма показывает, что утечка тока приводит к быстрому самовозбуждению и повышению напряжения до 51 В.

Анализ осциллограмм позволяет сделать еще один вывод. Изменение фазы напряжения при отключении питания, неизменный период напряжения говорят о синхронном возбуждении от остаточного магнитного потока в сердечнике. Двигатель работает как синхронный генератор, а остаточный поток достаточно велик и приводит к генерированию напряжения порядка 50 В. Тока утечки 30 мА для данных двигателей недостаточно для перехода в режим асинхронного генератора, но при поражении электрическим током, в те-

чении быстрого времени ток утечки только растет и может наступить режим асинхронного генератора, что приведет к дальнейшему увеличению напряжения в линии.

Полученные результаты подтверждают необходимость разработки устройств защиты от поражения электрическим током в линии питающей электродвигатель.

Список литературы

1. Маркарянц Л.М., Безик В.А., Алексанян И.Э. Повышение надежности защит от поражения электрическим током // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2010. № 1 (9). С. 67-71.
2. Безик В.А. Структура средств защиты электроустановок // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: материалы Международной научно-технической конференции. Брянск, 2012. С. 22-28.
3. Устройство защиты от поражения электрическим током в линии, питающей электродвигатель: пат. 121105 Рос. Федерация / Маркарянц Л.М., Безик В.А., Безик Д.А., Иванюга М.М., Ковалев В.В., Жиряков А.В.; заявл. 10.05.2012; опубл. [10.10.2012](#), Бюл. № 28.
4. Маркарянц Л.М., Безик В.А. Причины возникновения аварийных режимов электроприводов // Сельский механизатор. 2016. № 10. С. 20-21.
5. Маркарянц Л.М., Безик В.А., Самородский П.А. Эффективность применения устройств защиты электрооборудования // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: материалы VIII Международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2014. С. 136-140.
6. Ториков В.Е., Подобай Н.В. Анализ и перспективы развития экономики Брянской области // Агроконсультант. 2017. № 4. С. 45-48.

Грунтович Николай Васильевич

*д.т.н., профессор, Учреждение образования "Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого", г.Гомель*

Никитин Антон Михайлович

старший преподаватель кафедры электроэнергетики и автоматики

Прохоренко Максим Александрович

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Пушкарев Руслан Владимирович

*магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск*

ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО СПЕКТРАМ ВИБРАЦИИ

Аннотация. *В настоящее время проверка и наладка форсунок не возможна без их частичного или полного демонтажа с двигателя.*

В статье предлагается способ диагностирования форсунок на основе измерения и анализа спектра вибрации корпуса форсунки во время подачи топлива на работающем двигателе.

Ключевые слова: *Диагностирование, вибрация, дизельная форсунка.*

TECHNICAL DIAGNOSING OF DIESEL ENGINES ON VIBRATION RANGES

N.V. Gruntovich, A.M. Nikitin, M.A. Prohorenko, R.V. Pushkarev

Summary. *Now check and adjustment of nozzles is not possible without their partial or full dismantling from the engine. In article the way of diagnosing of nozzles on the basis of measurement and the analysis of a range of vibration of the case of a nozzle is offered during supply of fuel on the running engine.*

Keywords: *Diagnostics, vibration, diesel injector.*

В Республике Беларусь за последние 5 лет машинно-тракторный парк сельскохозяйственных предприятий сократился на 30-45%. Кроме того, около 80% техники эксплуатируется сверх срока. Удельный расход топлива повысился на 10-15% по сравнению с нормативным. Затраты на эксплуатацию составляют 35-45% от себестоимости продукции, тогда как в 90-е годы они были на уровне 20-30%. Ежегодно требуется обновлять не менее 10% тракторов, 12% уборочной техники, 10% других агрегатов и механизмов.

Анализируя состояние эксплуатации техники в предприятиях аграрного производства, видно, что, трактора, сельскохозяйственные машины в хозяйствах эксплуатируются на несоответствующем уровне, что приводит их к снижению эффективности эксплуатации. В таблице 1 приведена статистика по снижению экономичности дизелей сельскохозяйственной техники в результате износа топливной аппаратуры (ТА).

Таблица 1

Влияние неисправностей двигателя на потери топлива

Виды неисправности	Снижение показателей, %	Потери топлива, кг/год		
		«Беларус» 800/820	«Беларус 1221»	«Беларус 2522»
Неисправность одной форсунки	топлива – 15-20%	2000	3300	6100
Уменьшение угла опережения топлива	5%/град	700	900	1700
Износ плунжерных пар топливного насоса	15-20%	2000	3300	6100

Следует отметить, что сложная ситуация сложилась и в сельхозпредприятиях России [2]. Уровень механизации сельского хозяйства в России ниже, чем в других странах. Если в России на 100 га посевных площадей в 2011 г. мощность тракторных двигателей составила 56 л.с., то в Великобритании - 148, США - 156, Франции - 273, Германии - 397. Количество зерноуборочных комбайнов на 1000 га посевов за тот же год составило: Россия - 3, Великобритания- 14, США - 15, Франция - 16, Германия - 25 единиц, при этом парк сельхозтехники в России изношен на 70%. Возрастной состав тракторов может быть представлен: эксплуатация до 3 лет - 8%, от 3-10 лет - 19%, свыше 10 лет - 73%; зерноуборочных комбайнов соответственно – 13%, 28%, 59%. Происходит ежедневное сокращение парка тракторов в среднем на 7 %, зерноуборочных комбайнов - на 8 %. Ежегодные расходы на запасные части и ремонт оцениваются в 25 млрд. руб. (в ценах 2011 г.)

Следует отметить, что оптимальный срок службы трактора составляет 6-7 лет, после чего затраты на его эксплуатацию резко увеличиваются (требуется больше запчастей, увеличивается расход горючего, может снижаться сезонная выработка).

По этой причине, весьма актуальным является решение задач повышения долговечности и безотказности сельскохозяйственной техники на основе компьютерных технологий и технической диагностики.

Анализируя состояние эксплуатации техники в предприятиях аграрного производства, видно, что, трактора, сельскохозяйственные машины в хозяйствах эксплуатируются на несоответствующем уровне, что приводит их к снижению эффективности эксплуатации.

В тракторных и комбайновых дизелях применяются закрытые форсунки с многодырчатыми распылителями различного конструктивного исполнения (рис.1).

Запорная игла прижимается к седлу распылителя через штангу 2 пружин

жиной 9. Верхний конец пружины опирается на регулировочный винт 4, который ввернут в стакан пружины, и удерживается в заданном положении контргайкой 10. На стакан сверху накручен колпак 5, служащий для отвода топлива из внутренней полости форсунки и ограничивающий доступ к регулировочному винту. Винтом 6 устанавливают натяг пружины 9, определяющий давление впрыска. Топливо к форсунке подводится через штуцер 3, который ввернут в резьбовое отверстие корпуса форсунки.

Топливо в кольцевую камеру подается по наклонному каналу. Когда нет подачи топлива насосом, давление в камере составляет 2,4 МПа. Оно давит на дифференциальную площадку иглы, но его сила меньше силы пружины 9, которая перекрывает распыливающие отверстия. При поступлении топлива от насоса в форсунку (импульс «а» рис. 2) сила давления топлива на дифференциальную площадку и углы становится больше усилий пружины (9), игла поднимается, ударяясь о корпус форсунки (импульс «б», рис. 2). Через образовавшуюся кольцевую щель и распыливающее отверстие (импульс «с», рис. 2) топливо поступает в камеру сгорания.

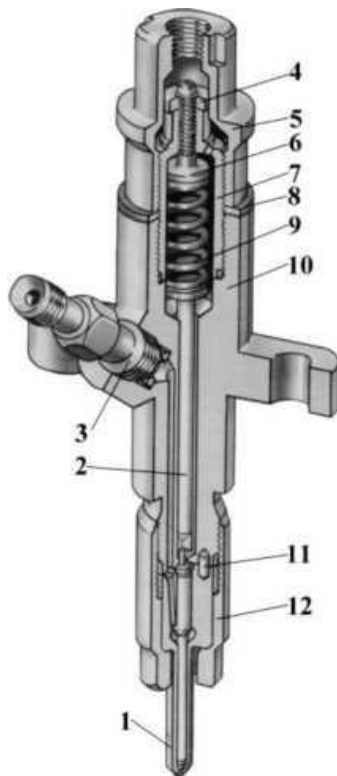


Рисунок 1. Устройство форсунки: 1 - распылитель; 2 - штанга; 3 - штуцер подвода топлива; 4- контргайка; 5 - колпак форсунки; 6 - регулировочный винт; 7 - гайка пружины; 8 - прокладка; 9 - пружина; 10 - корпус форсунки; 11 -штифты; 12 - гайка распылителя.

Подъем иглы ограничен упором ее торца в корпус форсунки и составляет 0,2-0,28 мм. После прекращения подачи топлива насосом давление в кольцевой камере резко снижается и под действием пружины 9 игла прижмется запорным конусом к седлу распылителя (импульс «d» рис.2.), пере-

кривая распыливающие отверстия. Топливо, просачивающееся через зазор между иглой и распылителем, отводится через отверстие в колпаке 5 и сливной штуцер в топливный бак или фильтр тонкой очистки.

Как следует из рисунка 2 износ пружин в форсунках 2 и 4 одного и того же дизеля - разный (импульс «в» и «d») и уровень закоксованности иглы тоже разный (импульс «d»). Это приводит к разной подаче топлива в камеру сгорания. Разность амплитуд вибрации в диапазоне частот 440-480 Гц составляет порядка 25 дБ. В метрической системе измерений эта разность будет отличаться в 16 раз. Чем больше подача топлива, тем больше шум и вибрация.

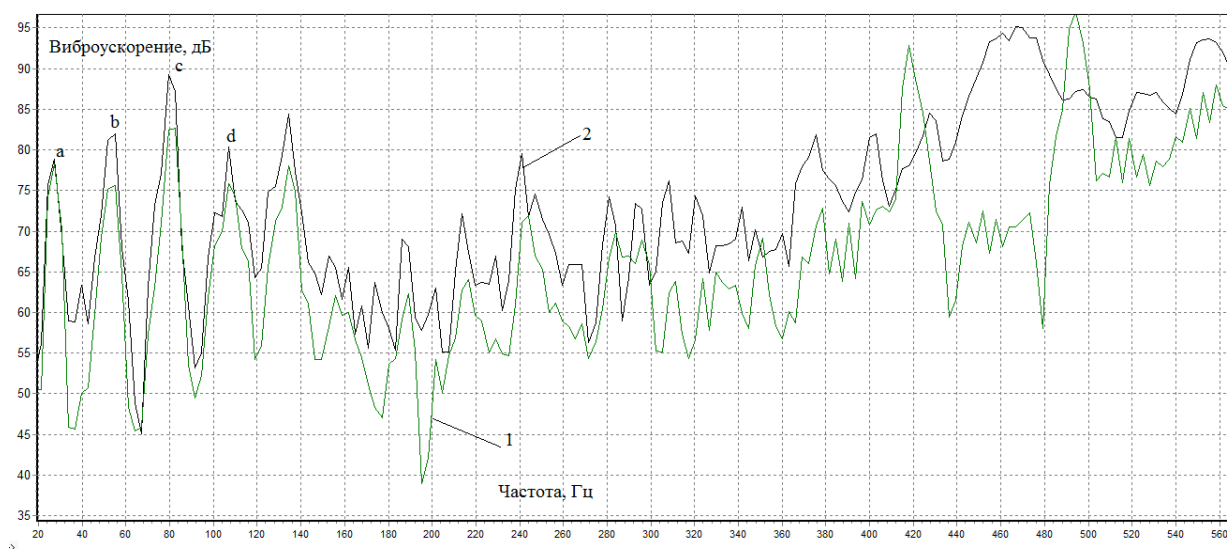


Рисунок 2. Спектр вибрации дизельных форсунок Д-240 на 700 об/мин 300 моточасов (зеленая кривая (1) - вторая форсунка; черная кривая (2)- четвертая форсунка). Амплитуды вибрации форсунок: а-поступление топлива в полость форсунки; б-подъем иглы; с- впрыск топлива в камеру сгорания; д- опускание иглы

Прекращение (отсечка) подачи топлива должно быть резким, без повторного подъема иглы, в противном случае в конце впрыскивания топливо образует у выходных отверстий распылителя капли, которые, сгорая не полностью, вызывают его закоксовывание.

Проведенные исследования показали, что уровень вибрации на частоте 27 Гц (700 об/мин) и 48 Гц (2000 об/мин) характеризует техническое состояние топливного насоса.

Уровень вибрации на частоте 48 Гц (700 об/мин) и 67 Гц (2000 об/мин) зависит от упругости пружины форсунки, при перемещении иглы вверх, заплешико иглы ударяет в торец корпуса форсунки.

Величина вибрации форсунки на частоте 88 Гц (700 об/мин), 85 Гц, 100 Гц и 115 Гц (2000 об/мин) зависит от технического состояния форсунки, в первую очередь от закоксованности соплового отверстия распылителя.

Амплитуда вибрации на частотах 85 Гц, 100 Гц и 115 Гц на 2000 об/мин характеризует впрыск топлива через сопловые отверстия. Такое впрыскива-

ние называется дробящим. При этом колебательное движение иглы не обязательно должно сопровождаться посадкой ее на конус. Наличие дробящего впрыскивания является показателем подвижности иглы форсунок.

Численное значение вибрации на частоте 119 Гц (700 об/мин) и 131 Гц (2000 об/мин) зависит от упругости пружины, а также от износа посадочного конуса иглы. Эта вибрация возникает при опускании иглы в посадочный конус.

Из всего выше сказанного можно сделать вывод: работа дизельных двигателей неразрывно связана с эффектом вибраций, интенсивность и характер которых, проявляются разным образом в зависимости от технического состояния оборудования. Получить полную информацию о техническом состоянии без вывода оборудования из рабочего режима, т.е. без демонтажа или без разборки можно анализируя вибрации. Периодически проводя такой анализ можно прогнозировать остаточный рабочий ресурс форсунок задолго до выхода оборудования из строя.

Список литературы

1. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник / А.В. Новиков и др. Мн.: ИВЦ Минфина, 2013. 340 с.

2. Панин А.В. Экономический рост в сельском хозяйстве на основе модернизации производства: монография. М.: Проспект, 2016. 240 с.

3. Грунтович Н.В. Техническое диагностирование дизелей сельскохозяйственной техники // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: материалы VIII НТК. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2014. С. 85-88.

4. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В. Вибродиагностирование топливных форсунок на работающем двигателе // Агротехника и энергообеспечение. 2016. Т. 2, № 4 (13). С. 47-55.

5. Широбокова О.Е., Прыгов Н.М., Прыгова В.В. К вопросу показателей гармонических искажений в электрических сетях // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности природопользования в АПК: материалы VIII Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2014. С. 191-195.

6. Широбокова О.Е., Прыгов Н.М. К вопросу компенсации реактивной мощности в электрических сетях с вентильными преобразователями // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности природопользования в АПК: материалы Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2013. С. 81-83.

7. Широбокова О.Е., Прыгов Н.М. Оптимальное распределение конденсаторных батарей в электросетях при компенсации реактивной мощности с/х предприятий // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности природопользования в АПК: материалы Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2013. С. 86-91.

8. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В. Вибродиагностирование топливного

насоса высокого давления на работающем двигателе// Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах: тезисы докладов IV-ой Международной конференции с элементами научной школы, 10-12 июля 2017 г. / отв. ред. Т.И. Чернышова. Тамбов: Изд-во Р.В. Першина, 2017. С. 396-397.

9. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В., Попов В.Б. Разработка диагностической модели дизельных форсунок по результатам вибродиагностирования // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2017. № 2 (69). С. 18-24.

10. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В. Техническое диагностирование форсунок дизелей во время их работы // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции (Минск, 22-24 ноября 2017 г.) / редкол.: В.П. Чеботарев и др. Минск: БГАТУ, 2017. 660 с.

Гурьянов Геннадий Васильевич

докт. техн. наук, профессор кафедры электроэнергетики и автоматики

Первушов Дмитрий Игоревич

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация: *Представлен анализ методов диагностирования и автоматизированных систем контроля параметров асинхронных электродвигателей*

Ключевые слова: *асинхронный двигатель, диагностика, электрооборудование, эксплуатация, непрерывный контроль, прогнозирование*

MODERN DIAGNOSTIC METHODS ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS

G.V. Guryanov, D.I. Pervushov

Abstract: *The analysis of methods for diagnosing and automated systems for monitoring parameters of asynchronous electric motors is presented*

Keywords: *asynchronous motor, diagnostics, electrical equipment, operation, continuous monitoring, forecasting*

В настоящее время двигатели переменного тока пользуются большим спросом среди большинства современных производственных предприятий. Российский и зарубежный опыт показывает, что они используют 80% всей вырабатываемой в стране электроэнергии, поэтому стабильность их работы играет большую роль в крупной промышленности. Периодическая диагностика состояния оборудования помогает своевременно выявить возникающие неисправности.

Асинхронные двигатели (АД) на практике показывают свою выносливость и простоту по относительно низкой стоимости. Однако в процессе эксплуатации могут возникать повреждения элементов двигателя, что в свою очередь приводит к преждевременному выходу его из строя.

В производстве внезапный выход из строя двигателя может привести к непоправимым последствиям. Очень важно выявлять любой дефект на ранней стадии, исключая риск возникновения серьезных повреждений двигателя.

Система технической диагностики должна включать в себя регулярный мониторинг технического состояния электродвигателей, поиск дефектов, повреждений, определение степени опасности дефектов и оценку остаточного ресурса оборудования. Для предприятий, осуществляющих специализированное сервисное обслуживание ремонты электродвигателей, задача проведения диагностики состояния электродвигателей не менее актуальна.

Большинство современных методов диагностики базируется на анализе вибрации работающих машин и оборудования. Эти методы составляют основу функциональной (рабочей) диагностики, несмотря на то, что режимы работы оборудования могут быть самыми разными – от установившихся (номинальных или специальных) до переходных, в том числе пусковых, импульсных и т.п. В функциональной диагностике машин и оборудования по вибрации используется информация, содержащаяся в характеристиках колебательных сил и свойствах колебательной системы. И поскольку до начала анализа вибрации работающего оборудования, как правило, нет достаточно точной информации ни о колебательных силах, ни о колебательной системе, в функциональной диагностике максимальный результат дают самые сложные методы анализа вибрации, являющейся функцией параметров колебательных сил и свойств колебательной системы.

Вибрация, измеряемая в контрольных точках работающего оборудования, является результатом действия колебательных сил в разных узлах оборудования на механическую колебательную систему с разными передаточными характеристиками от каждого из источников колебательных сил до каждой точки контроля вибрации. В наиболее общем виде колебательные силы описываются суммой периодических, случайных и ударных составляющих, а передаточные характеристики – амплитудно-частотными и фазочастотными компонентами. Естественно, что максимальный объем диагностической информации, содержащейся в структуре колебательных сил, можно получить, лишь разделив сигнал на составляющие (периодические, случайные и ударные) и анализируя каждую из них отдельно, с учетом передаточных характеристик колебательной системы. Практическое решение подобной задачи настолько сложно, что приходится рассматривать лишь ее частные случаи.

Существует ряд факторов, влияющих на обоснованность применения какого-либо из методов вибродиагностики в каждом конкретном случае: режим работы АД, требуемая точность диагностики, условия, в которых проводятся операции диагностики, требования к виброизмерительной и виброанализирующей аппаратуре, качество электроэнергии.

Наиболее распространенными группами методов вибродиагностики асинхронного двигателя являются:

- Диагностика АД по среднеквадратичному значению (СКЗ) вибросигнала;
- Вибродиагностика АД с помощью фазовых портретов (траекторий колебаний);
- Спектральный анализ;
- Кепстральный анализ;
- Ультразвуковая дефектоскопия и акустическая диагностика;
- Специальные диагностические параметры;
- Статистические методы обработки сигналов вибрации;
- Диагностика на основе нейронных сетей.

В настоящее время широкое распространение получил метод спектрального анализа потребляемого тока. Важным преимуществом этого подхода является то, что проведение мониторинга тока электродвигателя может быть выполнено как непосредственно на нем, так и в электроците питания (управления). Физический принцип, положенный в основу этого метода, заключается в том, что любые возмущения в работе электрической и/или механической части электродвигателя и связанного с ним устройства приводят к изменениям магнитного потока в зазоре электрической машины и, следовательно, к слабой модуляции потребляемого электродвигателем тока. Наличие в спектре тока двигателя характерных (и несовпадающих) частот определенной величины свидетельствует о наличии повреждений электрической или механической части электродвигателя и связанного с ним механического устройства.

Для проведения диагностики состояния электродвигателей методом спектрального анализа потребляемого тока необходим измерительный (аппаратно-программный) комплекс, включающий оборудование:

1. Электродвигатель.
2. Механическое устройство электродвигателя – насос, компрессор и т.п.
3. Низкочастотный фильтр (кондиционер сигнала).
4. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП).
5. Портативный компьютер (ПК) со специализированным программным обеспечением для сбора и анализа информации (данных).

Запись сигналов тока осуществляется в течение времени, необходимого для выполнения спектрального анализа с разрешением по частоте не менее 0,01–0,02 Гц. Оцифрованные АЦП данные передаются в ПК, где выполняется обработка полученных данных: определяется частота вращения двигателя и число стержней его ротора, затем осуществляется специальный спектральный анализ сигнала тока.

Аналогичным образом определяется и наличие таких дефектов, как:

- межвитковые замыкания обмоток статора;
- повреждения подшипников (необходимы данные о подшипниках электродвигателя и механического устройства);
- дисбаланс ротора электродвигателя;
- ослабление элементов крепления электродвигателя;
- дефекты механических частей связанных с электродвигателем устройств.

В зависимости от способа получения информации данный метод может осуществляться двумя способами: контактным и бесконтактным. При бесконтактном способе чаще всего используют датчики в виде токовых клещей.

Но этот метод имеет недостаток – сильное искажение или появление высокочастотных гармоник при определённых дефектах. Сюда входит:

- Возникновение межвитковых и межфазных замыканий (появление в спектрах высокочастотных гармоник);
- Дефект в подшипниковом узле (искажение спектра, в частности, появление гармоник с комбинированными частотами).

На сегодняшний день методы диагностики не позволяют полноценно диагностировать оборудование во всех условиях эксплуатации, а значит, не влияют на сокращения затрат, связанных с выходом из строя электродвигателя. Поэтому актуальна разработка каких-либо новых методов, либо использование методов ранее не использовавшихся в диагностике. Рассмотрим метод вихретокового контроля.

Физический принцип основан на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящем объекте контроля. Плотность вихревых токов в объекте зависит от геометрических и электромагнитных параметров объекта, а также от взаимного расположения измерительного вихревого преобразователя (ВТП) и объекта. Электромагнитное поле вихревых токов воздействует на катушки преобразователя, наводя в них электродвижущую силу (ЭДС) или изменяя их полное электрическое сопротивление. Регистрируя напряжение на зажимах катушки или их сопротивление, получают информацию о свойствах объекта.

Стоит отметить, что конструкция преобразователя крайне проста. Катушки помещают в предохранительный корпус и заливают компаундами. Благодаря этому они устойчивы к механическим и атмосферным воздействиям, могут работать в агрессивных средах в широком интервале температур и давлений, а также на него не влияют влажность, радиоактивные излучения, загрязненность газовой среды.

Особенность данного метода так же состоит в том, что нет необходимости в контакте преобразователя и объекта. Их взаимодействие происходит на расстояниях, достаточных для свободного движения преобразователя относительно объекта (от долей миллиметра до нескольких миллиметров). Поэтому этими методами можно получать хорошие результаты контроля даже при высоких скоростях движения объектов.

В то же время применение метода вихретокового контроля затрудняется тем, что при контроле одного параметра другие являются мешающими. Для разделения параметров используют отдельное или совместное измерение фазы, частоты и амплитуды сигнала измерительного преобразователя, ведут контроль одновременно на нескольких частотах.

В статье были рассмотрены два современных метода диагностики асинхронного двигателя: спектрального анализа потребляемого тока и вихретокового контроля. Так же на их фоне были рассмотрены наиболее широко применяемые методы обработки и анализа данных с целью вибрационного контроля. Составлена сравнительная таблица, из которой видно, что каждый метод имеет свои преимущества и недостатки и может быть использован в каких-либо частных случаях. Метод вихретокового контроля лучше всего использовать для выявления межвитковых замыканий. В отличие от других видов неисправностей, чтобы определить межвитковые замыкания необходимо знать всего лишь коэффициент 3-й гармоники напряжённости внешнего магнитного поля, тогда как для определения неисправностей другого рода будет затруднено внешними факторами (расстояние измерения, качество

электрической энергии, фоновые электромагнитные поля). В свою очередь, у метода спектрального анализа потребляемого тока спектр выявляемых неисправностей будет шире. Для обнаружения неисправностей электродвигателя выделяются характерные частоты электродвигателя и связанных с ним механических устройств. Но стоит отметить, что метод спектрального анализа потребляемого тока более трудоёмким и дорогим, чем метод вихретокового контроля.

Список литературы

1. Автоматизированная система управления технологическими процессами подстанции 220/110/10/6 кВ: руководство пользователя. М.: Восточные электрические сети филиал ОАО «МОЭСК», 2012.
2. Алексеев Б.А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов. М.: НЦ ЭНАС, 2002. 216 с.
3. Бедерак Я.С., Богатырев Ю.Л. Мониторинг состояния силовых трансформаторов напряжением 35 кВ и выше мощностью 25000 кВА и выше // Электропанорама. 2009. № 4. С. 58–59.
4. Бушуев В.М. К вопросу непрерывного дистанционного контроля и управления оборудованием электроустановок предприятий связи // Технологии и средства связи. 2006. № 5.
5. Правила устройства электроустановок. 6-е изд., доп. с испр. М.: ЗАО «Энергосервис», 2008. 242 с.

Жирыков Алексей Васильевич
ст. преп. кафедры электроэнергетики и автоматики
Гулик Георгий Николаевич
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Котляров Евгений Александрович
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Ходин Дмитрий Васильевич
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ С ПОМОЩЬЮ FREEFEM++

Аннотация. Для решения уравнений математической физики в произвольном случае целесообразно использовать численные методы. В последнее время широкое распространение получил метод конечных элементов. Во многом этому способствует разработка соответствующих прикладных программ. Одной из них является FreeFEM++. Он может быть применен для решения задач электростатики, теплопередачи, гидродинамики и др. В статье рассмотрено применение FreeFEM++ для решения задачи теплопроводности.
Ключевые слова: прикладные программы, метод конечных элементов, уравнения математической физики, теплопроводность.

IMPLEMENTATION OF THE FINITE ELEMENT METHOD FOR SOLVING THE HEAT CONDUCTIVITY PROBLEMS USING FREEFEM++

A.V. Zhiryakov, G.N. Gulik, E.A. Kotlyarov, D.V. Chodin

Annotation. To solve the equations of mathematical physics in an arbitrary case, it is advisable to use numerical methods. The finite element method has recently become widespread. In many ways, this is facilitated by the development of appropriate applications. One of them is FreeFEM++. It can be applied for solving problems of electrostatics, heat transfer, hydrodynamics, etc. In the article, the use FreeFEM++ to solve the problem of heat conduction.
Keywords: applications, finite element method, equations of mathematical physics, thermal conductivity.

Метод конечных элементов (МКЭ, FEM) возник для решения задач механики и теории упругости в тридцатых годах прошлого века. После того, как в 1968 году была установлена связь метода с процедурой минимизации, он стал применяться к задачам, описываемыми уравнениями Лапласа или Пуассона. В итоге, метод конечных элементов является общим методом численного решения дифференциальных уравнений или систем дифференциальных уравнений. С развитием вычислительной техники возможности метода постоянно расширяются, а также расширяется класс решаемых задач. Сейчас предложено большое количество реализаций метода конечных элементов при

моделировании процессов диффузии, теплопроводности, гидродинамики, механики, электродинамики и др [1].

Суть метода заключена в его названии. Пространство, в котором ищется решение дифференциальных уравнений, разбивается на области – конечные элементы, в каждой из которых определяются функции, которые аппроксимируют искомое решение. Вне своего элемента аппроксимирующая функция равна нулю. Если рассматриваемая среда является однородной, в форме круга или прямоугольника, и может быть описана одним дифференциальным уравнением, то найти приближенное решение задачи можно не только методом конечных элементов, но и разложением в ряды, или с помощью конечно-разностных схем. Если рассматриваемая среда является неоднородной, произвольной формы, и описывается с помощью систем дифференциальных уравнений, то найти приближенное решение задачи можно только методом конечных элементов или конечных разностей. В любом случае задача сводится к решению систем линейных алгебраических уравнений.

Популярность применения МКЭ объясняется удобством его реализации на персональном компьютере. В настоящее время существует большое количество компьютерных систем конечно-элементного анализа (FEA Software), таких как ANSYS, NASTRAN, APM WinMachine и др., являющимися коммерческими программными продуктами, поэтому бесплатная программа FreeFem++, созданная в лаборатории Ж.-Л. Лионса института Пьера и Марии Кюри (Париж) и поддерживающая большое число операционных систем: Linux, Mac OS, Microsoft Windows и Solaris, имеет преимущество в использовании [2, 3].

FreeFem++ может успешно применяться для решения самых различных типов задач. Очень удобно его применение для решения задач электростатики [4 - 6]. При этом решается уравнение Лапласа (Пуассона) для замкнутой области с условием Дирихле и Неймана на границах. Возможно применение программа FreeFem++ и в трёхмерном случае.

Рассмотрим применение программы FreeFem++ для решения задач теплопроводности. Пусть требуется решить задачу определения распределения температур в прямоугольной области. Известна температура на противоположных гранях, на двух других гранях выполняется условие непротекания (градиент температуры направлен к ним по касательной). Разность температур задана.

Эта задача является стационарной задачей теплопередачи. В общем виде ее можно записать в виде:

$$c \cdot \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = -\nabla \cdot q + f, \quad (1)$$

или

$$c \cdot \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = -\nabla \cdot (k \cdot \text{grad}T) + f,$$

где c – удельная теплоемкость,

ρ – плотность среды,
 k – коэффициент теплопроводности.

Так как по условию задачи отсутствуют внутренние источники теплоты f , то уравнение теплопроводности упрощается и принимает вид:

$$c \cdot \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = -\nabla \cdot (k \cdot \text{grad}T) \quad (2)$$

Для решения данного дифференциального уравнения применим три вида граничных условия:

Условие первого рода (условие Дирихле):

$$T(x, y, z, t) = g(x, y, z, t) \quad (3)$$

Условие второго рода (условие Неймана)

$$k \cdot \frac{\partial T}{\partial n} = q(x, y, z, t) \quad (4)$$

Условие третьего рода

$$k \cdot \frac{\partial T}{\partial n} + \alpha \cdot (T - T_c) = 0 \quad (5)$$

Метод конечных элементов, применяемый к любой краевой задаче математической физики, состоит в последовательном выполнении следующих шагов:

- 1 Триангуляция области;
- 2 Построение системы базисных функций;
- 3 Дискретизация дифференциального уравнения;
- 4 Решение системы линейных алгебраических уравнений.

Рассмотрим реализацию каждого из шагов при решении поставленной задачи в FreeFem++.

Обозначим используемые переменные:

```
realpp = 25 ; // Количество разбиений
realxx = 0.250; // Толщина области
realyy = 0.150; // Высота
realap = 0.27; // Коэффициент теплопроводности
realalphae=12; // Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности
realTe= 60; // Наружняя температура
realalphai=47; // Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности
realTi= 700; // Внутренняя температура
```

Триангуляция области Ω состоит в разбиении ее на сходные по размерам и пропорциям треугольники, этот шаг реализуется на основе применения алгоритмов триангуляции Делоне [7]. В Freefem++ используется сторонний

модуль TetGen. Создание расчетной области и ее разбиение на конечные элементы в FreeFem++ выглядит следующим образом:

```
border aa1(t=0,xx){x=t ;y=0.000 ;label = 2;};
border aa2(t=0,yy){x=xx ;y=t ;label = 1;};
border aa3(t=0,xx){x=xx-t ;y=yy ;label = 2;};
border aa4(t=0,yy){x=0 ;y=yy-t ;label = 3;};
meshTh = buildmesh ( aa1(+pp)+aa2(+pp)+aa3(+pp)+aa4(+pp));
```

Разбиение заданной области на конечные элементы – треугольники, представлено на рисунке 1.

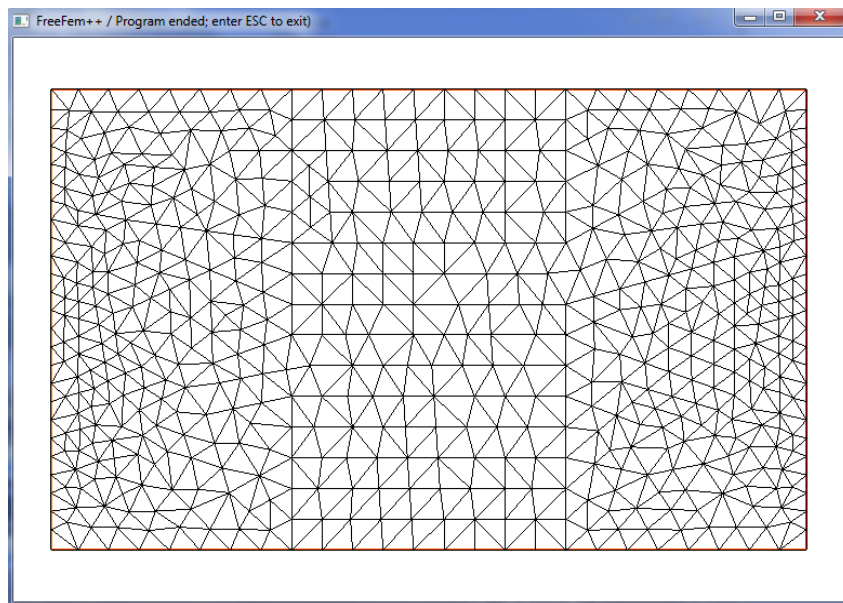


Рисунок 1 – Триангуляция области

С каждой вершиной треугольника A_i свяжем функцию φ_i , которая линейна во всех конечных элементах. Эта функция будет отлична от нуля только в тех треугольниках, одной из вершин которых является точка A_i .

Функции φ_i представляют собой пирамиды высоты 1, основанием которой служит полигон с вершинами в точках, соседних с точкой A_i , а над самой точкой A_i размещается вершина пирамиды.

Линейная комбинация этих функций $\sum_i g_i \varphi_i(x, y)$ является кусочно-линейной функцией. Любую функцию g можно аппроксимировать линейной комбинацией базисных функций, с ошибкой не превышающей линейные размеры треугольников разбиения:

$$g(x, y) \approx \sum_i g_i(x_i, y_i) \varphi_i(x_i, y_i) \quad (6)$$

В FreeFem++ построение системы базисных функций реализуется следующим образом:

```
fespaceVh(Th,P2);
Vhu,v;
```

Таким образом задается линейная оболочка Vh , натянутая на базисные функции – так называемое пространство конечных элементов (f.e. space), задается аппроксимация для функций u, v .

Третий шаг связан с дискретизацией дифференциального уравнения. Специфической особенностью FreeFem++ является необходимость задавать уравнение в слабой форме. Будем искать решение краевой задачи в виде линейной комбинации базисных функций, отвечающих внутренним вершинам, на границе решение должно обращаться в нуль - в результате получается система алгебраических уравнений. FreeFem++ использует при работе с получившейся системой сторонний пакет –UMFPACK (unsymmetric multifrontal sparse LU-factorization package) Тима Девиса (Timothy A. Davis, 1994):

```

solve a(u,v) =int2d(Th)(-ap*(dx(u)*dx(v)+dy(u)*dy(v)))
+int1d(Th,3)(-alphae*v*u)+int1d(Th,3)(+alphae*Te*v)
+int1d(Th,1)(-alpha1*v*u)+int1d(Th,1)(+alpha1*Ti*v)+int1d(Th,2)(-ap*v);
plot(u);

```

Результат решения поставленной задачи представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Вывод поля температур.

Сравнение результатов решения задачи при помощи точного решения и в FreeFem++ представлены в таблице:

	min	max
Результат FreeFem++	111,70300	686,77800
Точное решение	111,75300	686,79600
Относительная погрешность, %	0,044742%	0,002621%

Применение программного продукта Freefem++ позволяет решать задачи математической физики методом конечных элементов.

Список литературы

1. Деклу. Метод конечных элементов. М., 1976. 96 с.
2. Freefem++ Third Edition, Version 3.56-2 - Режим доступа: <http://www.freefem.org/ff++>.
3. Жуков М.Ю., Ширяева Е.В. Пакет конечных элементов FreeFem++. Ростов-на-Дону, 2010. 78 с.
4. Безик Д.А., Бычкова Т.В. Численное решение уравнения Лапласа для случая расчета трехмерного электрического поля // Актуальные проблемы энергообеспечения, автоматизации, природопользования и строительства в АПК: сборник материалов национальной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. С. 14-21.
5. Моделирование работы ячейки для измерения электропроводности почвы методом конечных элементов / Т.В. Бычкова, Г.В. Гурьянов, Д.А. Безик, В.В. Тиликин, А.А. Титенок // Сборник научных трудов института энергетики и природопользования. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. С. 33-38.
6. Безик Д.А., Бычкова Т.В. К вопросу расчёта удельной электропроводности почвы в модели однородной слабопроводящей среды // Вестник Брянской ГСХА. 2017. № 4 (62). С. 57-63.
7. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и ее применение. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. 128 с.

Жиряков Алексей Васильевич
ст. преподаватель кафедры электроэнергетики и автоматики
Макаров Алексей Сергеевич
магистр кафедры электроэнергетики и автоматики
Романенко Сергей Викторович
магистр кафедры электроэнергетики и автоматики
Романченко Сергей Владимирович
магистр кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АСКУЭ

Аннотация. В статье приведена классификация способов хищения электроэнергии, а также инновационные способы воздействия на информационную среду.

Ключевые слова: АСКУЭ, электроэнергия, хищение электроэнергии.

INFORMATION SECURITY ASKUE

A.V. Zhiryakov, A.S. Makarov, S.V. Romanenko, S.V. Romanchenko

Abstract. Classification of ways of plunder of the electric power and also innovative ways of impact on the information environment is given in article.

Keywords: ASKUE, electric power, plunder of the electric power.

Классификацию способов хищения электрической энергии [1] можно условно разделить на 2 группы:

- расчетные;
- конструкционно-технологические.

В свою очередь эти группы могут иметь свои особенности (подгруппы). Например, в группе расчетных способов можно выделить:

- занижение фактического расхода электроэнергии за счет расчетных коэффициентов;
- занижение расчетных потерь активной мощности в абонентских трансформаторах;
- «нечестное» использование многоставочных тарифов.

Во вторую группу попадают способы, которые подразумевают преднамеренное несанкционированное вмешательство непосредственно в процесс электропотребления с целью изменения схемы электроснабжения или изменение характеристик счетчиков и нарушение их нормальной работы. К ним относятся:

- механические;
- электрические;
- электромагнитные.

Перечисленные выше способы воздействия в основном применялись лишь к первичным преобразователям сигналов, устройств, входящих в АСКУЭ. Однако такие методы постепенно уходят, уступая место инновационным технологиям воздействия на информационную среду АСКУЭ – хакерским атакам. Вопросы информационной безопасности АСКУЭ касаются не только классических понятий конфиденциальности, целостности и доступности информации, но также понятий устойчивости энергосистем, надежности электроснабжения и энергетической эффективности.

Информационный обмен данными в АСКУЭ осуществляется как в пределах одного уровня (между одноранговыми устройствами – счетчиками и УСПД), так и между нижним и верхним (серверным) уровнями. В обоих случаях присутствуют точки воздействия на систему со стороны злоумышленника.

В современных АСКУЭ могут встраиваться также и системы управления подстанциями, релейной защитой и автоматикой (РЗА). Для таких систем развивается стандарт МЭК 61850, регламентирующий обмен данными между элементами подстанций. В задачах, связанных с обеспечением безопасности информационного обмена, стандарт отсылается к документу МЭК 62351, который, в свою очередь, описывает механизмы защиты, в том числе таких протоколов, как МЭК 60870-5, МЭК 61850-8-1 (GOOSE).

Несмотря на наличие защищенных протоколов, многие АСКУЭ используют небезопасные протоколы сетевого обмена абонентских устройств: ModBus, либо проприетарные протоколы на основе ModBus от производителя электросчетчика. Если на абонентском уровне АСКУЭ не предусмотрено базовых методов защиты информации, то для атакующего не составит труда воздействовать на систему. Получив доступ к АРМ или УСПД, также можно реализовать кражу или подмену данных, привести систему в неработоспособное состояние. Подобные атаки могут являться причиной неправомерного доступа к управлению электросчетчиком: атакующий сможет изменить, например, коэффициент трансформации трансформатора тока или напряжения, а также временно скрыть последствия параллельного злонамеренного воздействия на элементы РЗА. Уязвимое ПО на третьем уровне модели АСКУЭ и незащищенные каналы связи также являются точками входа для атакующего.

В базе инцидентов промышленной безопасности RISI [2] приведена статистика хакерских атак по отраслям промышленности (рисунок 1.).

Анализ этих данных показывает, что энергетика одна из наиболее подверженных таким угрозам отрасль. Это обусловлено высокой степенью распределенности структуры энергетических объектов и их большой гетерогенностью (неоднородностью), что повышает количество возможных векторов атаки.

В обеспечении информационной безопасности АСКУЭ выделяют три типа данных, подлежащих защите:

1. технические данные (параметры конфигураций, информация об ошибках и системных сбоях, логины), которыми обмениваются как актив-

ные, так и пассивные элементы системы. Целостность и доступность этих данных обеспечивает устойчивость функционирования АСКУЭ;

2. технические данные клиентов, поступающих от объектов энергоучета;
3. персональные данные пользователей.



Рисунок 1. Количество хакерских атак по отраслям промышленности

В обеспечении информационной безопасности АСКУЭ выделяют три типа данных, подлежащих защите:

4. технические данные (параметры конфигураций, информация об ошибках и системных сбоях, логины), которыми обмениваются как активные, так и пассивные элементы системы. Целостность и доступность этих данных обеспечивает устойчивость функционирования АСКУЭ;

5. технические данные клиентов, поступающих от объектов энергоучета;

6. персональные данные пользователей.

Кроме того, для описания угроз информационной безопасности были выделены основные зоны АСКУЭ:

1. административная зона (управление персоналом), в которой рассматриваются угрозы, связанные с умышленными или случайными действиями сотрудников;

2. зона приложений - совокупность программных и технических средств АСКУЭ, подверженных угрозам информационной безопасности;

3. сеть – зона, объекты которой реализуют передачу данных между объектами одного уровня АСКУЭ, либо между объектами разных уровней.

В [2] приводится перечень основных угроз безопасности выделенных типов данных, разделенный на зоны (таблица 1).

Таблица 1. Угрозы безопасности по зонам АСКУЭ

Административная зона	
1	Получение неправомерного доступа к управляющему сегменту
2	Повышение привилегий в системе
3	Использование идентификации/аутентификации, заданной по умолчанию
4	Неправомерное ознакомление с защищаемой информацией
5	Раскрытие информации о состоянии, параметрах, составе системы, а также о топологии сети
6	Использование ПО, не предназначенного для обеспечения работоспособности системы, на АРМ
7	Получение неправомерного доступа к техническим данным системы в результате небрежного отношения работников к своим обязанностям
8	Получение неправомерного доступа к техническим данным системы в результате некомпетентности администраторов системы
Зона приложений	
9	Агрессивное внешнее воздействие на вычислительные ресурсы сервера или рабочей станции (DoS/DDoS-атака) системы управления/информирования
10	Получение доступа к информации в результате передачи данных в открытом/незашифрованном виде (plaintext)
11	Получение неправомерного доступа из-за отсутствия механизмов аутентификации
12	Атака на веб-системы, которая подразумевает внедрение вредоносного кода на определенную страницу сайта и взаимодействие этого кода с удаленным сервером злоумышленников при открытии страницы пользователем (XSS-атаки на систему управления/информирования)
13	Уязвимость, которая возникает при недостаточной проверке и обработке данных (отсутствии фильтрации), которые передаются от пользователя, и позволяет модифицировать и выполнять непредвиденные кодом программы (SQL-инъекции в систему управления/информирования)
14	Подбор паролей методами перебора с использованием различных алгоритмов или с использованием словарей
Сеть	
15	Неправомерное подключение к сети управления/информирования на физическом уровне
16	Перехват данных систем управления/информирования
17	Подмена данных систем управления/информирования, передаваемых по сети
18	Атаки подмены IP-адресов узлов систем управления/информирования

Мировая практика эксплуатации систем АСКУЭ показывает, что многие инциденты информационной безопасности АСКУЭ имели место. Согласно федеральным отчетам, за период с 2010 по 2014 гг. на электросети США было совершено более 1100 кибератак, из которых 159 оказались успешными.

Также был инцидент конца 2015 года, произошедший с поставщиком электроэнергии «Прикарпатьеоблэнерго», в результате которого на большой территории Ивано-Франковской области Украины было отключено электричество, и более 230 тысяч человек остались без электроэнергии. Для проведения успешной атаки хакеры долго изучали сеть и систему управления подстанциями, после чего получили доступ к удаленному управлению АРМ от имени доверенных пользователей, перепрошили конвертеры интерфейсов, из-за чего электрооборудованием можно было управлять только в ручном режи-

ме. Опасность такой атаки заключается в том, что, например, в США многие системы управления передачи электроэнергии не имеют возможности управления в ручном режиме при физическом доступе к оборудованию. Исследования, проведенные в США, показывают, что потенциальная кибератака на электросеть США может нанести ущерб более 1-го триллиона долларов.

Исследование проблемы информационной безопасности АСКУЭ показывает важность обеспечения ее информационной безопасности, так как выявлены высокие показатели риска и потенциального ущерба, рост количества инцидентов и сложность внедрения систем защиты информации.

В России пока нет реализации полноценной интеллектуальной сети электроснабжения, удовлетворяющей всем требованиям, предъявляемым подобным системам. Задача внедрения системы обеспечения информационной безопасности должна быть заложена на этапе определения функций самой АСКУЭ, а разработку и подключение средств защиты информации нужно интегрировать в разработку самой АСКУЭ.

Выводы:

1. Коммерческие потери электрической энергии в распределительных сетях России достигают 35 % от общего количества потерь активной мощности и энергии и практически не могут быть эффективно снижены без применения АСКУЭ.

2. Расчетные потери в распределительных сетях основном определяются недоработкой самих электросбытовых компаний, а конструктивно-технологические – умышленными действиями потребителей электроэнергии.

3. С внедрением АСКУЭ заметно снижаются коммерческие потери, обусловленные воздействием на первичные преобразователи учета электроэнергии, однако для успешного выявления таких способов хищения электрической энергии необходимо их знание и наличие в электросбытовых компаниях современных средств измерений.

4. С другой стороны, мировой опыт использования АСКУЭ в развитых странах Европы и Америки показывает, что существенно возрастает роль хакерских атак на АСКУЭ и на первый план выдвигается задача обеспечения информационной безопасности АСКУЭ.

Список литературы

1. Железко Ю.С., Артемьев А.В., Савченко О.В. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: руководство для практических расчетов. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2005. 280 с.

2. Мелких А.А., Микова С.Ю., Оладько В.С. Исследование проблемы информационной безопасности АСКУЭ // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2016. № 6 (27).

3. Жиряков А.В., Кубаткина О.В. Анализ особенностей системы АСКУЭ для бытовых потребителей // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции (28-29 апреля 2018 г.). Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. С. 53-160.

Иваниюга Михаил Михайлович
ст. преподаватель кафедры электроэнергетики и автоматики
Завьялов Илья Сергеевич
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Лапик Павел Владимирович
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Матюшкин Алексей Николаевич
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СЕТЕЙ

Аннотация: тепловые процессы, моделирование, эксплуатация

Ключевые слова: моделирование, тепловые потери, превышение температур

MODELING OF THERMAL REGIMES OF CONSUMER NETWORKS

M. M. Ivaniuga, I. S. Zavyalov, P. V. Lapik, A.N. Matiushkin

Abstract: thermal processes, modeling, operation

Keywords: modeling, thermal losses, excess temperature

Рассмотрим тепловой процесс обобщенного проводника, подводящего к электрооборудованию электрическую энергию. Он проложен открыто и теплоотдача с его внешней поверхности осуществляется естественной конвекцией.

При подаче электрического напряжения, через проводник потечет электрический ток I , [А]. Этот ток, согласно закону Джоуля-Ленца, приводит к появлению тепловой энергии, равной $Q = I^2 \cdot R \cdot t$ [Дж], которая приводит к постепенному повышению температуры проводника (тепло распространяется теплопроводностью пропорционально градиенту температур).

Примечание: с теплофизической точки зрения проводник представляется однородным стержнем, и обмен тепла идет только с его внешней поверхности.

Изменение температуры проводника в известной степени зависит: во-первых - от его способности накапливать тепловую энергию в своем объеме, повышая свою температуру. Этот процесс поглощения проводником тепловой энергии определяется теплоемкостью его материала

$C = C_{уд} \cdot m \left[\frac{\text{Дж}}{\text{град}} \right]$, здесь $C_{уд} \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \right]$ - удельная теплоемкость, а m масса проводника.

во-вторых – от интенсивности отвода тепла с его внешней поверхности. Здесь k_T — общий коэффициент теплоотдачи, учитывающий все виды теплоотдачи, $\left[\frac{Вт}{м^2 \cdot град} \right]$.

И, в-третьих – от величины выделившейся в самом проводнике тепловой энергии $Q = I^2 \cdot R \cdot t$ [Дж].

Таким образом, выделившаяся за время dt энергия равна:

$$dQ = P \cdot dt = I^2 \cdot R_a \cdot dt$$

где I , [А] - сила тока, в проводнике; R_a [Ом] - омическое сопротивление данного проводника; P [Вт] — тепловые потери в проводнике.

Энергия, расходуемая на нагрев самого проводника

$$dQ_1 = G \cdot C_{уд} \cdot d\Theta,$$

где G [кг] - вес самого проводника; здесь $C_{уд} \left[\frac{Дж}{кг \cdot град} \right]$ - удельная теплоемкость; Θ [град] - температурный градиент – разница между текущими температурами проводника и окружающей среды: $\Theta = \vartheta - \vartheta_0$ здесь ϑ и ϑ_0 — температуры проводника и окружающей среды.

Часть тепловой энергии, нагревающая проводник, увеличивает его температуру, а остальное тепло отводится с поверхности проводника за счет теплоотдачи $k_T \left[\frac{Вт}{м^2 \cdot град} \right]$, может быть найдено по выражению:

$$dQ_2 = k_T \cdot S \cdot (\vartheta - \vartheta_0) \cdot dt = k_T \cdot S \cdot \Theta \cdot dt$$

где $k_T \left[\frac{Вт}{м^2 \cdot град} \right]$ - коэффициент теплоотдачи с внешней цилиндрической поверхности проводника S [м²].

Протекающий во времени тепловой процесс характеризуется балансом образующейся, поглощенной и отведенной энергий

$$dQ = dQ_1 + dQ_2.$$

Используя выше приведенные выражения, получим:

$$I^2 \cdot R_a \cdot dt = G \cdot C \cdot d\Theta + k_T \cdot S \cdot \Theta \cdot dt$$

Произведя простейшие преобразования, получим:

$$\frac{I^2 \cdot R_a}{G \cdot C} = \frac{d\Theta}{dt} + \frac{k_T \cdot S}{G \cdot C} \cdot \Theta.$$

Принимая во внимание, что теплофизические параметры материалов, участвующих в тепловом процессе можно считать постоянными и $\Theta_{нач} = \Theta_{ср}$ преобразуем наше дифференциальное уравнение, путем разделения переменных и проинтегрируем его, получим

$$\Theta = A \cdot e^{-\frac{k_T \cdot S}{G \cdot C} \cdot t} + \frac{I^2 \cdot R_a}{k_T \cdot S},$$

постоянная интегрирования A , определяется из начальных условий, $\Theta_{t=0} = 0$

$$(\Theta = 0) = A + \frac{I^2 \cdot R_a}{k_T \cdot S} \quad \text{откуда} \quad A = -\frac{I^2 \cdot R_a}{k_T \cdot S}.$$

$$\text{В итоге, имеем } (\Theta = \vartheta - \vartheta_0) = \frac{I^2 \cdot R_a}{k_T \cdot S} \cdot \left(1 - e^{-\frac{k_T \cdot S}{G \cdot C} \cdot t} \right).$$

Следует отметить, что процесс нагрева проводника происходит имеет вид экспоненты (рис. 1), где температура достигает установившегося значения. Используя это уравнение, можно вычислить текущую температуру в любой момент времени t .

Установившийся перегрев Θ_Y наступает при $t = \infty$

$$(\Theta_Y = \vartheta_Y - \vartheta_0) = \frac{I^2 \cdot R_a}{k_T \cdot S}$$

где ϑ_Y - конечная температура проводника; ϑ_0 - температура окружающей среды (считается постоянной)

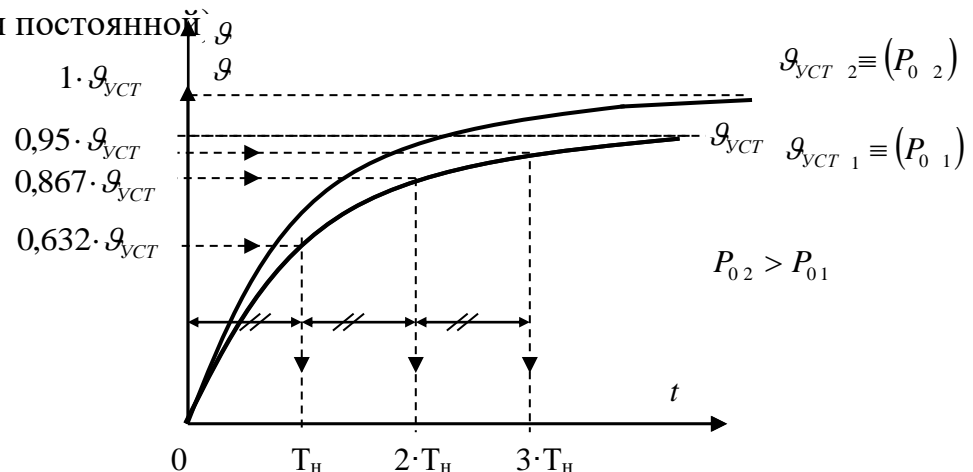


Рис. 1. Кривые нагрева и охлаждения проводников:
 а — график температуры при нагреве;
 б — график температуры при охлаждении

Таким образом, предлагаемая математическая модель позволяет, для реальных потребительских сетей, теоретически определить значения их рабочих температур при предполагаемых рабочих нагрузках, как в продолжительном, так и кратковременных эксплуатационных режимах работы.

Список литературы

1. Алексанян И.Э., Безик В.А. Анализ состава и состояния электрооборудования сельскохозяйственных потребителей Рославльского района Смоленской области // Проблемы энергетики, природопользования, экологии. Сборник материалов международной научно-технической конференции / под общ.ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 7-11.
2. Безик В.А., Кубаткина О.В., Жиряков А.В. Качество электрической энергии в сетях с разрядными лампами // Актуальные проблемы энергообеспечения, автоматизации, природопользования и строительства в АПК: сборник материалов национальной научно-технической конференции. Брянск, 2018. С. 118-126.
3. Ковалев В.В., Яковенко Н.И. Основные способы экономии электроэнергии в осветительных установках // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 99-103.
4. Маркарянц Л.М., Безик В.А., Кирдищев Д.В. Совершенствование системы управления энергетических установок в сельском хозяйстве // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4. С. 38-40.
5. Яковенко Н.И. Энергоэффективное освещение // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природопользования: сборник материалов IX Международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2015. С. 276-281.
6. Яковенко Н.И. О некоторых элементах экономии на электрическом освещении // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов VIII Международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2014. С. 225-227.
7. Яковенко Н.И. О математическом моделировании теплового состояния частично сосредоточенных взаимосвязанных объектов // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сборник материалов Международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 180-181.
8. Яковенко Н.И. О применении гармонического анализа расчета квазистационарных процессов // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сборник материалов Международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 182.

Кирдищев Дмитрий Владимирович
ст. преподаватель кафедры электроэнергетики и автоматики
Давыдов Андрей Михайлович
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Сынков Александр Андреевич
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Кузин Иван Викторович
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

ПРЕДОХРАНИТЕЛИ. РАСЧЕТ И ВЫБОР

Аннотация. Плавкие предохранители, их расчет и выбор

Ключевые слова: Ток плавления, время срабатывания, селективность

SAFETIES. THE CALCULATION AND SELECTION

D.V. Kirdishev, A.M. Davydov, A.A. Synkov, I.V. Kuzin

Abstract. Fuses, their calculation and selection

Keywords: Melting current, response time, selectivity

Предохранители применяют для защиты электроприемников, проводов и кабелей от токов КЗ. Плавкий предохранитель – это установочное изделие, предназначенное для защиты электроприборов путем отключения подачи на них электроэнергии при превышении допустимой величины тока способом расплавления установленной в предохранителе калиброванной проволоки.

Конструктивно предохранитель представляет собой патрон, в котором крепится плавкая вставка, являющаяся искусственно ослабленным звеном в электрической сети.

Классификация предохранителей

Плавкие предохранители разделяют на:

1 - инерционные — с большой тепловой инерцией, т.е. способностью выдерживать значительные кратковременные перегрузки током. Это предохранители с винтовой резьбой и свинцовым токопроводящим мостиком;

2 - безынерционные — с малой тепловой инерцией, т.е. с ограниченной способностью к перегрузкам. Это предохранители с медным токопроводящим мостиком, а также предохранители со штампованными вставками.

Предохранитель характеризуется:

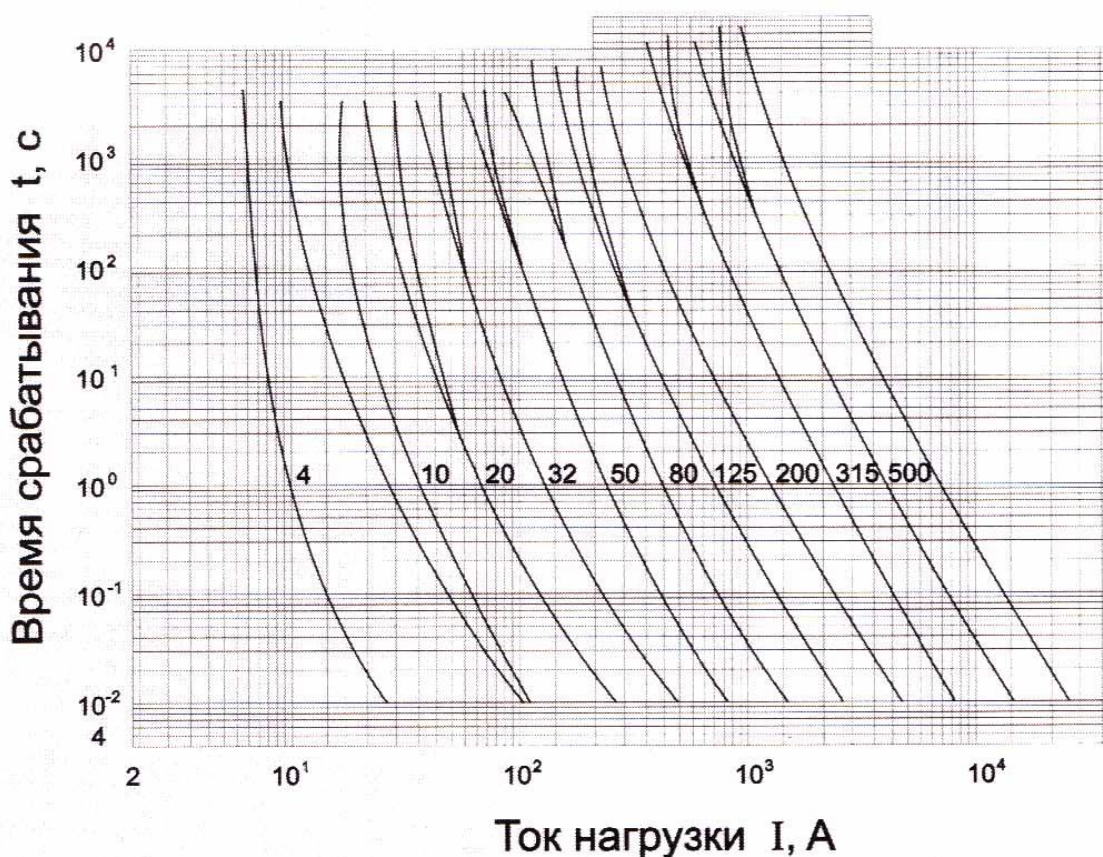
1 - номинальным напряжением, при котором предохранитель работает длительное время;

2 - номинальным током патрона, на который рассчитаны его токоведущие части и контактные соединения по условию длительного нагрева;

3 - номинальным током плавкой вставки, который она выдерживает, не расплавляясь длительное время;

4 - разрывной способностью (предельным отключаемым током), определяемой максимальным отключаемым током, при котором происходит перегорание плавкой вставки без опасного выброса пламени или продуктов горения дуги и без разрушения патрона;

5 - защитной время-токовой характеристикой, зависимостью времени полного отключения цепи от величины отключаемого тока.



Для того, чтобы правильно и безопасно восстановить плавкую вставку нужно всего лишь выбрать правильный диаметр используемой проволоки. Ниже приведен расчет диаметра провода для плавких вставок предохранителей по таблице.

Ток плавления, А	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
Диаметр, мм	0,05	0,09	0,11	0,14	0,16	0,18	0,2	0,22	0,24	0,25	0,32

Расчёт проводников для плавких предохранителей

Ток плавления проводника для применения в плавкой вставке (предохранителе) можно рассчитать по формулам:

$$I_{\text{нБ}} = \frac{d - 0,005}{k} \quad (1),$$

где: d – диаметр проводника, мм;

k – коэффициент, зависящий от материала проводника согласно таблице.

$$I_{\text{нБ}} = \beta \cdot \sqrt{d^3} \quad (2),$$

где: β – коэффициент, зависящий от материала проводника согласно таблице.

Формула (1) применяется для малых токов (тонкие проводники $d=(0,02 - 0,2)$ мм), а формула (2) для больших токов (толстые проводники).

Таблица коэффициентов

Материал	Коэффициенты	
	k	β
Алюминий	-	59,2
Железо	0,127	24,6
Константан	0,07	-
Медь	0,034	80
Никелин	0,06	40,8
Олово	-	12,8

Диаметр проводника для использования в плавком предохранителе рассчитывается по формулам:

Для малых токов (тонкие проводники диаметром от 0,02 до 0,2 мм):

$$d = k \cdot I_{\text{нБ}} + 0.005 \quad (3)$$

Для больших токов (толстые проводники):

$$d = \sqrt[3]{\frac{I_{\text{нБ}}^2}{m^2}} \quad (4)$$

Количество теплоты выделяемое на плавкой вставке W рассчитывается по формуле:

$$W = I^2 \cdot R \cdot t \quad (5)$$

где: I – ток, текущий через проводник;

R – сопротивление проводника;

t – время нахождения плавкой вставки под током I .

Сопротивление плавкой вставки рассчитывается по формуле:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad (6)$$

где: ρ – удельное сопротивление материала проводника;

l – длина проводника;

S – площадь сечения проводника.

Для упрощения расчетов сопротивление принимается постоянным. Рост сопротивления плавкой вставки вследствие повышения температуры не учитываем.

Зная количество теплоты, необходимое для расплавления плавкой вставки, можно рассчитать время расплавления по формуле:

$$t = \frac{W}{I_{\text{п}}^2 \cdot R} \quad (7)$$

где: W – количество теплоты, необходимое для расплавления плавкой вставки;

$I_{\text{п}}$ – ток плавления;

R – сопротивление плавкой вставки.

Количество теплоты, необходимое для расплавления плавкой вставки рассчитывается по формуле:

$$W = \lambda \cdot m \quad (8)$$

где: λ – удельная теплота плавления материала из которого сделана плавкая вставка;

m – масса плавкой вставки.

	Удельная теплота плавления (кДж/кг)	Плотность, кг/м ³
Алюминий	390	2710
Железо	277	7800
Медь	213	8900
Олово	60,7	7300

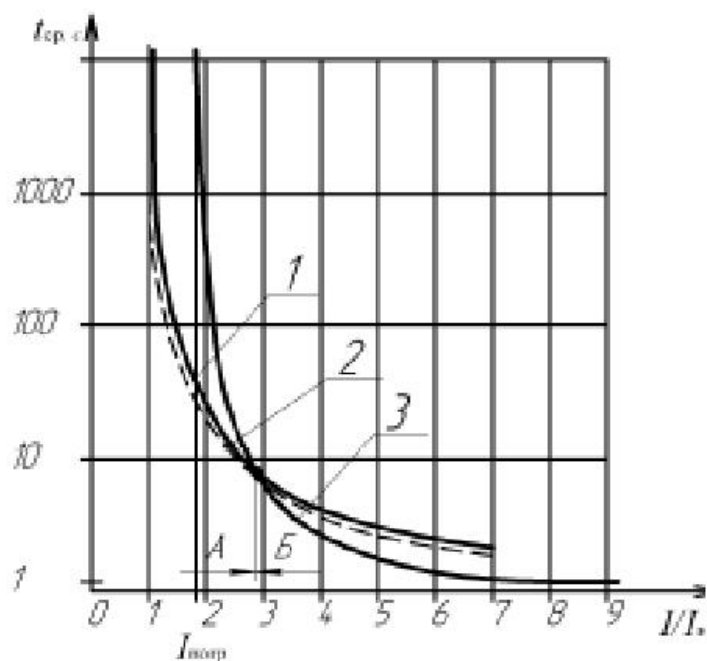
Масса плавкой вставки круглого сечения рассчитывается по формуле:

$$m = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot l \cdot \rho}{4} \quad (9)$$

где: d – диаметр плавкой вставки;

l – длина плавкой вставки;

ρ – плотность материала плавкой вставки.



- 1- Электрооборудования
- 2- Идеального предохранителя
- 3- Реального предохранителя

Рисунок 1. Времятоковые характеристики

Избирательность (селективность) защиты плавкими предохранителями обеспечивается подбором плавких вставок таким образом, чтобы при возникновении короткого замыкания, например, на ответвлении к электроприемнику, срабатывал ближайший плавкий предохранитель, защищающий этот электроприемник, но не срабатывал предохранитель, защищающий головной участок сети.

Список литературы

1. Безик В.А. Структура средств защиты электроустановок // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции. Брянск, 2012. С. 22-28.

2. Устройство защиты от поражения электрическим током в линии, питающей электродвигатель: пат. 121105 Рос. Федерация / Маркарянц Л.М., Безик В.А., Безик Д.А., Иванюга М.М., Ковалев В.В., Жиряков А.В.; заявл. 10.05.2012; опубл. 10.10.2012, Бюл. № 28

3. Соловьев Ю.М., Ковалев В.В., Яковенко Н.И. Светотехника и электротехнологии: методические указания и задания для курсовой работы для студентов очного и заочного обучения факультета "Энергетика и природопользование". Брянск, 2012.

4. Яковенко Н.И. О математическом моделировании теплового состояния частично сосредоточенных взаимосвязанных объектов // Проблемы энер-

гетики, природопользования, экологии: сборник материалов Международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 180-181.

5. Яковенко Н.И. О некоторых элементах экономии на электрическом освещении // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов VIII Международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2014. С. 225-227.

6. Яковенко Н.И. Физика. Вопросы и ответы. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2002. 121 с.

7. Яковенко Н.И. Энергоэффективное освещение // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природопользования: материалы IX Международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2015. С. 276-281.

Кирдищев Дмитрий Владимирович
ст. преподаватель кафедры электроэнергетики и автоматики
Полухин Александр Григорьевич
магистранты кафедры электроэнергетики и автоматики
Ковалев Алексей Иванович
магистранты кафедры электроэнергетики и автоматики
Петроченко Александр Владимирович
магистранты кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

ВОПРОСЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ АПК

Аннотация: В статье рассмотрены основные показатели качества электрической энергии на предприятиях АПК и предложено устройство контроля параметров качества электрической энергии в ЗАО «Брянсксельмаш».

Ключевые слова: электроэнергия, показатели качества электроэнергии, надежность энергосистемы.

QUESTIONS OF INDICATORS OF ELECTRIC POWER QUALITY IN THE INDUSTRY OF APC

D. V. Kirdishev, A.G. Polukhin, A.I. Kovalev, A.V Petrochenko

Annotation: The article discusses the main indicators of the quality of electrical energy at the enterprises of the agro-industrial complex and proposed a device for monitoring the parameters of the quality of electrical energy at Bryanskselelmash CJSC.

Keywords: electricity, power quality indicators, reliability of the power system.

Качество электрической энергии является важным показателем, влияющим на надежность работы энергосистемы. Согласно ГОСТ 32144-2013 «Качество электрической энергии (КЭ): Степень соответствия характеристик электрической энергии в данной точке электрической системы совокупности нормированных показателей КЭ» [1].

Весьма важно проводить оценку качества электроэнергии на предприятиях АПК. Влияние КЭ на работу электроприемников позволяет применить соответствующий комплекс мероприятий, направленных на снижение потерь электроэнергии, повышению надежности и качества электроснабжения, срока службы оборудования и как следствие, экономии электроэнергии, а также понижению издержек производства.

Объектом исследования является предприятие – ЗАО СП «Брянсксельмаш», постоянно развивающееся. ЗАО СП «Брянсксельмаш» в недавнем времени провело модернизацию производственных основных фондов, а также и электрического оборудования. Предприятие располагает современным

высокотехнологичным оборудованием, управляемым с помощью ЭВМ. На заводе действует система менеджмента качества, которая разработана на основании международного стандарта ISO 9001:2000.

Выпускаемая продукция имеет высокое качество, и соответствует международным требованиям, что подтверждается присутствием сертификатов соответствия системы менеджмента качества и сертификатов соответствия на продукцию рассматриваемого предприятия.

На практике параметры кондуктивных электромагнитных помех описываются и нормируются в форме показателей качества электроэнергии (КЭ). Основным нормативным документом, регламентирующим нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения, является в настоящее время ГОСТ 32144-2013.

Показателями КЭ являются:

- установившееся отклонение напряжения δU_y ;
- размах изменения напряжения δU_i ;
- доза фликера P_i ;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U ;
- коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$;
- коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} ;
- коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} ;
- отклонение частоты Δf ;
- длительность провала напряжения $\Delta t_{п}$;
- импульсное напряжение $U_{имп}$;
- коэффициент временного перенапряжения $K_{пер U}$.

При определении значений некоторых показателей КЭ используют следующие вспомогательные параметры электрической энергии:

- частоту повторения изменений напряжения $F_{\delta U_i}$;
- интервал между изменениями напряжения $\Delta t_{i, i+1}$;
- глубину провала напряжения δU_n ;
- частота появления провалов напряжения F_n ;
- длительность импульса по уровню 0,5 его амплитуды $\Delta t_{имп0,5}$;
- длительность временного перенапряжения $\Delta t_{пер U}$.

Установлены два вида норм КЭ: нормально допустимые и предельно допустимые.

Измерение показателей качества электроэнергии производилось на выводах $U_{ном}=0,4$ кВ. Измерение ПК производилось с помощью устройства контроля параметров качества электрической энергии УК1 (ТУ РБ 100230547.012-2002). Прибор, представляет собой высокоточный измерительный прибор, построенный на основе современных цифровых технологий. Устройство устанавливается на энергообъектах и осуществляет сбор, обработку и хранение информации о параметрах качества электрической энергии в соответствии с требованиями ГОСТ 32144-2013.



Рисунок 1. Устройство контроля параметров качества электрической энергии УК1

Функциональные возможности Устройства контроля параметров качества электрической энергии УК1:

- подключается к одно- и трехфазным сетям 0,38кВ непосредственно, к сетям с высоким напряжением – через измерительные трансформаторы;
- измеряет все параметры качества электроэнергии в точном соответствии с требованиями ГОСТ 32144-2013;
- вычисляет и хранит сами значения параметров качества, а не результаты статистической обработки, что позволяет детально проследить за состоянием контролируемой электросети за весь интервал измерений;
- автономно накапливает информацию более двух месяцев, накопленная информация (результаты измерений, в том числе на разных энергообъектах) хранится в устройстве неограниченное время;
- производит статистическую обработку накопленных данных и сравнение результатов с установленными нормами качества электроэнергии;
- имеет дружелюбный пользовательский интерфейс (с большим графическим ЖК-дисплеем и клавиатурой), который позволяет управлять прибором с помощью развитой системы меню и просматривать результаты измерений, как в текстовом, так и графическом видах;
- печатает на принтере протоколы анализа качества электроэнергии без ПЭВМ;
- имеет два интерфейса связи для работы совместно с ПЭВМ.

Основные технические характеристики Устройства контроля параметров качества электрической энергии УК1:

диапазон входных напряжений (U_a , U_b , U_c):

основной частоты до 500В; импульсных до 5000 В;

контролируемые параметры качества:

- отклонение частоты от -2 до $+2$ Гц;
- установившееся отклонение напряжения от -50 до $+50$ %;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения от 2 до 50 %;
- коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения от 0,2 до 15 %;
- коэффициент несимметрии напряжений по нулевой и обратной последовательностям от 0 до 10 %;
- размах изменения напряжения от 2 до 10 %;
- кратковременная и длительная дозы фликера от 0,1 до 4;

- провал напряжения:
глубина до 100%;
длительность от 0,01 до 60 с;
- временное перенапряжение:
коэффициент от 1,1 до 2;
длительность от 0,04 до 60 с;
- импульсное напряжение от 100 до 5000В;
- автономное накопление измерений параметров качества не менее 60 суток;
- хранение накопленной информации о параметрах качества не ограничено;
- тип канала для выдачи информации:
- на подключаемую ПЭВМ - RS-232C;
- в территориально-распределенную локальную сеть - RS-485;
- тип порта для подключения принтера - параллельный (LPT); напряжение питания:
- переменного тока от 110 до 253В;
- постоянного тока от 132 до 297В;
- потребляемая мощность 20 ВА;
- габаритные размеры устройства 240x190x120 мм;

Устройство УК1 внесено в Государственный реестр средств измерений РБ под № РБ 03 13 1654 02 и имеет соответствующий сертификат.

Местом проведения измерения показателей качества электроэнергии (ПКЭ) являлась выходы $U_{ном}=0,4$ кВ обрабатывающего центра ГДВ 500.

Измерения показателей качества электрической энергии проводились с помощью Устройства УК1 в системе электроснабжения предприятия.

Оценка результатов измерения показателей качества электрической энергии на выходах $U_{ном}=0,4$ кВ позволяет сделать следующие **выводы**:

1. За время измерений не превышали нормально допустимых значений следующие ПКЭ:

- отклонение частоты Δf на выходах $U_{ном}=0,4$ кВ;
- коэффициенты искажения синусоидальности кривой напряжения K_U по фазам A, B, C на выходах $U_{ном}=0,4$ кВ;
- коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} на выходах $U_{ном}=0,4$ кВ;
- коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} на выходах $U_{ном}=0,4$ кВ;
- коэффициенты искажения синусоидальности кривой напряжения K_U по фазам A, B, C на выходах $U_{ном}=0,4$ кВ;
- кратковременная доза фликера P_{St} и длительная доза фликера P_{Lt} по фазам A, B и C на выходах $U_{ном}=0,4$ кВ;
- размах изменения напряжения ΔU_t по фазам A и C на выходах $U_{ном}=0,4$ кВ;
- коэффициент временного перенапряжения $K_{перU}$ по фазам A, B и C на выходах $U_{ном}=0,4$ кВ.

- колебание напряжения dU_t %, по фазам A, B и C на выходах $U_{ном}=0,4$ кВ;

2. За время измерений превысили нормально допустимые значения, следующие ПКЭ:

- коэффициенты 30, 32, 33, 34, 36, 38, 39, 40 гармонических составляющих напряжения фазы *A* на выводах $U_{ном}=0,4$ кВ;
 - коэффициенты 30, 32, 33, 34, 36, 38, 39, 40 гармонических составляющих напряжения фазы *B* на выводах $U_{ном}=0,4$ кВ;
 - коэффициенты 36, 38, 39, 40 гармонических составляющих напряжения фазы *C* на выводах $U_{ном}=0,4$ кВ.
 - установившееся отклонение напряжения δU_y на выводах $U_{ном}=0,4$ кВ;
 - размах изменения напряжения δU_t по фазе *B* на выводах $U_{ном}=0,4$ кВ;
- За время измерений предельно допустимых отклонений не превысил не один из выше перечисленных параметров, согласно ГОСТ 32144-2013.

Список литературы

1. Литвак Л.В. Рациональная компенсация реактивных нагрузок на промышленных предприятиях. М.: Госэнергоатомиздат, 1983.
2. Широбокова О.Е., Прыгов Н.М., Прыгова В.В. К вопросу показателей гармонических искажений в электрических сетях // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности природопользования в АПК: материалы VIII Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2014. С. 191-195.
3. Широбокова О.Е., Прыгов Н.М. К вопросу компенсации реактивной мощности в электрических сетях с вентильными преобразователями // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности природопользования в АПК: материалы Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2013. С. 81-83.
4. Широбокова О.Е., Прыгов Н.М. Оптимальное распределение конденсаторных батарей в электросетях при компенсации реактивной мощности с/х предприятий // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности природопользования в АПК: материалы Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2013. С. 86-91.
5. Широбокова О.Е., Прыгов Н.М., Прыгова В.В. О единице измерения реактивной мощности киловар (квар) // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности природопользования в АПК: VIII Международная научно-техническая конференция. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2014. С. 196-198.
6. Широбокова О.Е., Прыгов Н.М. Компенсация реактивной мощности в электросетях с газоразрядными лампами // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природопользования: материалы IX международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2015. С. 223-227.
7. Безик В.А., Кубаткина О.В., Жиряков А.В. Качество электрической энергии в сетях с разрядными лампами // Актуальные проблемы энергообеспечения, автоматизации, природопользования и строительства в АПК: сборник материалов национальной научно-технической конференции. Брянск. 2018. С. 118-126.

Кисель Юрий Евгеньевич
докт. техн.наук, профессор кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск
Ивашкин Юрий Александрович
канд. физ.-мат.наук, доцент кафедры прикладной механики и физики
Симохин Сергей Петрович
ст. преподаватель кафедры прикладной механики и физики
Обозов Алексей Алексеевич
ст. преподаватель кафедры прикладной механики и физики
Брянский государственный инженерно-технологический университет,
г. Брянск

ВЛИЯНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ НА МИКРОТВЁРДОСТЬ ЖЕЛЕЗНЫХ ПОКРЫТИЙ

***Аннотация.** Рассмотрено влияние нестационарных режимов осаждения электролитического железа на микротвёрдость покрытия. Осаждение проводилось в хлористом электролите при скорости потока от 1 до 3 м/с и плотности катодного тока от 50 до 500 А/дм² в течении 20 минут. Даны практические рекомендации по выбору параметров нестационарных режимов осаждения с целью получения твердых покрытий.*

***Ключевые слова:** железнение, гальванические покрытия, скорость потока электролит, режимы осаждения*

EFFECT OF NON-STATIONARY DEPOSITION MODES ON MICROHARDNESS OF THE COATINGS

Yu. Kisel, Yu. Ivashkin, S. Simokhin, A. Obozov

***Annotation.** The influence of non-stationary deposition regimes on the microhardness of the coating is considered. Deposition was carried out in chloride electrolyte at a flow rate of 1 to 3 m/s and a cathode current density of 50 to 500 A/dm² within 20 minutes. Practical recommendations on the choice of parameters of non-stationary deposition regimes to obtain solid coatings are given.*

***Keywords:** steeling, electroplatings, flow rate electrolyte, deposition modes*

Введение. Электролитическое осаждение железных покрытий широко применяется в ремонтном производстве для восстановления большой номенклатуры деталей, имеющих износы до 1 мм. Это обусловлено технологической простотой и гибкостью процесса, а также его высокой экономичностью. Получение заданной равномерной толщины покрытия с относительно высоким классом шероховатости позволяет снизить затраты на дальнейшую механическую обработку. При всех своих достоинствах

железнение имеет и существенный недостаток – низкая производительность процесса [1-3].

Особую практическую значимость интенсификация железнения приобретает при восстановлении больших партий деталей или крупногабаритных деталей, которые не могут быть загружены в ванны в большом количестве [1].

К наиболее перспективным технологическим приемам, позволяющим повысить производительность железнения, является нанесение гальванических покрытий в проточном электролите.

Целью работы было исследование влияния нестационарных режимов осаждения электролитических железных покрытий на их микротвердость.

Метод исследования. Для исследования процесса осаждения железных покрытий в проточном электролите нами была сконструирована лабораторная установка, представленная на рисунке 1.

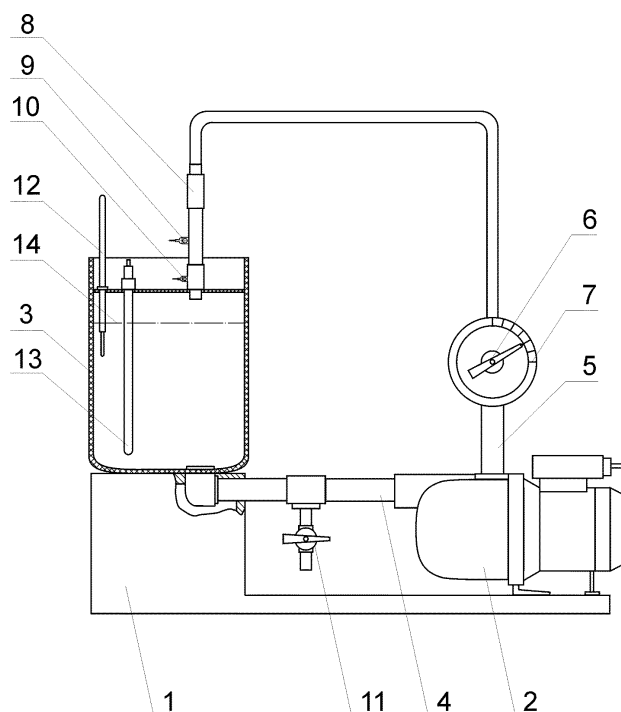


Рис. 1. Экспериментальная установка для нанесения покрытий на образцы.

1 – основание; 2 – мотор-насос; 3 – бак; 4 – всасывающий трубопровод; 5 – подающий трубопровод; 6 – кран регулировочный; 7 – диск со шкалой; 8 – ячейка; 9 – клемма питания анода; 10 – клемма питания катода; 11 – кран сливной; 12 – термометр; 13 – контактный нагреватель; 14 – уровень электролита

Установка состоит из основания 1, на котором установлены насос 2, бак для электролита 3. Насос и бак соединен трубопроводом 4, по которому раствор попадает в насос, а затем подается по трубопроводу 5 к ячейке 8, содержащей анод и восстанавливаемую деталь. Для регулировки скорости движения раствора служит кран 6, на котором закреплен диск со шкалой ско-

ростей. Кран 6 позволяет регулировать скорость движения жидкости в диапазоне от 1 до 8 м/с.

Для поддержания заданной температуры раствора служит контактный нагреватель 13. Контроль температуры осуществлялся с помощью термометра 12. В качестве электролита железнения использовался раствор хлористого железа с взвешанными в нем частицами электрокорунда размером 100-200 мкм. Осаждение покрытий проводилось при кислотности электролита pH $0,7 \pm 0,1$ и температуре $60 \pm 2^\circ\text{C}$. Исследовалось влияние скорости потока электролита (X_1) в м/с, концентрации частиц электрокорунда (X_2) в г/л и плотности катодного тока (X_3) А/дм² на микротвердость покрытий.

Эксперименты проводились по плану ЦКР 2^3 [4]. Интервалы варьирования факторов (X_1), (X_2), (X_3) приведен в таблице 1.

Таблица 1. Факторы и уровни их варьирования

Уровни факторов	Код переменных	Значения переменных		
		X_1	X_2	X_3
Звездная точка(+ α)	+1,68	3	100	500
Верхний уровень	+1	2,7	80	387
Основной уровень	0	2	50	225
Нижний уровень	-1	1,3	20	163
Звездная точка(- α)	-1,68	1	0	50
Интервал варьирования		0,7	30	62

Прочность сцепления определяли методом кольцевого сдвига. В качестве восстанавливаемой детали использовались цилиндрические образцы (длиной 60 мм и диаметром 12 мм). Перед нанесением покрытия образцы обезжиривали в растворе венской извести, промывали дистиллированной водой и устанавливали в ячейку. Поверхности образцов, не подлежащие обработке, предварительно изолировались ПВХ.

Анодную обработку образцов проводили в хлористом электролите железнения: $D_A = 100 \pm 1$ А/дм², время анодного декапирования 10...15 с., скорость потока $2 \pm 0,1$ м/с. Начальная плотность тока при осаждении составляла 2...2,2 А/дм². После нанесения покрытия образцы нейтрализовали в концентрированном растворе щелочи и стабилизировали в течении 10 суток. Полученное покрытие имело гладкую без трещин и следов отслаивания поверхность, толщина покрытия составляла 0,2-0,3 мм.

Измерения микротвердости проводили на приборе ПМТ-3М по ГОСТ 9450-76. Значение твердости вычислялось как среднее из 10...15 измерений. Обработку результатов эксперимента проводили по стандартной методике. Для проверки адекватности уравнения использовали F – критерий Фишера, для определения значимости коэффициентов t – критерий Стьюдента.

В зависимости от значений выбранных фактов микротвердость покрытий изменялась в пределах 4-7,27 ГПа.

Результаты исследований и их обсуждения. При расчете матрицы планирования были определены коэффициенты регрессии и получено уравнение адекватно моделирующей зависимости микротвердости в проточном электролите: $Y_{Fe-Cl} = 5,68 - 0,79X_1 + X_2 - 0,25X_3 + 0,74X_1^2 - 0,68X_2^2 + 0,26X_3^2 + 0,13X_1X_2 - 0,55X_1X_3 + X_2X_3$.

На основании уравнения были построены следующие зависимости микротвердости от скорости потока электролита, концентрации частиц электрокорунда и плотности катодного тока.

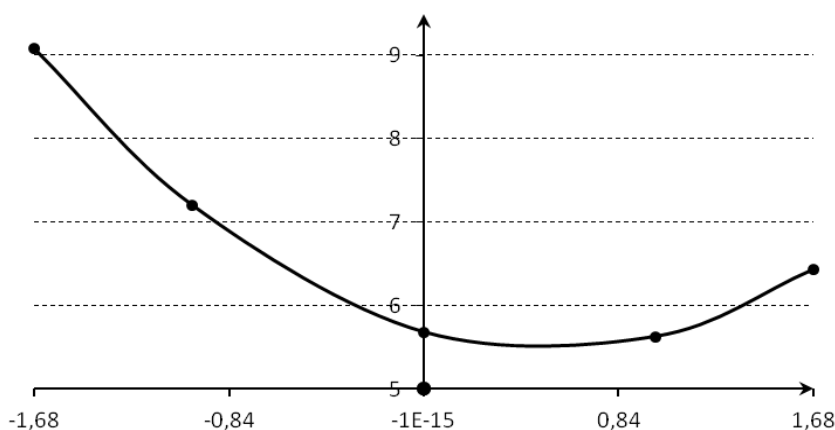


Рисунок 2. Зависимость микротвердость образца от скорости потока

Увеличение скорости потока до центра плана эксперимента приводило к снижению микротвердости, а затем она возрастала (рисунок 2).

Увеличение содержания частиц электрокорунда приводило к увеличению микротвердости (рис. 3).

Увеличение катодной плотности тока в интервале от 160...270 А/дм² приводило к снижению микротвердости, а затем при превышении 270...380 А/дм² - к увеличению (рис. 4).

Исследования показали, что микротвердость снижается с 9 до 5,6 ГПа при увеличении скорости потока от 0 до 2,2 м/с, но существенно возрастает с 2 до 6 ГПа при увеличении концентрации частиц от 0 до 80 г/л. На рисунке 4 видно, что микротвердость слабо зависит от катодного тока, обнаруживая тенденцию к уменьшению при 270 А/дм².

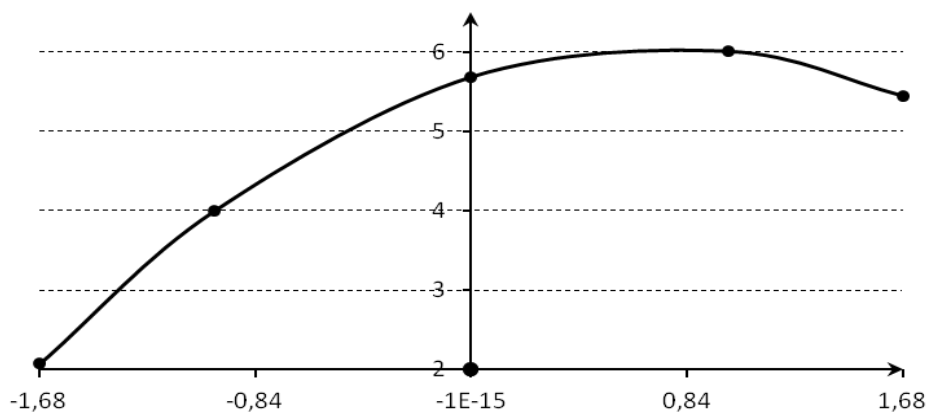


Рисунок 3. Зависимость микротвердости образца от концентрации частиц

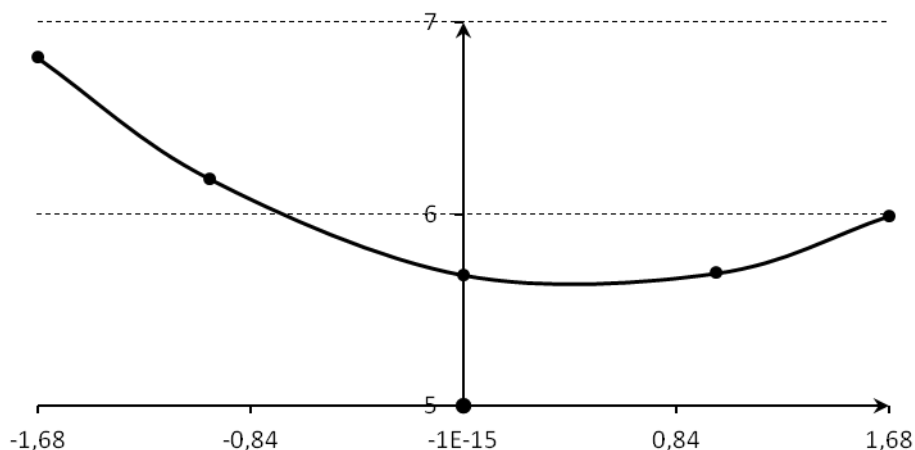


Рисунок 4. Зависимость микротвердости образца от катодного тока

Вывод. Для получения наиболее твердых покрытий необходимо поддерживать скорость потока 2...2,5 м/с, концентрацию частиц 60...80 г/л, $D_k=80...100$ А/дм.

Список литературы

1. Лазерная обработка износостойких композиционных электрохимических покрытий / Г.В. Гурьянов, С.С. Годунов, П.Е. Кисель, Ю.Е. Кисель // Упрочняющие технологии и покрытия. 2010. № 9 (69). С. 32-37.
2. Гурьянов Г.В., Кисель Ю.Е., Юдина Е.М. Определение параметров микроструктуры электрохимических покрытий по их дилатации // Труды Кубанского ГАУ. 2013. № 43. С. 295-299.
3. Гурьянов Г.В., Кисель Ю.Е. Износостойкие электрохимические сплавы и композиты на основе железа. Брянск: Изд-во БГИТА, 2015. 98 с.
4. Шалимов В.В., Чернова И.А. Статические методы планирования экспериментов. М.: Наука, 1965.
5. Электролитическое осаждение железа / Ю.Н. Петров, Г.В. Гурьянов, Ж.И. Бобанова, С.П. Сидельникова, Л.Н. Андреева; под ред. Г.Н. Зайдмана. Кишинев, 1990.

Кисель Юрий Евгеньевич

*докт. техн.наук, профессор кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск*

Мурачев Сергей Александрович

аспирант кафедры материаловедения и машиноведения

Бухрис Сафе

аспирант кафедры материаловедения и машиноведения

Брянский государственный инженерно-технологический университет,

г. Брянск

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ НАСОС-ФОРСУНОК ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ГАЛЬВАНИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ

Аннотация. Установлены условия получения износостойких железных покрытий. Показана целесообразность применения электрохимических покрытий для повышения долговечности быстроизнашиваемых деталей насос-форсунок современных дизельных двигателей.

Ключевые слова: электрохимические покрытия, насос-форсунка, долговечность, ремонт

RESTORATION OF DETAILS OF PUMP SPRAY JET OF DIESEL ENGINES ELECTROPLATED COATINGS

Yu. E. Kisel, S.A. Murachev, S. Buhris

Annotation. Conditions of receiving antiwear iron coatings are established. The expediency of application of electrochemical coverings for increase in durability of the fast-worn-out details the pump spray jets of modern diesel engines is shown.

Keywords: electrochemical coverings, pump spray jet, durability, repair

Введение. Нанесение износостойких железных покрытий на изношенные поверхности деталей машин является перспективным методом повышения долговечности, который наиболее полно удовлетворяет требованиям ремонтного производства [1-4]. Железнение позволяет одновременно восстанавливать партию деталей, получить покрытия с высокими эксплуатационными свойствами в пределах допуска на размер и шероховатость, отсутствует термическое воздействие на восстанавливаемую деталь. Вместе с тем, проблема восстановления таким способом деталей, работающих в тяжелых условиях граничного трения, при недостатке смазки практически не решена. Актуальность проблемы возрастает в связи с высокой стоимостью новой техники и увеличением объемов использования для ее изготовления дорогостоящих легированных сталей и сплавов. Разработка способов увеличения долговечности деталей с одновременным повышением их качества нанесением гальванического железа позволит внедрить в ремонтное производство новые технологические процессы восстановления дорогостоящих деталей, таких как насос-форсунки современных дизельных двигателей.

Поэтому целью работы было экспериментально проверить предпосылки получения износостойких железных покрытий и на их основе разработать

и внедрить технологический процесс восстановления деталей насос-форсунки современных дизельных двигателей.

Методика исследований. Покрытия получали из базового хлористого электролита. Электролиты готовили из реактивов квалификации “ХЧ” и “ЧДА”, которые корректировали по концентрации компонентов и рН добавлением соответствующих кислот и солей.

В исследованиях использовали образцы из сталей: 35, 45, 65Г (ГОСТ 1050-74). Прочность сцепления определяли методом кольцевого сдвига.

Исследования покрытий на абразивное изнашивание проводились в соответствии с ГОСТ 23.208-79, на специально разработанной лабораторной установке.

Микротвердость покрытий определяли с помощью микротвердомера ПМТ-3 по ГОСТ 9450-76 как среднее из 10...15 измерений. Взвешивание образцов проводили на аналитических весах ВЛР-200М с точностью до 5,0 10-8 кг. Исследование морфологии и микроструктуру покрытий проводили с помощью микроскопов МИМ-8, МБС-9. Эксплуатационные испытания деталей насос-форсунок современных дизельных двигателей планируется выполнять на предприятиях Брянской области.

Результаты исследований и их обсуждение. Исследования показали, что абразивная износостойкость железа в условиях, приближенных к реальным, зависит от параметров электролиза. При регрессионном анализе факторных экспериментов получены эмпирические соотношения, адекватно описывающие зависимость износа железа (J, мг) от параметров электролиза. После исключения незначимых коэффициентов уравнения приняли вид (температура, °C - X_1 ; плотность тока, А/дм² - X_2 ; рН-раствора - X_3):

$$J_{Fe} = 8.8 + 0.95X_1 - 0.6X_3 + 0.69X_2^2 + 0.5X_1X_2 + 0.94X_1X_3 + 0.66X_2X_3.$$

Анализ уравнения показал, что снижение температуры приводило к повышению износостойкости покрытий, оптимальное значение рН раствора находится в центре плана эксперимента (рис. 1).

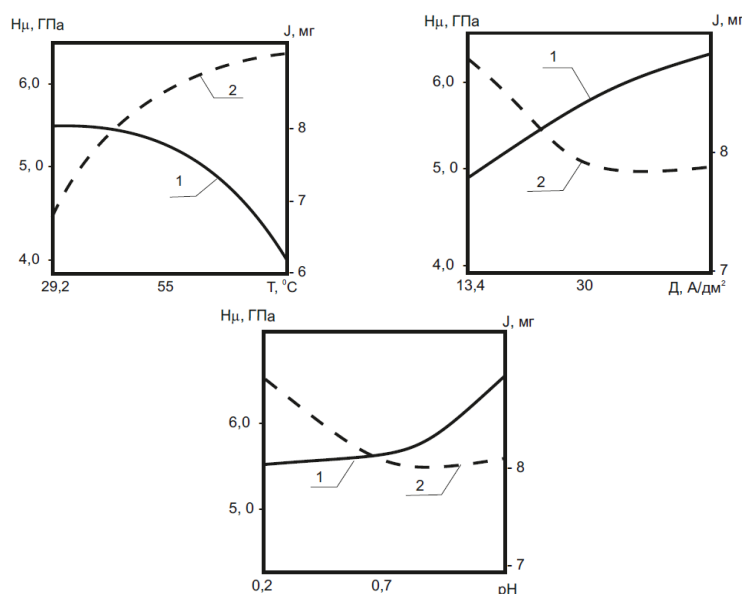


Рисунок 1. Зависимость микротвердости (1) и износа (2) покрытий от режимов электролиза

Результаты исследований были использованы для разработки типового технологического процесса восстановления деталей. Разработаны подвесные приспособления для нанесения износостойких покрытий. Подготовлена партия восстановленных насос-форсунок для проведения эксплуатационные испытания на предприятиях Брянской области.

Выводы. Установлены условия получения износостойких железных покрытий. Разработан типовой технологический процесс восстановления и повышения долговечности деталей машин.

Список литературы

1. Гурьянов Г.В., Кисель Ю.Е. Антифрикционные и износостойкие электрохимические покрытия. Брянск: Изд-во БГИТА, 2006. 121 с.
2. Гурьянов Г.В., Кисель Ю.Е. Электрохимические сплавы и композиты на основе железа. Брянск: Изд-во БГИТА, 2015. 98 с.
3. Лазерная обработка износостойких композиционных электрохимических покрытий / Г.В. Гурьянов, С.С. Годунов, П.Е. Кисель, Ю.Е. Кисель // Упрочняющие технологии и покрытия. 2010. № 9 (69). С. 32-37.
4. Гурьянов Г.В., Кисель Ю.Е., Юдина Е.М. Определение параметров микроструктуры электрохимических покрытий по их дилатации // Труды Кубанского ГАУ. 2013. № 43. С. 295-299.
5. Бельченко С.А., Белоус И.Н., Наумова М.П. Развитие АПК Брянской области // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 2-2. С. 32-36.

Кисель Юрий Евгеньевич

*докт. техн.наук, профессор кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск*

Ивашкин Юрий Александрович

канд. физ.-мат.наук, доцент кафедры прикладной механики и физики

Симохин Сергей Петрович

ст. преподаватель кафедры прикладной механики и физики

Обозов Алексей Алексеевич

ст. преподаватель кафедры прикладной механики и физики

*Брянский государственный инженерно-технологический университет,
г. Брянск*

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЛИЗА НА ТОНКУЮ СТРУКТУРУ ПОКРЫТИЙ

***Аннотация.** Исследовано влияние режимов электролиза на изменения тонкой структуры электрохимических покрытий. Установлено, что упрочнение осадков происходит за счет уменьшения блоков мозаики, увеличение плотности дислокации и микроискажений.*

***Ключевые слова:** тонкая структура, блоки мозаики, плотность дислокации, микроискажения, железнение.*

THE INFLUENCE OF ELECTROLYSIS ON THE FINE STRUCTURE OF THE COATINGS

Yu. Kisel, Yu. Ivashkin, S. Simokhin, A. Obozov

***Annotation.** The influence of electrolysis modes on changes in the fine structure of electrochemical coatings is studied. It is established that precipitation hardening occurs due to the reduction of mosaic blocks, increase in dislocation density and micro-distortions.*

***Keywords:** fine structure, the mosaic blocks, the density of dislocations, strains, a dry topping.*

Введение. В процессе электролиза осажденные слои железа приобретают специфические свойства, которые определяются их особой структурой [1-5]. Однако в исследованиях свойства электролитического железа на его основе обычно связывают с условиями получения осадков, но не с особенностями его структуры, что затрудняет выбор оптимальных условий электролиза для получения качественных осадков.

Поэтому целью работы было исследование влияние параметров электролиза на тонкую структуру покрытий и трещиноватость осадков, полученных при нестационарных режимах электролиза.

Методика исследований. Покрытия получали из хлористого электролита железнения ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – 400...600 кг/м³) при режимах электролиза: рН - 0,3...1; D_k - 100...500 А/дм²; $T = 40...70^\circ\text{C}$; скорость потока $v = 1...10$ м/с; содержание частиц электрокорунда белый (марки F100) – 0...100 г/л. Электролиз проводили на специальной установке с контролируемой гидродинамикой потока [1].

Рентгеноструктурный анализ проводили на установках типа ДРОН-3М по методике [2]. Для построения функциональных зависимостей использовали регрессионный анализ [3]. Повторность испытаний в опытах составляла от 3 до 20. Опытные данные обрабатывали методами математической статистики. Для построения функциональных зависимостей использовали регрессионный анализ [3].

Исследование тонкой структуры покрытий, а также образование монолитных и трещиноватых осадков проводили по плану ЦКР 2³ [5].

Факторами служили: скорость потока электролита (м/с) – X_1 , концентрация частиц электрокорунда (г/литр) – X_2 , плотность катодного тока (А/дм²) – X_3 . Параметрами оптимизации служили: размер блока мозаики (D), плотность дислокации (ρ) и микроискажение (ε).

Результаты исследований и их обсуждение. Исследования показали, что тонкая структура покрытий существенно зависит от параметров электролиза. При расчете матрицы планирования были определены коэффициенты регрессии, адекватно описывающие зависимости размера блока мозаики, плотности дислокаций и микроискажений от параметров электролиза. После исключения незначимых коэффициентов уравнения приняли вид:

$$D = 5,68 + 332X_1 + X_2 - 0,3X_3 + 0,73X_1^2 - 0,7X_2^2 + 0,3X_3^2 - 0,55X_1X_3 + X_2X_3 \quad (1)$$

$$\rho = 5,6 + X_1 - 0,5X_2 + 0,4X_3 - 0,2X_1^2 - 0,7X_3^2 - 1,1X_1X_2 - 0,6X_1X_3 + 1,4X_2X_3 \quad (2)$$

$$\varepsilon = 5,2 + 1,1X_1 - 0,7X_2 + 0,6X_1^2 + 0,8X_2^2 - 2X_1X_2 - 1,4X_1X_3 + 2,2X_2X_3 \quad (3)$$

Анализ уравнение (1)-(3) показал, что увеличение скорости потока электролита приводит к уменьшению блоков мозаики, увеличению плотности дислокации и увеличению микроискажений (рис. 1 а). Увеличение концентрации частиц электрокорунда приводит к увеличению блоков мозаики, уменьшению плотности дислокации и увеличению микроискажений (рис. 1б). С возрастанием плотности катодного тока наблюдалось уменьшение блоков, возрастание плотности дислокации и плавное несущественное возрастание микроискажений (рис. 1 в).

Результаты исследования тонкой структуры покрытий показали, что осадки, полученные при следующих режимах электролиза имеют достаточно большую микротвердость (рисунок 1: а, б, в). Покрытия получились блестящие с густой сеткой микротрещин. Появление сетки микротрещин приводит к дополнительному упрочнению материала, так как они являются барьерами для движений дислокаций. Так как прочность и микротвердость покрытий напрямую связаны с микроструктурой материала, можно предположить, что такие осадки будут обладать высокой прочностью и износостойкостью.

Таким образом, наиболее износостойкие и прочные осадки можно получить при следующих режимах: $T = 40...70^\circ\text{C}$; $\text{pH} = 0,4...1,0$; $v = 3...7$ м/с; $C = 30...50$ г/л; $D_k = 200...400$ А/дм².

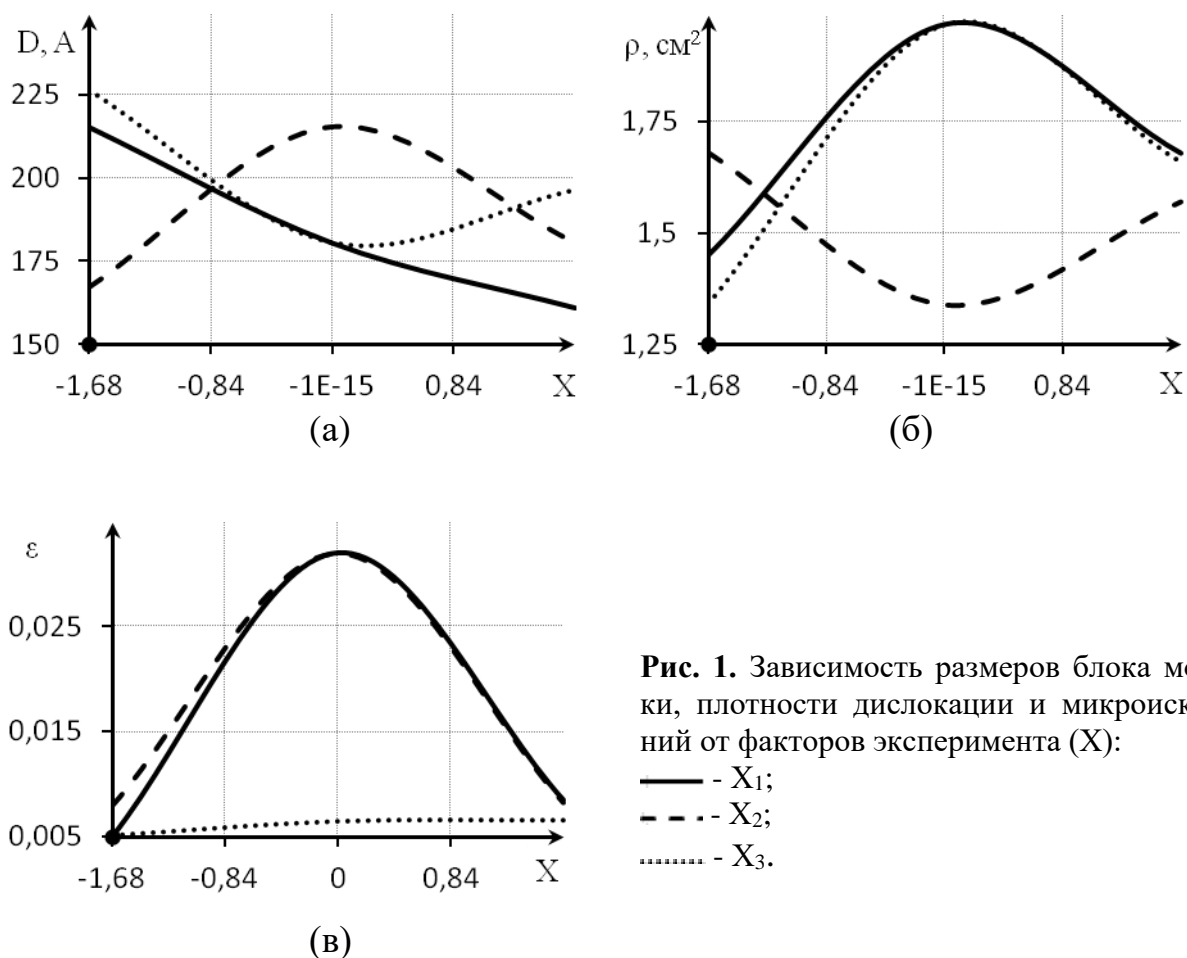


Рис. 1. Зависимость размеров блока мозаики, плотности дислокации и микроискажений от факторов эксперимента (X):

— X_1 ;
 - - - X_2 ;
 X_3 .

Выводы. Исследования тонкой структуры покрытий показало, что ужесточение условий покрытия приводит к уменьшению блоков мозаики, увеличению плотности дислокаций и микроискажений кристаллической решетки. Установлено, что параметры структуры осадков отвечают структуре наиболее прочных и износостойких «чистых» железных покрытий.

Список литературы

1. Инновации в строительстве – 2018 // Материалы Международной научно-практической конференции (22-24 ноября 2018 г.). Брянск: Изд-во БГИТУ, 2018. С. 128-131.
2. Горелик С.С., Скаков Ю.А., Расторгуев Л.Н. Рентгенографический и электронно-оптический анализ: учеб. пособие для вузов. 3-е изд. доп. и перераб. М.: МИСИС, 1994. 328 с.
3. Колемаев В.А., Староверов О.В., Турундаевский В.Б. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 1991. 400 с.
4. Гурьянов Г.В., Кисель Ю.Е. Определение параметров микроструктуры электрохимических покрытий по их дилатации. Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2014. Т. 80, № 2. С. 33-37.
5. Юдин М.И. Планирование эксперимента и обработка его результатов. Краснодар: КГАУ, 2004. 239 с.

УДК 621.355:631.15 (370.333)

Кисель Юрий Евгеньевич
докт. техн.наук, профессор кафедры электроэнергетики и автоматики
Ходин Дмитрий Михайлович
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Цыпичев Дмитрий Александрович
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Цыпичев Александр Александрович
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ ООО «МИРОТОРГ»

Аннотация. Показаны результаты исследования основных показателей качества электроэнергии на предприятии. Выявлены проблемы качества электроэнергии. Выполнен анализ причин, вызывающих отклонение показателей качества электроэнергии от нормативных значений

Ключевые слова: показатели качества электроэнергии. отклонение напряжения, частота тока, несинусоидальность напряжения.

RESEARCH OF INDICATORS OF QUALITY OF THE ELECTRIC POWER AGRICULTURE ENTERPRISES ON THE EXAMPLE LLC "MIROTORG»

Y.E. Kisel, D.M. Hodin, D.A. Tsypichev, A.A. Tsypichev

Summary. Results of a research of key indicators of quality of the electric power at the enterprise are shown. Problems of quality of the electric power are revealed. The analysis of the reasons causing a deviation of indicators of quality of the electric power from standard values is made

Keywords: indicators of quality of the electric power. tension deviation, current frequency, voltage nonsinusoidality

Введение. Организация контроля качества электрической энергии и проведение его анализа – является одним из мероприятий по повышению энергосбережения. По результатам анализа можно предложить рекомендации по повышению качества электроэнергии. Целью данной работы является исследование показателей качества электроэнергии на примере проблем, существующих в электрической сети ООО «МИРОТОРГ».

Методика исследований. Сбор данных по показателям качества электроэнергии был совершен в нескольких точках ЭС ООО «МИРОТОРГ». И проводился в соответствии с требованиями к проведению измерений показателей качества электроэнергии ГОСТ 33073-2014 [5], с учетом требований к средствам измерений и измерениям ГОСТ 30804.4.30-2013 [6]. Для анализа использованы требования действующего стандарта – ГОСТ 32144-2013 "Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения".

Оценка показателей качества электроэнергии проводилась в 2 узлах системы электроснабжения 10-0,4 кВ электрической сети хозяйства, с использованием прибора CIRCUTOR S.A. AR 6 (рис.1).

Модель AR6 представляет собой портативный электроанализатор для измерения параметров электросети. Цифровой прибор, который производит замеры волн напряжений и токов и вычисляет действующие значения напряжений за конкретно задаваемое время усреднения TMP. Прибор имеет внутреннюю память емкостью 1 Гбайт для хранения данных, регистрируемых в различных электроустановках.



Рисунок 1. Общий вид прибора CIRCUTOR S.A. AR 6

Измерения проводились со следующими настройками: тип системы - 3ф 4пр; период записи данных - 5 сек. В качестве номинального (согласованного) напряжения принято значение 380 В. Прибор настроен на измерение следующих параметров: напряжение фазное и линейное - V1, V2, V3, V12, V23, V13 (В); ток-11,12, 13(А); частота, Гц; кратковременная и долговременная дозы фликера - Pst1, Pst2, Pst3, Plt1, Plt2, Plt3; суммарный коэффициент гармонических составляющих тока и напряжения THDv, THDi (%); гармоники фазного тока, напряжения и нулевого проводника с 1 по 40; небаланс трехфазной системы по нулевой и обратной последовательности - и0, и2 (%); коэффициент мощности – PF; перенапряжения, провалы, прерывания напряжения (В); Импульсы напряжения (В).

Результаты исследований и их обсуждение.

Результаты измерений показали, что отклонения частоты в исследуемом объекте находится в пределах $\pm 0,4$ Гц в течение всего времени (рис.2).

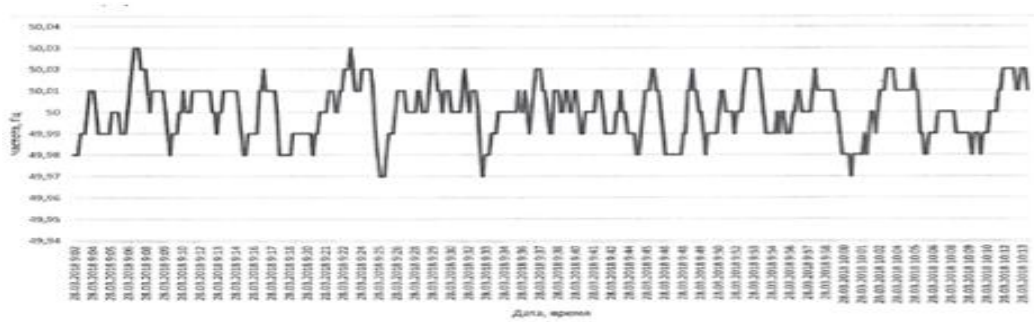


Рисунок 2. График изменения частоты напряжения

Отклонение напряжения характеризуется показателем установившегося отклонения напряжения, для которого установлены нормы. Результаты измерений представлены в таблицах 1-3.

Таблица 1 - Отклонение напряжения

№, п/п	Параметр измерения	Номинальное значение, В	Нормативное значение отклонения, %	Измеренное значение, В	Значение отклонения, %	Примечание
1	Отклонение напряжения ф. А-В	380	± 10	397,23	+4,34	норма
2	Отклонение напряжения ф. В-С	380	± 10	396,04	+4,05	норма
3	Отклонение напряжения ф. А-С	380	± 10	395,14	+3,83	норма

Таблица 2 - Несимметрия напряжения

№, п/п	Параметр измерения	Нормативное значение, %	Измеренное значение, %	Примечание
1	Коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности К2и	4	0	норма

Таблица 3 - Несинусоидальность напряжения (максимальные значения)

№, п/п	Параметр измерения	Нормативное значение гармоники, %	Измеренное значение, фаза А, %	Измеренное значение, фаза В, %	Измеренное значение, фаза С, %	Измеренное значение, нейтраль, %	Примечание
1	Гармоника 3-го порядка	5	0	0	0	0	норма
2	Гармоника 5-го порядка	6	5,1	5	5	0	норма
3	Гармоника 7-го порядка	5	3,5	3	3,2	0	норма
4	Гармоника 9-го порядка	1,5	0	0,5	0	0	норма
5	Гармоника 11-го порядка	3,5	4	4,1	4,5	0	выше нормы
6	Гармоника 13-го порядка	3	2,9	2,5	3	0	Выше нормы
7	Гармоника 15-го порядка	0,3	0	0,5	0	0	выше нормы

В результате анализа было выявлено, что во многих случаях замера качества электроэнергии наблюдается недопустимое значение повышения и понижения уровня напряжения в сети 0,4 кВ, превышающее допустимое значение (рис. 3).

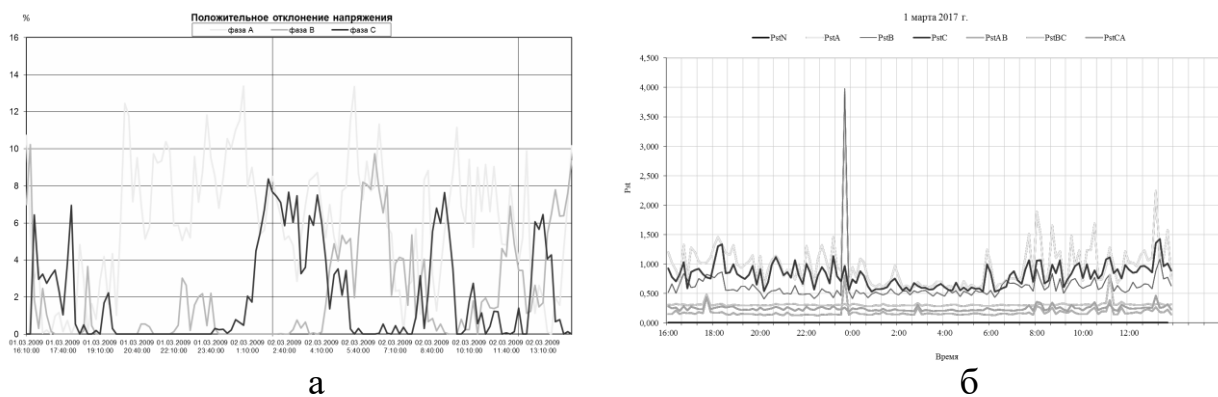


Рисунок 3. Графики фазного (а) и положительного фазного отклонения напряжения (б)

Гармонические составляющие напряжения обусловлены, как правило, нелинейными нагрузками пользователей электрических сетей, подключаемыми к электрическим сетям различного напряжения.

По результату анализа значений коэффициентов гармонических составляющих напряжения до 40-го порядка все значения суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения

K_U , а так же значения коэффициентов гармонических составляющих напряжения $K_U(n)$ не превышают значений установленных в ГОСТ 32144—2013 [5]. На рисунке 4 представлен замер значения коэффициентов n -х гармонических составляющих напряжения фазы. Несимметрия трехфазной системы напряжений характеризуется несимметричными нагрузками потребителей электрической энергии или несимметрией элементов электрической сети.

Показателями КЭ, относящимися к несимметрии напряжений в трехфазных системах, являются коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K и коэффициент несимметрии напряжений о нулевой последовательности K_{0U} .

В результате анализа значений коэффициентов несимметрии напряжений были выявлены многочисленные случаи отклонения от установленной нормы (рис.5). Таким образом, исследуемая сеть нуждается в мерах по устранению недопустимой несимметрии.

Провалы напряжения и перенапряжения. В соответствии с требованиями нормативного документа провал напряжения рассматривается как электромагнитная помеха, интенсивность которой определяется как напряжением, так и длительностью. Длительность провала напряжения может быть до 1 мин. Длительность перенапряжения может быть до 1 мин.

По результатам анализа значения провала и перенапряжения не превышают требуемую длительность (табл.9). В результате анализа работы сетей 10-0,4 кВ, был выявлен ряд проблем качества электроснабжения (табл.5).

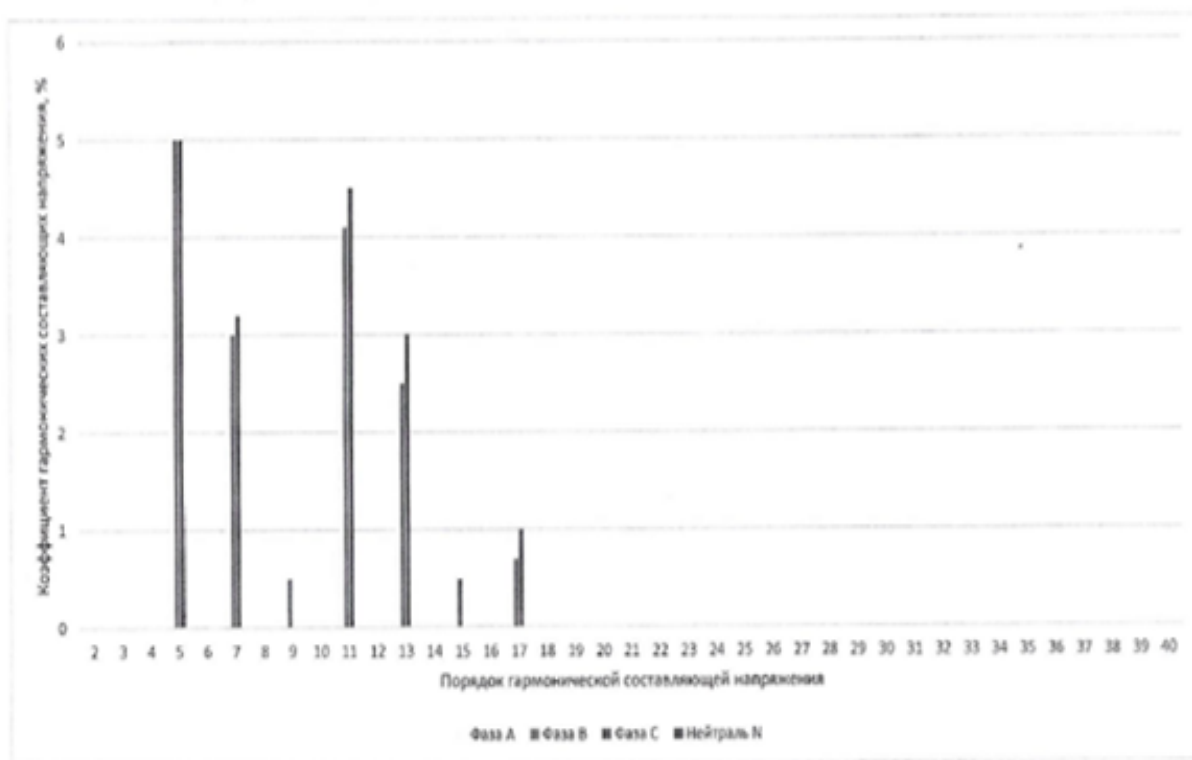


Рисунок 4. График коэффициентов n-х гармонических составляющих напряжения фазы

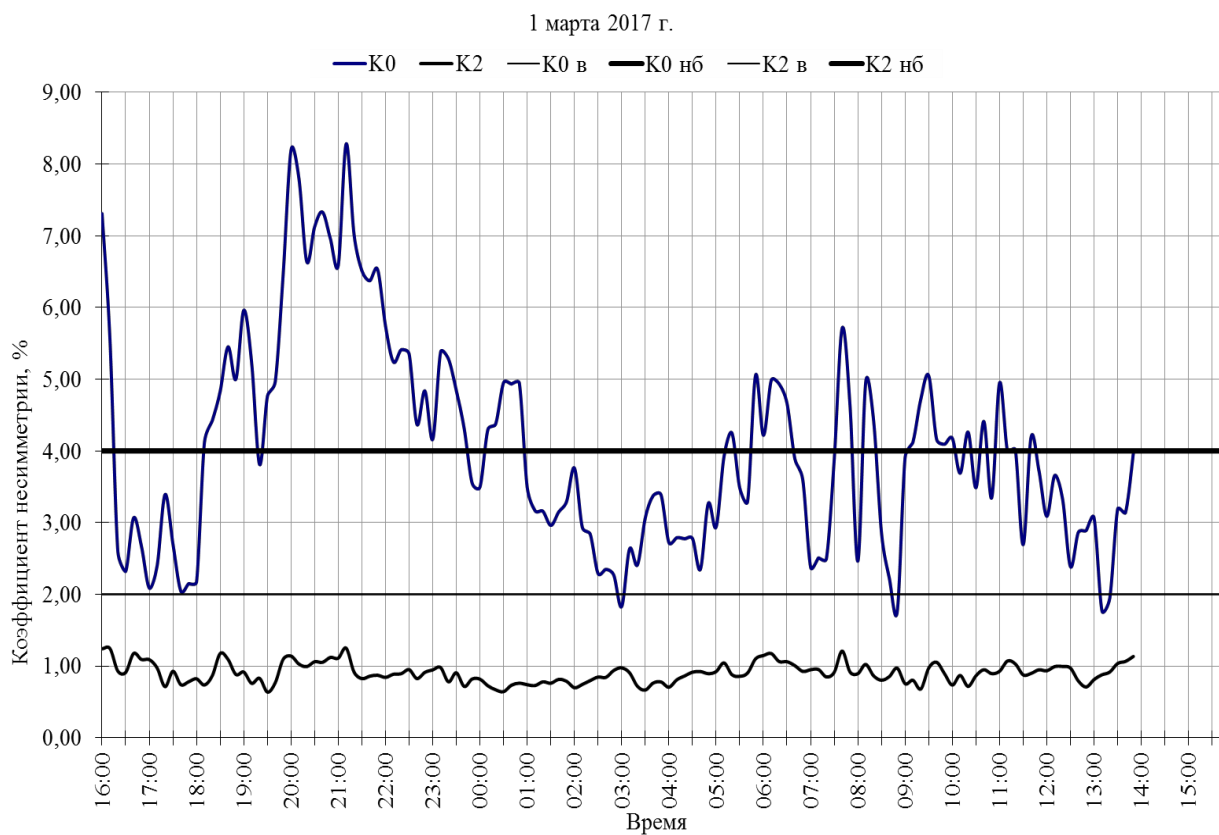


Рисунок 5. Графики коэффициентов несимметрии напряжений по нулевой и обратной последовательности

Таблица 5. Результаты анализа измерений качества электроэнергии

Параметр	Состояние	Соответствие ГОСТ 32144-2013	Приоритет
Отклонение частоты	У	норма	
Провалы напряжения	У	не зафиксировано	
Перенапряжения	У	не зафиксировано	
Прерывания напряжения	У	не зафиксировано	
Отклонение напряжения	У	норма	
Несимметрия напряжений	У	норма	
Высшие гармоники напряжения	Х	выше нормы	*высокий
Высшие гармоники тока	Х	не нормируется	*высокий
Колебания напряжения (фликер)	У	норма	
Потребляемая мощность	У	не нормируется	
Коэффициент мощности	У	не нормируется	
THDi	Х	не нормируется	*высокий

Таким образом, зарегистрированные высшие гармоники тока могут влиять на возникновение следующих критических проблем с энергоснабжением: ложное срабатывание автоматических выключателей, релейной защиты; некорректная работа электроники; низкий коэффициент мощности; ускоренное старение и выход из строя двигательной нагрузки; ускоренное старение и выход из строя устройств компенсации реактивной мощности; увеличение погрешности счетчиков электроэнергии.

Список литературы

1. Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Муравлев А.И. Качество электроснабжения промышленных потребителей: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. 89 с.
2. Правила устройства электроустановок. 6-е изд. М.: КНО-РУС, 2012. 488 с.
3. Волков Н.Г. Качество электроэнергии в системах электроснабжения: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. 152 с.
4. ГОСТ 32144—2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».
5. ГОСТ 30804.4.30-2013 «Методы измерений показателей качества электрической энергии».
6. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии на промышленных предприятиях. М.: Энергия, 1977. 127 с.

Ковалев Виталий Витальевич
ст. преподаватель кафедры электроэнергетики и автоматики
Давыдов Андрей Михайлович
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Подгаецкий Анатолий Александрович
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Кузин Иван Викторович
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

ОСОБЕННОСТИ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Аннотация: особенности светодиодного освещения

Ключевые слова: светодиоды, освещение, эксплуатация

FEATURES OF LED LIGHTING

V. V. Kovalev, A. M. Davydov, A. A. Podgaetskiy, I. V. Kuzin

Abstract: features of led lighting

Keywords: LEDs, lighting, operation

Тенденции современного рынка источников света направлены в сторону использования систем со светодиодными источниками света. Основными эксплуатационными преимуществами светодиодных источников света является низкий уровень потребления электрической энергии, надежность и долговечность использования в различных условиях эксплуатации.

Под светом понимают электромагнитное излучение, вызывающее в глазу человека зрительное ощущение. При этом речь идет об излучении в диапазоне от 360 до 780 нм, занимающем мизерную часть всего известного нам спектра электромагнитного излучения.

Освещение – использование лучистой энергии, вызывающей световое ощущение, для обеспечения благоприятных и комфортных условий видения и психологического комфорта человека.

Световой поток Φ . Единица измерения: люмен [лм]. Световым потоком Φ называется вся мощность излучения источника света, оцениваемая по световому ощущению глаза человека.

Сила света I . Единица измерения: кандела [кд]. Источник света излучает световой поток Φ в разных направлениях с различной интенсивностью. Интенсивность излучаемого в определенном направлении света называется силой света I .

Освещенность E . Единица измерения: люкс [лк]. Освещенность E отражает соотношение падающего светового потока к освещаемой площади.

Освещенность равна 1 лк, если световой поток 1 лм равномерно распределяется по площади 1м².

Яркость L . Единица измерения: кандела на квадратный метр [кд/м²]. Яркость света L источника света или освещаемой площади является главным фактором для уровня светового ощущения глаза человека.

Световая отдача. Единица измерения: люмен на ватт. Световая отдача показывает с какой экономичностью потребляемая электрическая мощность преобразуется в свет.

Световая отдача источников света фактически определяет световой коэффициент полезного действия соответствующего источника света

Сегодня, помимо традиционных лампочек, производители и торговля предлагают нам и другие, более совершенные осветительные приборы – галогенные, люминесцентные и светодиодные. Между собой они различаются по целому ряду параметров, от которых зависит их назначение.

Основными техническими характеристиками источников света традиционно считают цветопередачу, светоотдачу и цвет излучения.

Цветовая температура. Единица измерения: **Кельвин** [К]. Цветовая температура источника света определяется путем сравнения с так называемым "черным телом" и отображается "линией черного тела". Если температура "черного тела" повышается, то синяя составляющая в спектре возрастает, а красная составляющая убывает. *Лампа накаливания* с тепло-белым светом имеет, например, цветовую *температуру* 2700 К, а люминесцентная лампа с цветностью дневного света - 6000 К.

Цветность света. Цветность света очень хорошо описывается цветовой температурой. Существуют следующие три главные цветности света: тепло-белая < 3300 К, нейтрально-белая 3300 - 5000 К, белая дневного света > 5000 К. Лампы с одинаковой цветностью света могут иметь весьма различные характеристики цветопередачи, что объясняется спектральным составом излучаемого им света.

Цветопередача. В зависимости от места установки ламп и выполняемой ими задачи искусственный свет должен обеспечивать возможность наиболее лучшего восприятия цвета (*как при естественном дневном свете*). Данная возможность определяется характеристиками **цветопередачи источника света**, которые выражаются с помощью различных степеней "общего коэффициента цветопередачи" **R_a**.

Коэффициент цветопередачи отражает уровень соответствия естественного цвета тела с видимым цветом этого тела при освещении его эталонным источником света. Для определения значения фиксируется **R_a** сдвиг цвета с помощью восьми указанных в DIN 6169 стандартных эталонных цветов, который наблюдается при направлении света тестируемого источника света на эти эталонные цвета.

Источник света с показателем $R_a = 100$ излучает свет, который оптимально отображает все оттенки. При более низких значениях оттенки передаются хуже:

Характеристика	Степень	Коэффициент Ra4
Низкая	4	< 39
Достаточная	3	40-59
Хорошая	2B	60-69
Хорошая	2A	70-79
Очень хорошая	1B	80-89
Очень хорошая	1A	>90

КПД светильника. КПД светильника является важным критерием оценки энергоэкономичности светильника. КПД светильника отражает отношение светового потока светильника к световому потоку установленной в нем лампы.

Комфортное для человека (и его глаз) значение индекса цветопередачи CRI лежит в пределах от 80 до 100. Более низкие значения говорят о том, что некоторые цвета могут выглядеть как-то не очень естественно. Так, главный для всех землян и марсиан естественный источник света — Солнце — имеет наилучшую цветопередачу с $R_a=100$.

Сравнительные характеристики различных видов ламп

	Лампа накаливания	Галогенная лампа	Люминесцентная лампа	Светодиоды
Цветопередача - Ra	60-90	80-90	70-80	800
Светоотдача Лм/Вт	7-17	14-30	90	90-110
Срок службы, ч	1000	3000-4000	5000-7000	до 30000

Основное достоинство низковольтных LED-светильников перед аналогичными приборами с традиционными лампами (люминесцентными, газоразрядными, натриевыми) – низкое потребление энергии, что особенно важно для систем дежурного и аварийного освещения. Помимо экономичности такие светильники имеют и другие достоинства.

Это: - безопасность: корпус и электрические схемы LED-приборов герметичнее, чем у классических светильников со сменными лампами – повышенная защита от искрения снижает риск поражения электрическим током;

- долговечность: приборы со светодиодами работают в разы дольше, чем традиционные (с газоразрядными лампами), и могут эксплуатироваться более 50 000 часов;

- экологичность: в LED-светильниках отсутствует ртуть, галогенные соединения и другие опасные вещества;

- простая эксплуатация: в течение гарантийного периода светильники не нуждаются в ремонте и техобслуживании. Кроме того, LED-приборы утилизируются в обычном порядке;

- универсальное питание: светодиодные светильники в низковольтном исполнении можно подключать и к стационарным электросетям, и к альтернативным источникам питания – ветряным генераторам, аккумуляторным и солнечным батареям.

Сферы применения низковольтного освещения

1. Места с повышенным уровнем влажности: подкрановое освещение, подземные тоннели, помещения гидроэлектростанций и другие объекты. Низковольтные системы освещения имеют защиту от коротких замыканий и снижают опасность поражения током даже при нарушении изоляции кабелей и герметичности светильников.

2. Взрывоопасные объекты: АЭС, АЗС, шахты, нефтяные, газовые, химические и другие предприятия с высокой вероятностью возникновения взрыва. Аварийные взрывозащищенные светильники в низковольтном исполнении – оптимальный вариант для освещения таких объектов. При возникновении взрыва низковольтные приборы сохраняют целостность корпуса, переключаются на альтернативное питание с низким напряжением и обеспечивают качественное освещение, необходимое для эвакуации рабочих и устранения последствий чрезвычайной ситуации.

3. Аварийное освещение. Низковольтные системы аварийного освещения питаются от резервных источников тока с низким напряжением и включаются при повреждении основных осветительных систем. Аварийное освещение склада, промышленного предприятия, общественного учреждения или жилого дома с помощью низковольтных светильников дает достаточно света для сворачивания работ и безопасной эвакуации людей.

Список литературы

1. Безик В.А., Кубаткина О.В., Жиряков А.В. Качество электрической энергии в сетях с разрядными лампами // Актуальные проблемы энергообеспечения, автоматизации, природопользования и строительства в АПК: сборник материалов национальной научно-технической конференции. Брянск, 2018. С. 118-126.

2. Безик В.А. Структура средств защиты электроустановок // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: международная научно-техническая конференция. Брянск, 2012. С. 22-28.

3. Ковалев В.В., Яковенко Н.И. Основные способы экономии электроэнергии в осветительных установках // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов международной научно-технической конференции. Брянск, 2016. С. 99-103.

4. Соловьев Ю.М., Ковалев В.В., Яковенко Н.И. Светотехника и электротехнологии: методические указания и задания для курсовой работы для студентов очного и заочного обучения факультета "Энергетика и природопользование". Брянск, 2012.

5. Яковенко Н.И. Энергоэффективное освещение // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природополь-

зования: материалы IX международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. 2015. С. 276-281.

6. Яковенко Н.И. О некоторых элементах экономии на электрическом освещении // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: VIII Международная научно-техническая конференция / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. 2014. С. 225-227.

7. Яковенко Н.И. Физика. Вопросы и ответы. Брянск: Брянская ГСХА, 2002. 121 с.

8. Яковенко Н.И. Энергоэффективное освещение // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природопользования: материалы IX международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. 2015. С. 276-281.

9. Белоус Н.М., Ториков В.Е. Концепция развития животноводства Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2015. № 3-2. С. 59-63.

10. Ториков В.Е., Подобай Н.В. Анализ и перспективы развития экономики Брянской области // Агроконсультант. 2017. № 4 (2017). С. 45-48.

10. Кубаткина О.В., Кисель Ю.Е. Современные светильники для освещения бытовых помещений // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов международной научно-технической конференции (28-29 апреля 2018 г.). Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. С. 93-97.

11. Кубаткина О.В., Кисель Ю.Е. Светильники с автоматическим поддержанием уровня освещенности // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов международной научно-технической конференции (28-29 апреля 2018 г.). Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. С. 97-102.

Ковалев Виталий Витальевич
ст. преподаватель кафедры электроэнергетики и автоматики
Гурулев Владимир Сергеевич,
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Олонцев Андрей Владимирович,
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Шауро Владимир Александрович
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

СПОСОБ УЧЕТА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Аннотация: технический ремонт силового электрооборудования подстанций «по состоянию».

Ключевые слова: выключатель, остаточный ресурс, состояние оборудования, включение-отключение, номинальный рабочий ток, номинальный ток отключения выключателя

WAY OF ACCOUNTING OF THE RESIDUAL RESOURCE OF HIGH-VOLTAGE SWITCHES

V. V. Kovalyov, V.S. Gurulev, A.V. Olontsev, V.A. Shauro

Summary: technical repair of power electric equipment of substations "on a state".

Keywords: switch, residual resource, condition of the equipment, inclusion shutdown, rated working current, rated current of shutdown of the switch

Последнее время набирает популярность, технический ремонт силового электрооборудования подстанций «по состоянию». Его проводят, основываясь не на плановых ремонтах оборудования с периодичностью, запланированной в ППР, а производить ремонт оборудования в тот момент, когда эксплуатационный ресурс электрооборудования достиг максимальной наработки на отказ. Такой способ ремонта стал более реальным, основываясь на увеличении наблюдаемости за объектами. Он способствует снижению ОПЕХ — операционных расходов при реализации проектов.

При ремонте «по состоянию оборудования» появляется необходимость в правильной оценке выработанного ресурса электрооборудования. Неправильно проведенный расчет выработанного ресурса может приводить к частым ремонтам оборудования и удорожанию работ по данной методике или еще хуже, авариям вследствие доведения технических устройств до критического состояния.

Современные интеллектуальные устройства релейной защиты БМРЗ производства НТЦ «Механотроника» имеют встроенные функции по расчету

остаточного ресурса вакуумных или элегазовых выключателей. Они основаны на паспортных данных высоковольтных выключателей и на всей информации, которая собрана в момент отключения выключателя, все устройства релейной защиты имеет полные наборы данных по параметрам данных процессов протекающих в выключателях.

Паспортные характеристики выключателей имеют следующие данные:

- номинальный ток, А;
- номинальный ток отключения выключателя, А;
- ресурс по механической стойкости, циклов включения-отключения (ВО);
- ресурс по коммутационной стойкости, циклов ВО;
- ресурс по коммутационной стойкости при 100% номинального тока отключения, циклов ВО;
- собственное время отключения выключателя, с.

При наладке в устройств БМРЗ вводят паспортные данные выключателя и его текущий ресурс — ресурс новых выключателей равен 100%.

Расчеты остаточных ресурсов выполняют в случаях действий блоков на отключение выключателей. Производить расчеты максимальных значений тока через выключатели в процессе отключений и длительности протеканий тока и отключения, которые считают с момента выдачи команды на выключатели. Каждое отключение выключателя снижает его остаточный ресурс на расчетную величину выработанного ресурса.

Основываясь максимальным током протекающим через выключатель при отключении соответственно и режима работы используют формулы расчета. При величине тока в момент отключения, не превышающего $I_{НОМ}$ номинальный ток выключателя, выработку коммутационного ресурса рассчитывают по следующей формуле:

$$КР = МР \cdot \left(\frac{КР \cdot I_{НОМ}}{МР} \right)^{\frac{I_{МАКС}}{I_{НОМ}}},$$

где МР — ресурс по механической стойкости выключателя, циклов включения-отключения; КР $I_{НОМ}$ — ресурс по коммутационной стойкости выключателя, циклов включения-отключения; $I_{МАКС}$ — максимальный ток во время отключения, А; $I_{НОМ}$ — номинальный ток выключателя, А.

Один цикл включения-отключения величина ресурса уменьшается на 100 / КР%.

При максимальном протекающем токе, во время отключения находящийся в пределах между номинальным током выключателя и номинальным током отключения выключателя, расход ресурса рассчитывается по следующей формуле:

$$КР = КР \cdot I_{О.НОМ} \cdot \left(\frac{КР \cdot I_{НОМ}}{КР \cdot I_{О.НОМ}} \right)^{\frac{\ln(I_{О.НОМ}/I_{МАКС})}{\ln(I_{О.НОМ}/I_{НОМ})}}$$

где КР $I_{0,НОМ}$ — ресурс по коммутационной стойкости при 100% номинального тока отключения, циклов включения-отключения; КР $I_{НОМ}$ — ресурс по коммутационной стойкости выключателя, циклов включения-отключения; $I_{0,НОМ}$ — номинальный ток отключения выключателя, А; $I_{НОМ}$ — номинальный ток выключателя, А.

Один цикл включения-отключения величина ресурса уменьшается на $100 / КР\%$.

Максимальный ток при отключении выключателя превысил номинальный ток отключения, расчетный остаточный коммутационный ресурс снижается до нуля, выключатель считается выработавшим свой ресурс

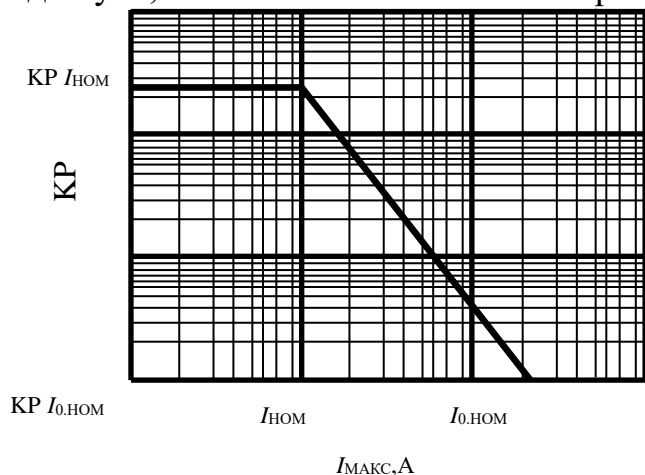


Рисунок 1. Зависимость коммутационного ресурса от максимального тока отключения.

Пример: зависимость коммутационного ресурса выключателя от максимального тока в момент отключения (ВВМ-СЭЦ-3-10-20-1000).

Паспортные данные:

номинальный ток—1000 А;

номинальный ток отключения выключателя — 20 кА;

ресурс по механической стойкости — не менее 50 000 циклов включения-отключения;

ресурс по коммутационной стойкости при 100% номинального тока отключения — 75 циклов включения-отключения.

Таблица 1. Зависимость израсходованного ресурса от максимального тока

$I_{макс}$, А	КР, количество циклов ВО при данном токе	Снижение ресурса при данном токе, %
500	50 000	0,002
100	50 000	0,002
160	18 027	0,006
500	1520	0,066
10	338	0,296
15	140	0,714
20	75	1,333
25	1	100

В руководствах по эксплуатации выключателей зависимость коммутационного ресурса от максимального тока отключения ($I_{\text{МАКС}}$, А) приведена обычно в логарифмическом виде (рисунок 1).

Отображение текущего ресурса выключателя осуществляется на дисплее блока, в программном комплексе «Конфигуратор-МТ» и по каналам АСУ. Отображение оставшегося ресурса выключателя с экрана устройств БМРЗ показано на рисунке 2.



Рисунок 2. Ресурс выключателя на экране устройства БМРЗ

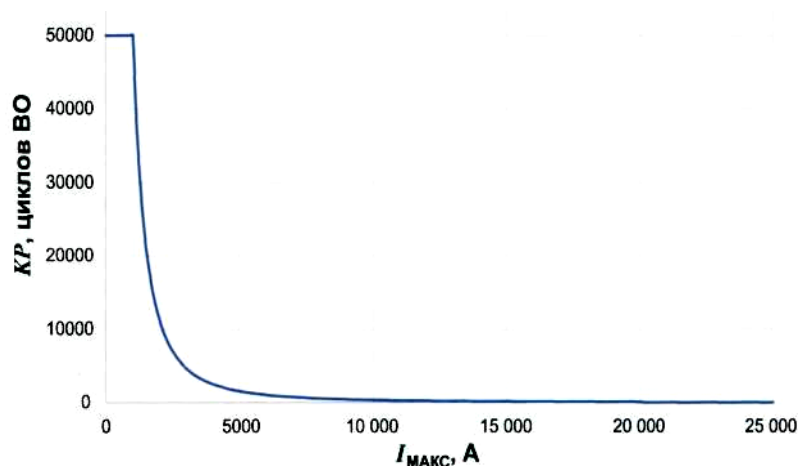


Рисунок 3. Зависимость израсходованного ресурса в зависимости от максимального тока

Разрабатываются стандарты, предполагающие ремонт электрооборудования на основании мониторинга его состояния, и видны перспективы дальнейшего развития этого направления для других видов электрооборудования. Это основано выросшими возможностями цифровых устройств применяемых на энерго объектах повышающих наблюдаемости на объектах.

Преимущество встроенной в интеллектуальные устройства релейной защиты БМРЗ функций мониторинга остаточных ресурсов выключателей:

- ведет к снижению эксплуатационных затрат без дополнительных капитальных вложений;
- не требует установки отдельных устройства;
- параметрирование данных функций легко осуществлять прямо с дисплея устройств.

Точность представленного метода расчета остаточных ресурсов выключателей позволит применять эти данные для ремонта «по состоянию

электрооборудования». Данные остаточного ресурса могут передаваться по любому каналу связи в АСУ, а это способствует экономии денежных средств за счет удаленного мониторинга электрооборудования.

Список литературы

1. Бельченко С.А., Наумова М.П., Ковалев В.В. Технологическая модернизация – основа эффективности АПК // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 7. С. 126-132.

2. Безик В.А. Структура средств защиты электроустановок // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции. Брянск, 2012. С. 22-28.

3. Ковалев В.В., Яковенко Н.И. Основные способы экономии электроэнергии в осветительных установках // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 99-103.

4. Маркарянц Л.М., Безик В.А., Кирдищев Д.В. Совершенствование системы управления энергетических установок в сельском хозяйстве // Вестник Брянской ГСХА. 2013. № 4. С. 38-40.

5. Алексанян И.Э., Безик В.А. Анализ состава и состояния электрооборудования сельскохозяйственных потребителей Рославльского района Смоленской области // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сборник материалов Международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 7-11.

6. Лопухова Т.В. Элегазовое оборудование высокого напряжения: учеб. пособие. Казань: КГЭУ, 2010.

7. ООО «НТЦ «Механотроника» www.mtrele.ru.

8. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: учебное пособие для вузов. М.: Изд-во МЭИ, 2000. 199 с.

9. Яковенко Н.И. О математическом моделировании теплового состояния частично сосредоточенных взаимосвязанных объектов // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сборник материалов Международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 180-181.

Коршунов Владимир Яковлевич

*докт. техн. наук, профессор кафедры технического сервиса в АПК
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск*

МЕХАНИКО-ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ АБРАЗИВНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ НАПЛАВЛЯЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ

Аннотация. На основе механико-термодинамического подхода к прочности и разрушению твёрдых тел разработана методика, которая позволяет без проведения длительных и ресурс затратных испытаний прогнозировать относительную абразивную износостойкость наплавленных материалов при восстановлении почвообрабатывающих орудий.

Ключевые слова: прогнозирование, абразивная износостойкость, коэффициент износостойкости, напряжение, энергия

MECHANICS AND THERMODYNAMIC BASIS FOR THE PREDICTION OF RELATIVE ABRASIVE WEAR RESISTANCE OF THE DEPOSITED MATERIALS IN THE RESTORATION OF TILLERS

V. Korshunov

Annotation. On the basis of the mechanical-thermodynamic approach to the strength and destruction of solids, a technique has been developed that allows predicting the relative abrasive wear resistance of the deposited materials during the restoration of tillage tools without long-term and resource-consuming tests.

Keywords: forecasting, abrasive wear resistance, coefficient of wear resistance, stress, energy.

Введение. Эксплуатационные свойства различных почвообрабатывающих орудий: плужных лемехов, фрез, лап культиваторов и др., в большей степени определяются абразивной износостойкостью $\epsilon_{из}$, поэтому выбор материала для восстановления изношенных поверхностей почвообрабатывающих орудий, который обеспечит наибольшую их долговечность, особенно при обработке песчаных и супесчаных почв, является актуальной научно-производственной проблемой.

Целью работы была разработка методики прогнозирования относительной абразивной износостойкости $\epsilon_{из}$ материалов, используемых для восстановления изношенных поверхностей почвообрабатывающих орудий.

Метод исследования. Для разработки методики прогнозирования относительной абразивной износостойкости $\epsilon_{из}$ материалов были использованы основы механико-термодинамического подхода к прочности и разрушения твёрдых тел [1].

В настоящее время используется несколько критериев для прогнозирования относительной абразивной износостойкости материалов [2]: твердость HV и модуль нормальной упругости E, которые применяются в эмпирических зависимостях для чистых материалов

$$\varepsilon_{\text{из}} = 0,135 \cdot HV, \quad (1)$$

$$\varepsilon_{\text{из}} = 0,49 \cdot 10^{-4} \cdot E^{1,3}, \quad (2)$$

для углеродистых и легированных сталей

$$\varepsilon_{\text{из}} = \varepsilon_{\text{из.о}} + b \cdot (HV_i - HV_0), \quad (3)$$

где $\varepsilon_{\text{из.о}}$ и HV_0 – относительная износостойкость и твердость конкретной стали в отожженном состоянии; b – коэффициент, зависящий от состава стали.

Анализ формул (1) - (3) показал, что они получены математической обработкой экспериментальных данных и не позволяют аналитическими методами прогнозировать относительную абразивную износостойкость материалов. Следует также отметить, что в настоящее время нет возможности теоретически определять величину модуля упругости материалов в зависимости от термообработки и различных способах упрочнения пластическим деформированием.

Все выше представленные методы прогнозирования относительной износостойкости базируются на одном физико-механическом параметре материала, что приводит, как показали результаты проведенных экспериментов, к довольно странным результатам. Так, при обработке данных, полученных Хрущовым М.М. и Бабичевым М.А. [2] и представленных на рисунке 1, у материалов имеющих одинаковую твердость, к примеру HV6000 МПа, относительная абразивная износостойкость, а следовательно и износ, отличаются в 2-3 раза.

В данной работе относительную абразивную износостойкость $\varepsilon_{\text{из}}$ предлагается определять через коэффициенты износостойкости K_i . За эталонный образец $K_3=1$ принят одно карбидный твердый сплав ВК10, твердостью по Виккерсу HV11140. При необходимости за единицу (эталон) можно принять относительную абразивную износостойкость другого материала.

Комплексный подход к вопросу прочности и разрушения твердых тел [1, 3] позволяет определять коэффициенты K_i и K_3 через физико-механические свойства и термодинамические (структурно-энергетические) параметры исследуемых материалов и эталонного образца.

Значения относительной абразивной износостойкости материалов $\varepsilon_{\text{из}}$, используемых при восстановлении изношенных поверхностей почвообрабатывающих орудий, а также коэффициентов износостойкости K_i и K_3 , рассчитываются по формулам (4) - (7).

$$\varepsilon_{из} = \frac{K_i}{K_э}, \quad (4)$$

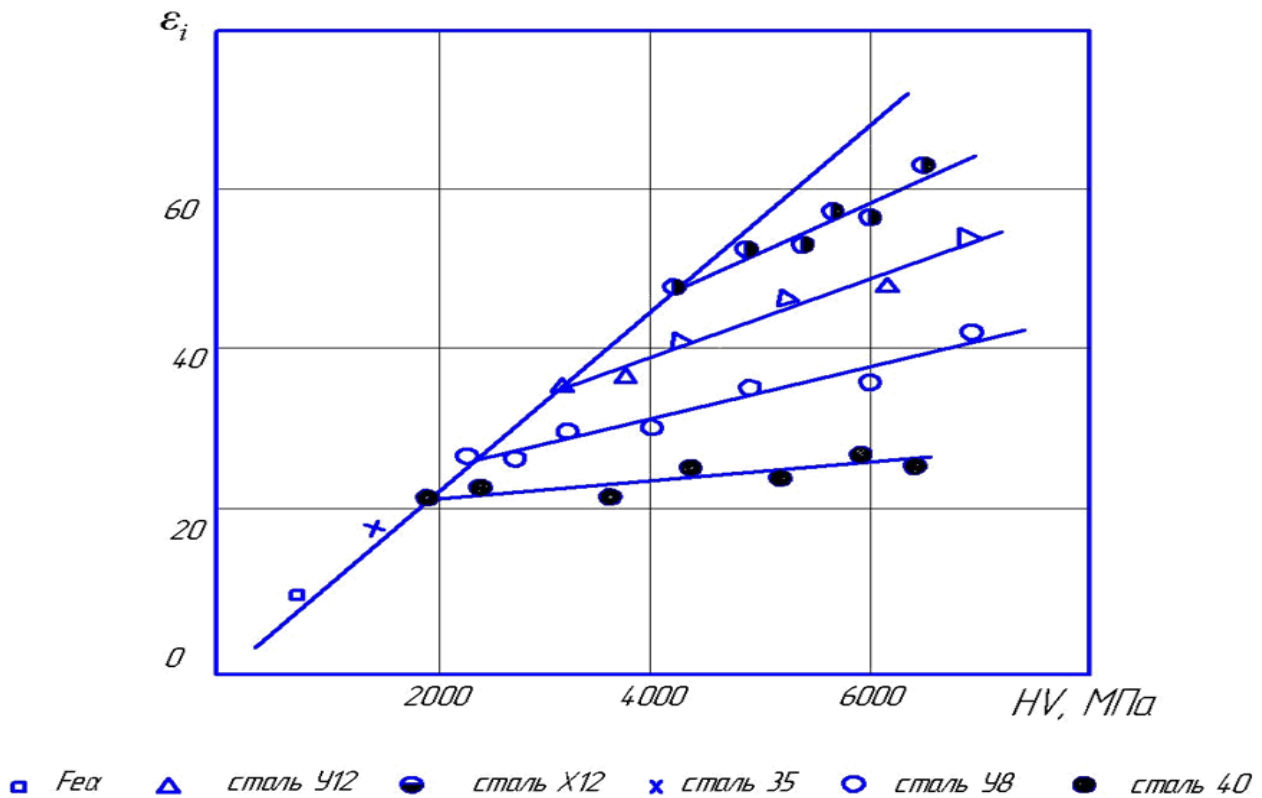


Рисунок 1. Зависимость относительной абразивной износостойкости материалов от твёрдости

$$K_i = \frac{\sigma_{вми} - \sigma_{Ti}}{U_* - U_{eoi} - U_{Toi}} = \frac{\sigma_{вми} - \sigma_{Ti}}{\Delta U_{ei}}; \quad (5)$$

$$K_э = \frac{\sigma_{вмэ} - \sigma_{Tэ}}{U_* - U_{eOэ} - U_{TOэ}} = \frac{\sigma_{вмэ} - \sigma_{Tэ}}{\Delta U_{eэ}}. \quad (6)$$

Подставляя выражения (5) и (6) в (4) получим уравнение для расчёта относительной абразивной износостойкости в виде

$$\varepsilon_{из} = \frac{(\sigma_{emi} - \sigma_{Ti}) \cdot \Delta U_{eэ}}{\Delta U_{ei} \cdot (\sigma_{emэ} - \sigma_{Tэ})}, \quad (7)$$

Где $\sigma_{вми}$, $\sigma_{вмэ}$ – максимальный предел прочности, σ_{Ti} , $\sigma_{Tэ}$ – предел текучести испытуемого и эталонного образцов; ΔU_{ei} , $\Delta U_{eэ}$ – критические значения изменения плотности упругой энергии в изнашиваемых объёмах испытуемого и эталонного образцов, соответствующей моменту разрушения.

Величина максимального предела прочности $\sigma_{вм}$, при котором достигается критическая величина твёрдости HV* при различных способах упрочне-

ния материала, находится между пределом прочности σ_B и истинным сопротивлением разрыву S_k . При величине напряжения выше $\sigma_{вмi}$ начинается процесс интенсивного образования субмикротрещин за счёт слияния передовых дислокаций в линии скольжения, в которых значение внутренней энергии достигло критической величины U^* , что определяет разупрочнение материала и в дальнейшем его разрушение [1,3]. Предел текучести σ_T сталей и сплавов на основе железа и твёрдого сплава ВК10 принимается по справочным данным [4,5]. Максимальный предел прочности $\sigma_{вм}$ рассчитывается по формулам (8) - (11).

Для сталей

$$\sigma_{вм} = 6,507 \cdot HV_o^{-0,217} \cdot \sigma_B, \quad (8)$$

для сплавов Сормайт 1 и Сормайт 2

$$\sigma_{вм} = 1,071 \cdot \sigma_B, \quad (9)$$

$$\sigma_{вм} = 1,110 \cdot \sigma_B, \quad (10)$$

для твёрдого сплава ВК10

$$\sigma_{вм} = 1,012 \cdot \sigma_B, \quad (11)$$

где HV_o – твёрдость материала в процессе его эксплуатации при обработке почвы, МПа.

Все термодинамические параметры, которые используются в формулах (4) – (7), рассчитывались по методике, представленной в работе [1]. Полученные значения заносились в таблицу 1. Значения относительной абразивной износостойкости материалов $\sigma_{из}$, полученные расчётным путём, а также экспериментальные данные [6] представлены в виде графика на рисунке 2.

Коэффициент корреляции теоретических и экспериментальных данных составил $v = 10\%$.

Таблица 1. Механические свойства и расчётные термодинамические параметры исследуемых материалов

№	Материал	HV_o , МПа	σ_T , МПа	σ_B , МПа	$\sigma_{вм}$, МПа	U^* , Дж/мм ³	U_{eo} , Дж/мм ³	$U_{то}$, Дж/мм ³	ΔU_e Дж/мм ³
1	Сталь 45	5200	1100	1200	1300	10,0	4,7	1,5	3,8
3	Ст. Л65	5200	1140	1240	1300	10,0	4,7	1,6	3,8
4	Ст. 65Г	5000	1380	1500	1600	10,0	4,1	1,6	4,3
5	Сормайт1	5400	380	420	450	5,4	3,2	1,0	1,2
6	Сормайт2	4800	320	360	400	5,5	3,4	1,0	1,1
7	ВК10 ВК10	11140	4300	4380	4430	4,2	2,9	0,7	0,6

Результаты исследований и их обсуждение. Из уравнения (7) следует, что относительная абразивная износостойкость определяется величиной ΔU_{ei} . Чем ниже значение ΔU_{ei} , а величина начального уровня упругой энергии дефектов выше U_{e0} , тем выше износостойкость наплавляемого материала, и наоборот, при одинаковых условиях абразивного трения.

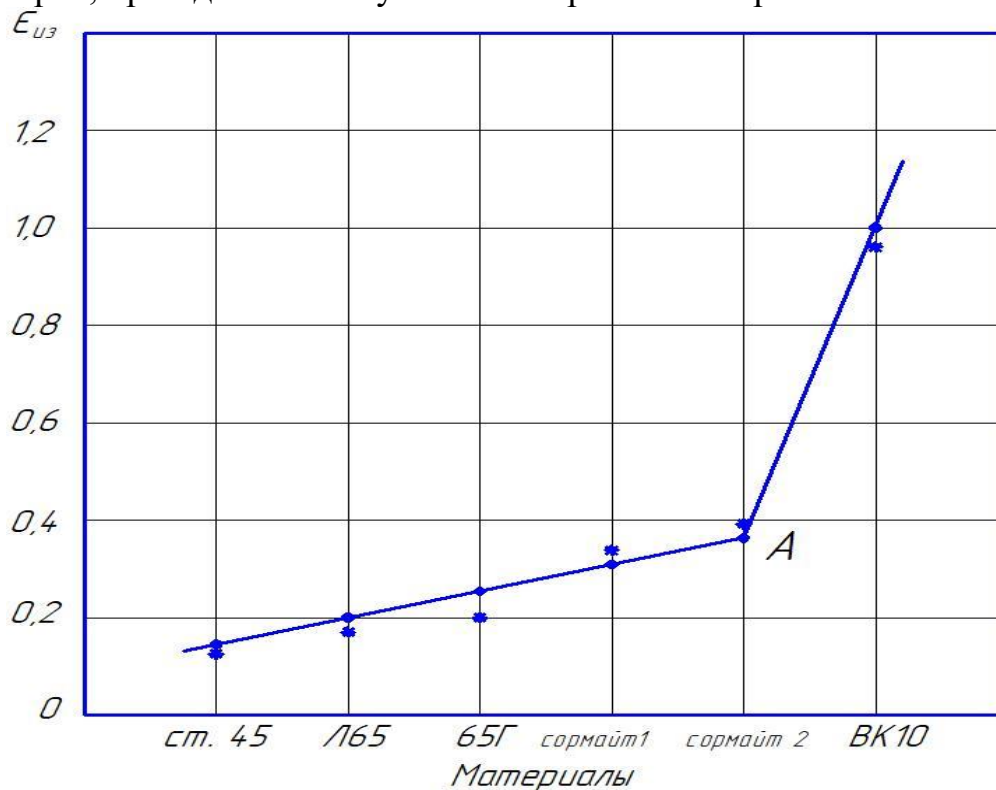


Рисунок 2. Относительная абразивная износостойкость $\epsilon_{из}$ материалов
* – теоретические значения; * – экспериментальные данные

Значение начального уровня упругой энергии дефектов U_{e0} , которое определяет упрочнение материала (HV_i , σ_{vmi} , σ_{Ti}), можно повышать различными технологическими способами: термообработкой, легированием, нанесением упрочняющих покрытий, а также обработкой лучом лазера. Упрочнение поверхностного слоя детали пластическим деформированием в процессе резания, ППД, выглаживания является нежелательным при абразивном трении [7]. Такие параметры качества, как точность, шероховатость и остаточные напряжения [8], мало влияют на абразивную износостойкость [2], поэтому в данной работе не рассматриваются.

Анализ данных представленных в виде графика на рисунке 2 показал, что наименьшая относительная абразивная износостойкость, по сравнению с твёрдым сплавом ВК10 ($\epsilon_{из} = 1$), у стали 45 ($\epsilon_{из} = 0,17$). Наибольшая у сормайт 2 ($\epsilon_{из} = 0,34$). Величина $\epsilon_{из} = 0,22$ у рессорно-пружинной стали 65Г в 1.1 раза больше относительной абразивной износостойкости лемешной стали марки Л65, $\epsilon_{из} = 0,2$.

Следует отметить, что при замене сталей Л65, 65Г и сплавов сормайт 1,2 при восстановлении плужных лемехов на твёрдый сплав ВК10

значение относительной абразивной износостойкости $\varepsilon_{из}$ увеличивается в 2,9-5 раз.

Рост величины $\varepsilon_{из}$ после точки (А) можно объяснить резким увеличением карбидной составляющей в структуре сплавов, что определяет снижение скорости их износа при абразивном трении и соответственно увеличением относительной абразивной износостойкости.

Вывод. Предложенная в данной работе методика позволяет теоретически прогнозировать величину относительной абразивной износостойкости $\varepsilon_{из}$ наплаваемых материалов при восстановлении почвообрабатывающих орудий без проведения длительных и ресурс затратных испытаний при обработке почвы.

Список литературы

1. Коршунов В.Я. Повышение эксплуатационных свойств машин прогнозированием и технологическим обеспечением физико-механических параметров материалов на основе принципов синергетики // Вестник машиностроения. 2000. № 6. С. 48-53.

2. Хрущов М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. М.: Наука, 1970. 480 с.

3. Коршунов В.Я., Новиков Д.А. Оценка энергетической эффективности способов восстановления шеек коленчатых валов при ремонте двигателей // Вестник Брянского государственного технического университета. 2015. № 3. С. 25-27.

4. Раскатов В.М., Чуенков В.С., Бессонов Н.Ф. Машиностроительные материалы: краткий справочник. М.: Машиностроение, 1980. 511 с.

5. Киффер Р., Бенезовский Ф., Третьякова В.И. Твёрдые сплавы. М.: Металлургия, 1971. 382 с.

6. Износ деталей сельскохозяйственных машин / М.М. Севернев, Г.П. Каплун, В.А. Короткевич и др. Л.: «Колос», 1972. 288 с.

7. Филяев А.Т. Исследование износостойкости деталей упрочнённых наклепом. Минск: Наука и техника, 1974. 217 с.

8. Коршунов В.Я., Случевский А.М. Прогнозирование допустимого износа резцов в процессе обработки // Вестник Московского государственного агроинженерного университета им. А.П. Горячкина. 2010. № 2. С. 135-137.

Кубаткина Ольга Вячеславовна
ст. преподаватель кафедры электроэнергетики и автоматики
Сафронов Кирилл Андреевич
магистр кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

СТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

Аннотация. Рассмотрены экспериментально полученные и вычисленные с помощью степенной функции аппроксимации статические характеристики современных источников света.

Ключевые слова: статические характеристики нагрузки, электрические источники света, активная мощность, реактивная мощность.

STATIC CHARACTERISTICS OF LIGHTING ELECTRORECEIVERS

O.V. Kubatkina, K.A. Safronov

Annotation. The static characteristics of modern light sources which are experimentally received and calculated by means of a power function of approximation are considered.

Keywords: static characteristics of loading, electric light sources, active power, reactive power.

Актуальными задачами в отрасли электроэнергетики, поставленными правительством Российской Федерации, являются энергосбережение и повышение энергоэффективности производственных и непроизводственных объектов. Одним из этапов решения этих задач стал запрет выпуска и ввоза ламп накаливания и повсеместный переход на энергосберегающие источники света [5]. Современные источники света позволяют получить улучшенные светотехнические и электрические параметры осветительных приборов, при этом обеспечивая достаточно высокую надёжность и долговечность, а так же, что очень важно, экономию электроэнергии.

Исходя из этого при замене ламп накаливания на энергосберегающие возможно значительное сокращения расхода электроэнергии на освещение и соответствующее снижение активной токовой нагрузки, а, значит, и тепловых потерь электроэнергии в проводах и кабелях не только в осветительных но и силовых сетей систем электроснабжения. В это же время эксплуатационные параметры часто становятся аспектом, который заставляет задуматься о приоритете выбора источника света. При этом не всегда не соответствие заявленных технических характеристик связано с несоблюдением условий эксплуатации, обусловленных как самим потребителем, так и параметрами электроснабжающих систем. Часто это связано с гонкой и конкуренцией производителей современных энергосберегающих источников света между собой. При этом уменьшение себестоимости продукции происходит за счет снижения качества продук-

ции. Актуальным становится вопрос не только как влияют параметры электрических сетей на работу современных источников света, но взаимное воздействие энергосберегающих ламп на режимы работы электрических сетей.

Для детального изучения влияния электрических характеристик энергосберегающих ламп на режимы распределительных сетей, в которых осветительная нагрузка может достигать 25% от общей нагрузки [29, с. 64], необходимо проведение систематических исследований их статических и динамических характеристик, изучение осциллограмм приложенного напряжения и потребляемого тока, сравнения полученных результатов для различных видов источников света. Процессы, непрерывно происходящие в осветительной нагрузке, могут оказывать неблагоприятное влияние на работу остальных электроприемников (например, создавая колебания и пики напряжения, нарушая работу цифровых релейных защит, искажать показания приборов учета и т.п.).

Статическая характеристика нагрузки (СХН) – независимая от времени модель нагрузки, которая предоставляет информацию о зависимости нагрузки от параметров установившегося режима электрической сети. Регулирующий эффект нагрузки электроэнергетической системы по напряжению (регулирующий эффект нагрузки по напряжению) – степень изменения нагрузки электроэнергетической системы при изменении напряжения [СТО 17330282.27.010.001-2008, п. 2.1.1257].

Характеристики осветительной нагрузки в зависимости от ее доли в общей нагрузке могут оказывать значительное влияние на режимы работы сети. Особенно влияние проявляется в послеаварийных режимах, при отклонении напряжения до величин близких к предельно допустимым. Учет реальных характеристик такой нагрузки повышает точность расчета установившихся режимов и как следствие точность расчета потерь активной мощности и энергии.

Полная информация о составе и параметрам электрооборудования в качестве комплексной нагрузки как правило отсутствует. Поэтому моделирование статических характеристик электроприемников основывается на анализе экспериментальных данных. В процессе анализа для построения моделей активно используется в том или ином виде аппроксимация экспериментально снятых характеристик функциями, построенными с применением метода наименьших квадратов [1,3]. В процессе аппроксимации происходит отклонение от результатов, соответствующих фактической статической характеристике из-за особенностей экспериментальных данных, обусловленных флуктуациями величины нагрузки, ее характера, напряжения в узлах энергосистемы.

В распределительных сетях 0,4кВ частота переменного тока в нормальных режимах изменяется лишь незначительно, поэтому ограничимся рассмотрением статических характеристик и регулирующих эффектов только по напряжению.

Для аппроксимации экспериментальных данных статических характеристик осветительной нагрузки чаще всего применяют математическую модель в виде полинома 2-ой степени от напряжения [2]:

$$P(U) = P_0 \cdot \left[a_p \cdot \left(\frac{U}{U_0} \right)^2 + b_p \cdot \left(\frac{U}{U_0} \right) + c_p \right], \quad (1)$$

$$Q(U) = Q_0 \cdot \left[a_q \cdot \left(\frac{U}{U_0} \right)^2 + b_q \cdot \left(\frac{U}{U_0} \right) + c_q \right], \quad (2)$$

где P_0 и Q_0 – активная и реактивная мощности нагрузки при номинальном напряжении сети U_0 ; a_p , a_q , b_p , b_q , c_p и c_q – коэффициенты полиномов, полученные в результате обработки экспериментальных данных, например, по методу наименьших квадратов [7].

В зарубежной литературе статические характеристики активной и реактивной мощности по напряжению обычно представляют в виде степенных функций [6]:

$$P(U) = P_0 \cdot \left(\frac{U}{U_0} \right)^{p_u}, \quad (3)$$

$$Q(U) = Q_0 \cdot \left(\frac{U}{U_0} \right)^{q_u}, \quad (4)$$

где p_u и q_u – соответственно показатели степени (регулирующие эффекты), определяющие зависимость изменения активной и реактивной мощности при изменении напряжения, приложенного к электроприемнику. Такая модель нагрузки электроприемника позволяет достаточно просто рассчитать регулирующие эффекты комплексной нагрузки по известным p_u и q_u отдельных электроприемников путем некоторых математических преобразований:

$$p_u = \sum_1^n a_i \cdot p_{ui}, \quad (5)$$

$$q_u = \sum_1^n b_i \cdot q_{ui}. \quad (6)$$

Выражения (5) и (6) показывают, что чем больше регулирующий эффект i – го электроприемника и его доля в общей нагрузке узла электрической сети, тем сильнее будет приближаться общий регулирующий эффект активной или реактивной мощности всего узла к регулируемому эффекту данного электроприемника.

Для исследования были выбраны современные энергосберегающие источники света: лампа индукционная модель JX23W; компактная люминесцентная лампа марки «Светозар»; галогенная лампа накаливания фирмы «Elektrostandard»; светодиодный светильник ДПО LED «ЭРА». В процессе исследования регулирующих эффектов статических характеристик по напряжению энергосберегающих источников света и определении влияния

этих источников на качество напряжения и тока в распределительной сети был подготовлен лабораторный стенд (рисунок 1) содержащий:

- прибор для анализа качества электроэнергии «Энергомонитор-3.3Т1»;
- двухлучевой осциллограф с памятью GRS-6052А;
- блок прецизионных сопротивлений;
- коммутационные элементы;
- установка У5052 для проверки релейных защит (использовалась в качестве регулятора переменного тока);
- энергосберегающие испытуемые лампы.

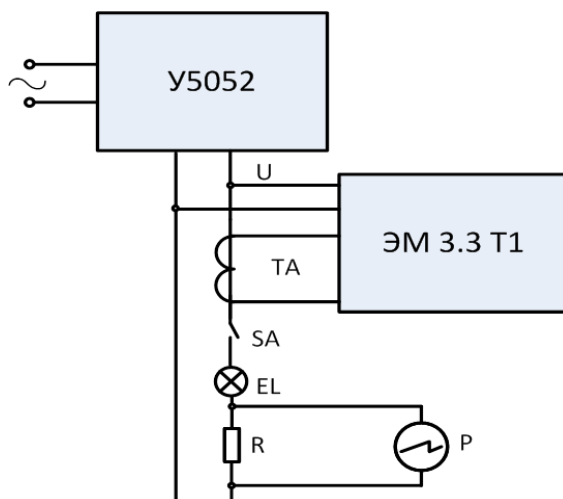


Рисунок 1 - Схема соединений приборов лабораторного стенда

Собранный стенд позволяет регулировать и снимать показания напряжения, приложенного к лампе, ток, полную, активную и реактивную мощности, состав гармонических составляющих по току и напряжению в лампе. Осциллограф совместно с блоком сопротивлений позволяет получить и записать осциллограммы тока или напряжения для исследуемого источника света.

На основе снятых на лабораторном стенде (рисунок 1) экспериментальных данных были построены статические характеристики активной и реактивной мощности по напряжению для выбранных источников света. Данные с Энергомонитора 3.3Т1 двунаправленной асинхронной передачей через интерфейс RS 232 передаются на компьютер со специализированным программным обеспечением. Полученная экспериментально информация в виде баз данных обрабатываются в программе Microsoft Excel и представляются в удобной для расчетов форме. Измерения активной и реактивной мощностей производились при изменении напряжения приложенного к лампе на $\pm 15\%$ от номинального. Расчеты показателей степеней p_u и q_u выполнены путем решения оптимизационной задачи поиска минимума суммы квадратов отклонений аналитических значений P и Q , вычисленных по формулам (3), (4) при соответствующих значениях напряжения U , от их измеренных значений при этом же напряжении. Значения P_0 и Q_0 принимались равными измеренным при номинальном напряжении $U_0 = 220$ В.

На рисунках 2, 3, 4, 5 показаны статические характеристики активной и реактивной мощности по напряжению для исследуемых ламп, полученные экспериментальным путем и после аппроксимации этих данных степенной функцией.

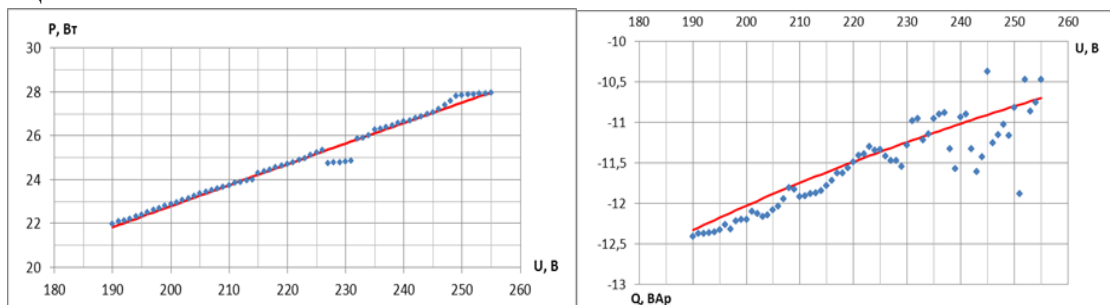


Рисунок 2 - Статические характеристики активной (слева) и реактивной (справа) мощности по напряжению индукционной лампы:

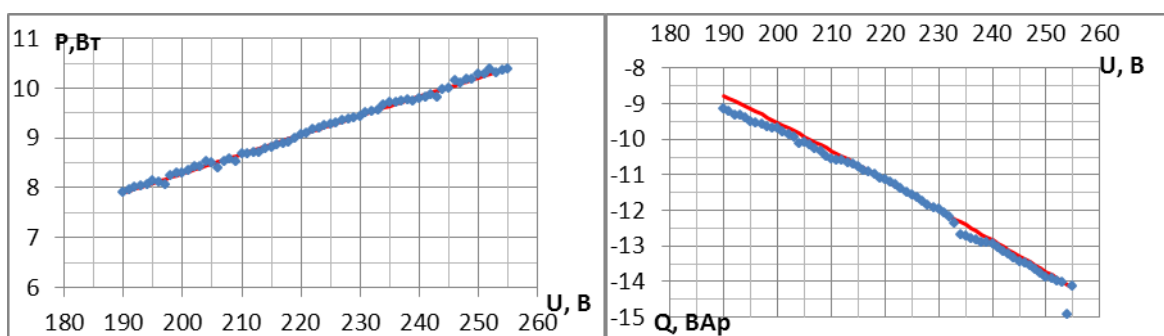


Рисунок 3 - Статические характеристики активной (слева) и реактивной (справа) мощности по напряжению КЛЛ:

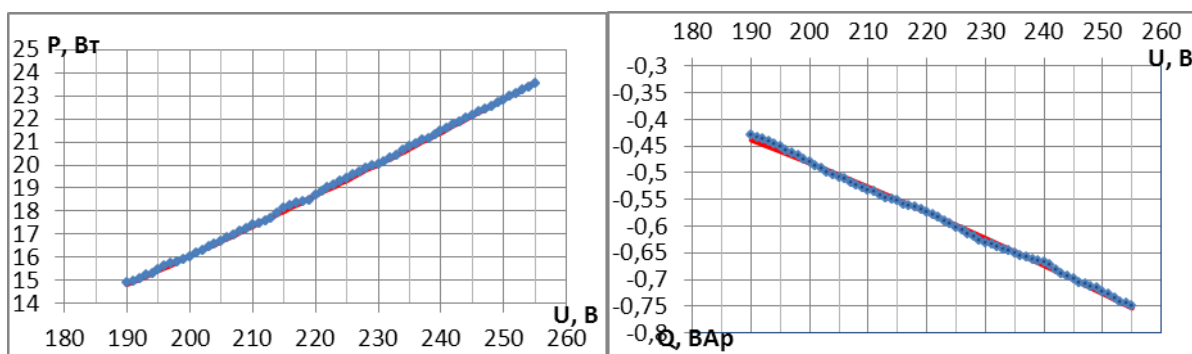


Рисунок 4 - Статические характеристики активной (слева) и реактивной (справа) мощности по напряжению ГЛН:

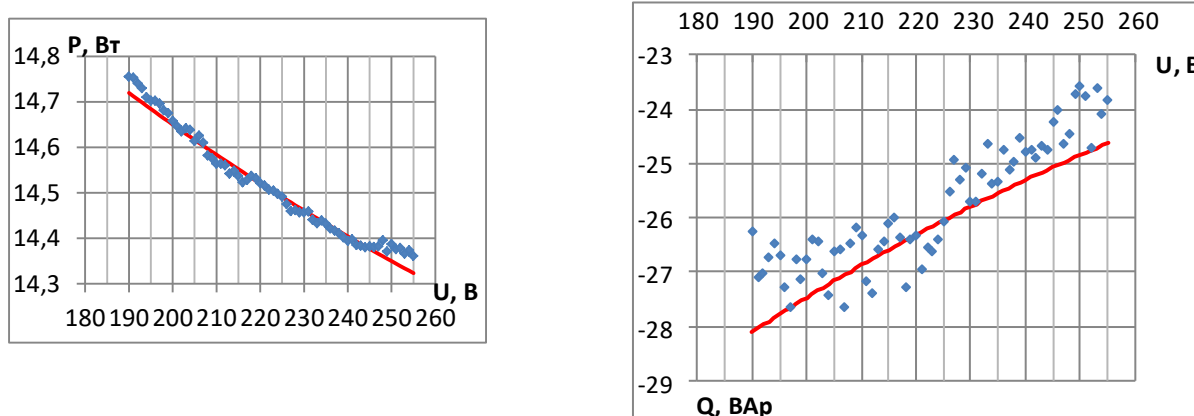


Рисунок 5 - Статические характеристики активной (слева) и реактивной (справа) мощности по напряжению LED-светильника:

◆ - экспериментально полученные точки;

— - аналитически полученные статические характеристики

Наличие электронных балластов (драйверов) у всех рассмотренных источников света приводит к тому, что их реактивная мощность носит емкостной характер и может в какой-то мере компенсировать индуктивную реактивную мощность сети. Индукционная лампа и светодиодный светильник имеют отрицательные регулирующие эффекты статических характеристик реактивной мощности по напряжению в отличие от ГЛН и КЛЛ. Это благоприятно сказывается на уровнях напряжений в распределительной сети.

Список литературы

1. Безик В.А., Кубаткина О.В., Жиряков А.В. Качество электрической энергии в сетях с разрядными лампами // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции (28-29 апреля 2018 г.). Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. С. 118-126.

2. Закарюкин В.П., Крюков А.В., Ле Конг Зань. Математические модели узлов нагрузки электроэнергетических систем, построенные на основе фазных координат. Иркутск: ИрГУПС, 2013. 176 с.

3. Ковалев В.В., Яковенко Н.И. Основные способы экономии электроэнергии в осветительных установках // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 99-103.

4. Кубаткина О.В., Кисель Ю.Е. Современные светильники для освещения бытовых помещений // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции (28-29 апреля 2018 г.). Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. С. 93-97.

5. Кубаткина О.В., Кисель Ю.Е. Светильники с автоматическим поддержанием уровня освещенности // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции (28-29 апреля 2018 г.). Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. С. 97-102.

6. Петров А. В., Кретов А. А., Тамбиев Р. А. Анализ энергопотребления современных светодиодных ламп // Молодой ученый. 2018. № 27. С. 35-42.

7. Investigating Effect of Voltage Changes on Static ZIP Load Model in a Microgrid Environment, Ke nan Hatipoglu, Ismail Fidan, Ghadir Radman. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. Proceedings of 2014 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS 2014, pp. 45-51.

Осадчая Олеся Александровна
к.филол.н., доцент кафедры философии, истории и педагогики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

ПРОБЛЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

Аннотация: одной из центральных проблем, стоящих перед современной педагогической наукой, является проблема совершенствования содержания экологического образования, особенно в технических вузах. Это связано с тем, что в данные учебные заведения поступают люди, увлеченные техникой, которая олицетворяет для них средство власти над природой. Следовательно, в современных условиях необходимы совершенно новые концептуальные подходы, новые методологические, теоретические основания для его конструирования.

Ключевые слова: сознание, техносфера, экологизация, гуманизация, техноэволюция.

THE PROBLEM OF FORMATION OF ECOLOGICAL CONSCIOUSNESS IN THE HIGH SCHOOL

Osadchaya O. A.

Abstract: one of the Central problems facing modern pedagogical science is the problem of improving the content of environmental education, especially in technical universities. This is due to the fact that these schools receive people passionate about technology, which represents for them a means of power over nature. Therefore, in modern conditions absolutely new conceptual approaches, new methodological, theoretical bases for its designing are necessary.

Keywords: consciousness, technosphere, greening, humanization, technomouse.

В условиях современного состояния деградации природы становится очевидным, что достижения науки и техники, многочисленные совершенствования экологического законодательства и все мероприятия по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов не в состоянии решить экологической проблемы без сознательной экологизированной деятельности специалистов, ответственных за индустриальное развитие общества. Очевидно, что доминирующей причиной экологического кризиса и нарушения баланса техносферы с окружающей природной средой является низкий уровень культуры современного технократического общества [1,2], которое зашло в тупик, признав приоритетным развитие технического оснащения человечества, а не его гармоничное сосуществование с природой.

Преодолению этой ситуации может способствовать изменение в образовательной политике в сторону экологизации и гуманизации образования. Это направление предполагает смену системы ценностей, коррекцию мировоззрения, перестройку сознания через развитие культуры личности экоцентрической направленности.

Сегодня очевиден комплексный (междисциплинарный) характер экологической глобальной проблематики[3, с.23] Считается, что кризис современной цивилизации носит одновременно глобальный и парадигмальный характер. Под глобальностью понимается охват кризисом всех основных сфер и сторон человеческой жизнедеятельности, а под парадигмальным кризисом – кризис основных базовых ценностей всего мироустройства. Биоэволюция и техноэволюция настолько разошлись друг с другом, что возникла непосредственная угроза не только существованию природы, но и всей «земной жизни»; следовательно, дело не только в экологическом кризисе, но и в кризисе экономики, политики, культуры и других сфер. Это значит, что в исследовании глобальных проблем должны принимать участие самые разнообразные отрасли научного знания – как общественно-гуманитарные науки, так и естественные, и технические.

В связи с этим одной из центральных проблем, стоящих перед современной педагогической наукой, является проблема совершенствования содержания экологического образования, особенно в технических вузах. Это связано с тем, что в данные учебные заведения поступают люди, увлеченные техникой, которая олицетворяет для них средство власти над природой. Следовательно, в современных условиях необходимы совершенно новые концептуальные подходы, новые методологические, теоретические основания для его конструирования.

Особенно важно это для работников техносферы, непосредственно использующих эти природные тела, процессы и явления в качестве промышленных ресурсов. Следовательно, с углублением инженерного образования возникает двойственная функциональная ориентация инженера: на научные исследования естественных, природных явлений и на производство[4]. Необходимость сочетания в технической деятельности естественной и искусственной ориентации заставляет инженера основываться, с одной стороны, на достижениях науки, из которой он черпает знания о естественных процессах, происходящих в природе, а с другой – на существующей технике, откуда он заимствует знания о материалах, конструкциях, их технических свойствах, способах изготовления и т.д. Совмещая эти два рода знания, он находит те «точки» природы, в которых природные процессы действуют так, как необходимо для функционирования создаваемой технической системы.

Экологизация образования, рассматриваемая как соответствующая экологическая подготовка, элементы которой были бы синтезированы вокруг профессионально значимых знаний и умений, – необходимое условие для решения конкретных практических задач в области охраны окружающей среды и рационального природопользования.

Следовательно, актуальной проблемой образования становится организация такого педагогического процесса, который бы не только служил основой расширения системы знаний об окружающем мире, но и способствовал развитию ценностного, интеллектуального, культурного, творческого потенциала обучаемых[5].

Экологическое образование в техническом вузе должно опираться на нормативно-правовое обеспечение, которое является важным инструментом, используемым государством в интересах сохранения и рационального использования окружающей среды; и поскольку основными источниками нарушения экологического равновесия являются промышленные предприятия, на которых трудятся выпускники технических вузов, знание и исполнение всех законов должно способствовать снижению антропогенной нагрузки на природу. Кроме того, необходимо обратить внимание, что важнейшей задачей, с позиции государства, является пропаганда идей устойчивого развития, а также создание развитой системы непрерывного экологического воспитания и образования в качестве основы формирования экологической культуры.

Понятие «экологическое сознание студентов технического вуза» может рассматриваться с двух позиций:

1) *экологическое сознание как интегративное личностное качество, которое характеризует деятельность человека в социоприродной среде; формирует ценностное отношение и потребностно-мотивационную сферу как основу, влияющую на направленность профессиональной деятельности студентов инженерно - технических специальностей;*

2) *экологическое сознание студентов инженерно-технических специальностей можно определить как философскую категорию, которая характеризует специфику взаимосвязи будущих инженеров, общества и окружающей природной среды. Эта категория может выражаться через систему таких понятий, как экологическое мышление инженерно-технических работников, их убеждения и принципы, способы познания и деятельности. Определение «экологическое» в данном контексте трактуется как взаимодействие инженерно-технических работников и окружающей природной среды, обеспечивающее их взаимосвязанное устойчивое развитие, в условиях которого профессиональная деятельность и поведение отдельного инженера или технического работника «подстраиваются» к природным процессам и осуществляются в рамках дозволенных экологическим и нравственным императивами, т.е. характеризуются высокой экологической культурой.*

Следовательно, в первую очередь у студентов инженерно-технических специальностей необходимо формировать экологическое сознание эгоцентрической направленности и потребность в природосообразной деятельности, что и является основой для развития экологической культуры у студентов технического вуза.

Важнейшим результатом экологического образования в высшей технической школе должно стать формирование экологического сознания эгоцентрического типа как важнейшей составляющей экологической культуры будущих инженеров. Таким образом, экологическая культура охватывает интеллектуальные, эстетические и этические, деятельностно-волевые аспекты человеческой жизни, практику бытовой и профессиональной деятельности. Критерием сформированности экологической

культуры являются обоснованные с точки зрения законов экологии поступки, поведение и деятельность человека, действия, экологически сообразные социоприродной среде.

Студент, обучаясь в вузе, приобретает знания, умения и определенные навыки для дальнейшей практической деятельности, вследствие чего его личностные ценности начинают коррелировать с ценностными ориентациями его будущей профессиональной деятельности[6,7].

Воспитание таких свойств личности, как осознание себя частью целого (биосферы), признание прав равенства человека и других существ на жизнь, способность к диалогу и сопереживанию являются столь же необходимыми, как и фундаментальные научные знания о биосфере. Система образования должна быть построена таким образом, чтобы в свете нравственных установок помочь студенту сформировать навыки поведения и научить предвидеть последствия своей профессиональной деятельности для человека и биосферы.

Важнейшим результатом экологического образования в высшей технической школе должно стать формирование экологического сознания экоцентрического типа как важнейшей составляющей экологической культуры будущих инженеров[8,9]. Понятие экологической культуры соединяет в себе: знание основных законов природы; понимание необходимости считаться с этими законами и руководствоваться ими во всякого рода индивидуальной и коллективной деятельности; стремление к оптимальности в процессе личного и производственного природопользования; выработку чувства ответственного отношения к природе, окружающей человека среде, здоровью людей.

Список литературы

1. Свидерский А.А. Формирование экологической культуры в техногенном обществе // Актуальные проблемы энергообеспечения, автоматизации, природопользования и строительства в АПК. Брянск, 2018. С. 102-110.
2. Свидерский А.А. Природа в системе ценностей современной культуры // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Иваново, 2018. С. 1390-1394.
3. Ильина А.Н. Теоретические проблемы воспитания у старшеклассников экологической культуры как части их мировоззрения: дис. ... канд. пед. наук. М., 1998.
4. Козина Е.Ф., Степанян Е.Н. Методика преподавания естествознания: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 496 с.
5. ДЕРЕБО С.Д., ЯСВИН В.А. Экологическая педагогика и психология [Текст]: учеб. пособие для вузов. Ростов н/Д, «Феникс», 1996. 476 с.
6. Черненко И. И. Психолого-педагогическая подготовка студентов аграрных вузов к управленческой деятельности в АПК: дис ... канд. пед. наук. Брянск, 2009. 241 с.

7. Черненкова И.И. Организационно-педагогические условия подготовки студентов аграрных вузов к управленческой деятельности // Трансформация экономики региона в условиях инновационного развития: материалы Международной научно-практической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. С. 291-294.

8. Шустов А.Ф. Социальная оценка и социальная ответственность развития техники // Проблемы современного антропосоциального познания. Брянск, 2003. С. 74-82

9. Шустов А.Ф. Культурная детерминация ценностно-нормативных аспектов развития технической деятельности // Проблемы современного антропосоциального познания. Брянск, 2008. С. 58-62

Панов Максим Владимирович
канд.техн.наук, доцент кафедры математики, физики и информатики
Панова Татьяна Васильевна
канд.техн.наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и
инженерной экологии
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск
Лихварь И.С., Финогорова Т.Н.
МБДОУ ДС №116 «Светлячок» г. Брянска

ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ В МБДОУ ДС №116 «СВЕТЛЯЧОК» Г.БРЯНСКА

***Аннотация:** Рассмотрены вопросы обеспечения электробезопасности и даны рекомендации по её повышению в МБДОУ ДС №116 «Светлячок».*

***Ключевые слова:** Электробезопасность, дошкольное учреждение, нормативно-правовая документация.*

INCREASE OF ELECTRICAL SAFETY IN MBPE IK №116 " SVETLYACHOK " G. BRYANSK

M.V. Panov, T.V. Panova, I.S. Lihvar, T.N. Finogenova

***Abstract:** Considered issues of electrical safety and made recommendations for its improvement in mbpe ik №116 " Svetlyachok."*

***Keywords:** Electrical safety, preschool, regulatory and legal documentation.*

Около 50 % несчастных случаев, связанных с поражением электрическим током, происходит во время профессиональной деятельности пострадавших. По статистическим данным электротравмы составляют около 30 % общего числа всех травм на производстве и, как правило, имеют тяжелые последствия. По частоте смертельных исходов электротравматизм в 15-16 раз превосходит другие виды травм.

Обеспечение электробезопасности в дошкольном учреждении производится целым комплексом организационно-технических мероприятий: назначение ответственных лиц, производство работ по нарядам и распоряжениям, проведение в срок плановых ремонтов и проверок электрооборудования, обучение персонала и пр. Для предотвращения электротравматизма в дошкольном учреждении предусмотрен ряд технических мероприятий. В частности, заземление, применение двойной изоляции, применение устройств защитного отключения, применение средств защиты.

В нормальных рабочих условиях никакой ток не течет через заземленные соединения. При аварийном состоянии цепи величина электрического тока (через заземленные соединения с низким сопротивлением) достаточно высока для того, чтобы расплавить предохранители или вызвать действие защиты, которая снимет электрическое питание с электрооборудования. Руч-

ные электрические машины с двойной изоляцией не требуется заземлять. На корпусе такой машины должен иметься специальный знак (квадрат в квадрате). Подключение и отключение электрооборудования разрешается производить только персоналу с группой по электробезопасности не ниже III. Устройство защитного отключения реагирует на ухудшение изоляции электрических проводов: когда ток утечки повысится до предельной величины 30 мА, происходит отключение электрических проводов в течение 30 мкс. УЗО применяется для защиты электрических проводов, для безопасности работы с ручными электрическими машинами и при проведении электросварочных работ в помещениях повышенной опасности и особо опасных. Применение средств индивидуальной и коллективной защиты [2].

Что касается технической документации по электробезопасности, то МБДОУ ДС №116 обеспечивает наличие следующих документов. Приказ о назначении ответственного за электрохозяйство учреждения. Перечень видов работ, выполняемых в порядке эксплуатации электроустановок. Перечень должностей и профессий для неэлектротехнического персонала. Перечень инвентарных средств защиты. Проект электроснабжения. Список ответственных лиц, имеющих вести оперативные переговоры с энергоснабжающей организацией в случае аварийных ситуаций в электроустановках. Энергетический паспорт потребителя топливно-энергетических ресурсов. Программа в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Инструкция по оказанию первой медицинской помощи пострадавшим от электрического тока и при других несчастных случаях. Инструкция по электробезопасности для персонала 1-й квалификационной группы. Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках. Должностная инструкция ответственного за электрохозяйство. Журнал учета присвоения группы 1 по электробезопасности неэлектротехническому персоналу. Журнал учета проверки знаний норм и правил работы в электроустановках. Паспорт заземляющего устройства. График эксплуатационного обслуживания и ремонта электрооборудования. Акт разграничения балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности электрических сетей и электроустановок. Однолинейная схема электроснабжения. Протоколы испытаний электрохозяйства. Договор эксплуатационного и оперативного обслуживания электроустановок. Договор на использование мобильной электростанции в случае возникновения аварийной ситуации. Инструкция по охране труда для повара. Инструкция по охране труда для работающих на стиральных машинах [3].

Учитывая вышесказанное, коллективу МБДОУ ДС №116 рекомендовано и далее обеспечивать электробезопасность с учетом современных требований, а руководителю и коллективу в целом строить свою работу на основе нормативно-правовых документов.

Для повышения электробезопасности в МБДОУ ДС №116 так же рекомендовано на постоянной основе реализовывать следующие мероприятия:

- профилактические осмотры и планово-предупредительный ремонт электрооборудования и электросетей;

- периодическая проверка сопротивления изоляции и заземления оборудования;
- установка устройств защитного отключения;
- оснащение рабочих мест средствами защиты от электрического тока;
- периодические испытания средств защиты;
- обучение и инструктаж работников по электробезопасности;
- назначение ответственного за электрохозяйство и лица, замещающего его в период длительного отсутствия;
- организация работ в соответствии с Перечнем видов работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации.

Список литературы

1. Панова Т.В., Панов М.В. Основы электробезопасности: методические указания для выполнения практических работ для студентов всех направлений подготовки (бакалавриат). Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. 60 с.
2. Христофоров Е.Н., Сакович Н.Е., Лавров В.И. Основы энергерики, энергосбережения и электробезопасности: учебное пособие. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2012. 319 с.
3. <http://светлячок116.рф/> - Муниципальное бюджетное дошкольное образовательное учреждение детский сад №116 «Светлячок» г. Брянска.
4. Маркарянц Л.М., Безик В.А., Самородский П.А. Комбинированное устройство контроля сопротивления изоляции // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-практической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2011. С. 100-103.
5. Маркарянц Л.М., Безик В.А., Алексанян И.Э. Повышение надежности защит от поражения электрическим током // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2010. № 1 (9). С. 67-71.
6. Маркарянц Л.М., Безик В.А., Самородский П.А. Эффективность применения устройств защиты электрооборудования // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: VIII Международная научно-техническая конференция / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2014. С. 136-140.
7. Ториков В.Е., Подобай Н.В. Анализ и перспективы развития экономики Брянской области // Агроконсультант. 2017. № 4 (2017). С. 45-48.

Панов Максим Владимирович

канд.техн.наук, доцент кафедры математики, физики и информатики

Панова Татьяна Васильевна

канд.техн.наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии

Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

УТИЛИЗАЦИЯ ДРЕВЕСНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАЛОГАБАРИТНОЙ УСТАНОВКИ

Аннотация: Рассмотрены проблемы утилизации древесно-растительных отходов и листового опада. Представлена установка для измельчения и сжигание древесно-растительных отходов и листового опада.

Ключевые слова: *листовой опад, древесно-растительные отходы, измельчитель, утилизация.*

UTILIZATION OF WOOD WASTE USING SMALL-SIZED INSTALLATION

M.V. Panov, T.V. Panova

Abstract: *The problems of utilization of wood-plant waste and leaf litter are considered. A plant for shredding and burning wood and plant waste and leaf litter is presented.*

Keywords: *leaf litter, wood and vegetable waste, chopper, recycling*

Листва относится к категории естественного древесного опада, закономерно происходящего ежегодно в лесах умеренного климата. Листовой опад защищает всходы и корни молодых растений древесных пород и трав от вымерзания, но также, листовой опад создает проблемы, так как листья мешают движению на дорогах и засоряют поверхность озелененных территорий [1].

Таким образом, для утилизации древесно-растительных отходов и листового опада предлагается установка, имеющая два модуля, соединенных между собой шнековым транспортером, предназначенные для измельчения и сжигания древесно-растительных отходов, в частности, первый модуль состоит из бункера, в котором располагаются один зубчатый валок и ножевая секция, включающая два ножа, закрепленных на пластинах, установленных на оси, а второй модуль включает камеру, в которой располагаются контейнер с полукруглым днищем, где непосредственно происходит сжигание древесно-растительных отходов [4].

Первый модуль представляет собой измельчитель, который состоит из корпуса 1 и приводного вала 2, на котором в одной секции закреплен измельчающий валок 3 с прижимной пластиной 4 для древесного растительного сырья с диаметром веток до 35 мм; а во второй секции размещен режущий аппарат для недревесного растительного сырья, состоящий из ножа метельника 5, расположенного непосредственно на валу 2, и ножевого механизма с лезвия-

ми 6 на регулировочных пластинах 7 и 8. Нижняя часть корпуса измельчителя 9 снабжена заслонкой 10, закрывающей выгрузной патрубком 11 [5].

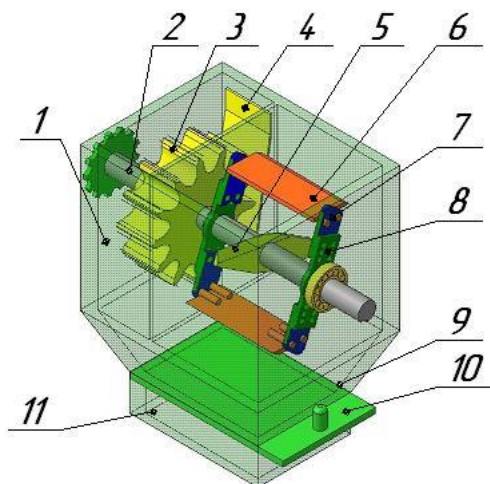
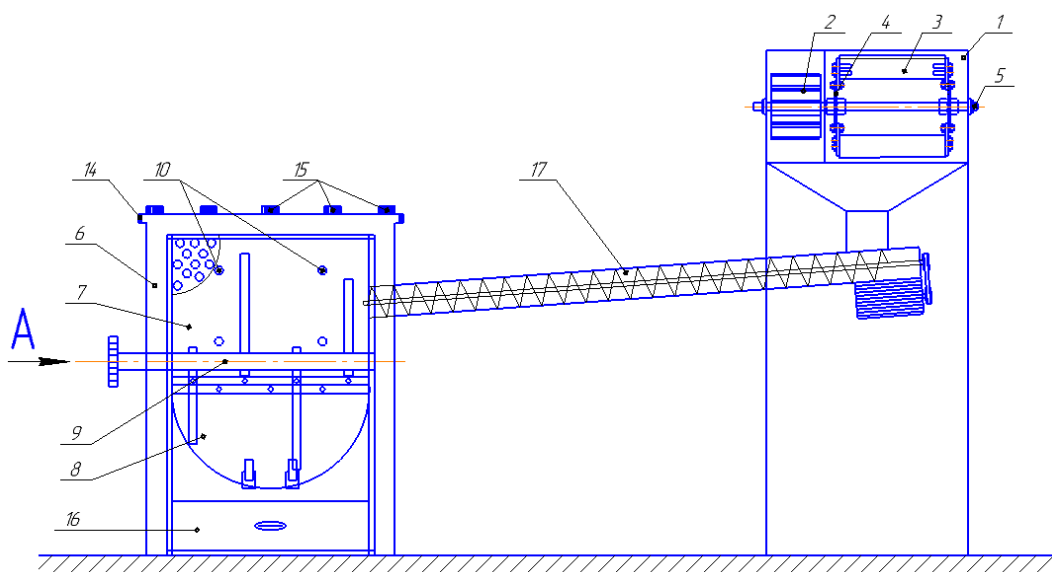


Рисунок 1 - Малогабаритный универсальный измельчитель

Установка (рис. 2) работает следующим образом. Древесно-растительные отходы загружают в бункер первого модуля для дальнейшего измельчения с помощью режущего аппарата в виде зубчатого вала или ножевого аппарата.



1 – бункера, 2 – зубчатый валок 3 – нож, 4 – пластины, 5 – ось, 6 - камера, 7 – контейнер, 8 – днище, 9 - ворошитель битерного типа, 10 - горелка, 11 – трубопровод, 12 – баллон, 13 – пьезоэлемент, 14 – вентиляторы, 15 – фильтр, 16 – короб, 17 – транспортер.

Рисунок 2 - Установка для сжигания древесно-растительных отходов

После измельчения древесно-растительных отходов, образовавшаяся масса в свободном падении поступает в шнековый транспортер и перемещается во второй модуль для дальнейшего сжигания измельченной массы. Во

втором модуле происходит сжигание и удаление углей и золы, образовавшейся в результате сжигания. При заполнении контейнера измельченной массой, её поджигают посредством грелок, соединенных трубопроводом, идущим от газового баллона, через которые поступает огонь, образующийся в результате включения пьезоэлемента. Как только установлено постоянное горение, вентиль на баллоне перекрывается и поступление газа прекращается. Для полного сжигания, измельченную массу периодически перемешивают, используя ворошитель битерного типа. Через стенки огнеупорные перфорированные стенки контейнера происходит высыпание прогоревшей измельченной массы в короб, располагающийся внутри корпуса второго модуля непосредственно под контейнером, из которого, в свою очередь, происходит удаление углей и золы, образовавшейся при сжигании. Для поддержания процесса горения используется приточный осевой вентилятор, а для очистки загрязненного воздуха, удаляемого в атмосферу используются фильтры, монтируемые на корпусе второго модуля [2, 3]. Таким образом, происходит измельчение и сжигание древесно-растительных отходов.

Список литературы

1. Мозолевска Е.Г. Как быть с листовым опадом? // Территория и планирование. 2006. № 3 (5).
2. Панова Т.В., Панов М.В. Утилизация древесно-растительных отходов // Проблемы экологизации сельского хозяйства и пути их решения: материалы национальной научно-практической конференции (9 ноября 2017 г.). Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. 107-110 с.
3. Малогабаритный универсальный измельчитель растительных материалов: пат. 118881 / Лумисте Е.Г., Панова Т.В., Панов М.В.; опубл. 10.08.2012, Бюл. № 22.
4. Контейнер с ворошителем для приготовления компоста: пат. 111966 / Лумисте Е.Г., Панова Т.В., Панов М.В.; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1.
5. Измельчитель древесно-растительных отходов: пат. 111967 / Лумисте Е.Г., Панова Т.В., Панов М.В.; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1.

Петракова Наталья Васильевна
кандидат педагогических наук, доцент
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

ПОСТРОЕНИЕ ЭМПИРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ АППРОКСИМАЦИИ ДАННЫХ В MICROSOFT EXCEL

Аннотация. В статье рассмотрено построение эмпирических моделей методом наименьших квадратов, получены уравнения различных видов с помощью аппроксимации линейной и экспоненциальной зависимостей средствами MS Excel.

Ключевые слова: эмпирическая модель, аппроксимация, метод наименьших квадратов.

CONSTRUCTION OF EMPIRICAL MODELS BASED ON APPROXIMATION OF DATA IN MICROSOFT EXCEL

N.V. Petrakova

Annotation. The article discusses the construction of empirical models by the least squares method, obtained equations of various kinds using approximation of linear and exponential dependencies using MS Excel.

Keywords: empirical model, approximation, least square method.

Эмпирическими называют модели, получаемые по результатам экспериментальных исследований опытным путем (на основе данных наблюдений).

Эмпирические модели применяются в тех ситуациях, когда нет возможности создать теоретическую модель исследуемого технического объекта из-за отсутствия информации о его физических свойствах и закономерностях протекающих в нем процессов либо когда объект настолько сложен, что математически адекватно описать сущность его внутренних процессов и свойств не представляется возможным.

Моделируемый объект представляется в виде абстрактного кибернетического черного ящика. Для измерения доступны только его входные сигналы (управляющие воздействия) и выходные сигналы (отклики или реакции). На основе обработки результатов измерений входных и выходных сигналов объекта необходимо выявить эмпирические закономерности в полученных данных и математически описать их формальной приближенной аналитической моделью [1].

В научных исследованиях и в инженерной практике часто приходится решать следующую задачу.

В результате серии измерений величин x и y получены n пар значений $x_i; y_i$ ($i = 1, 2, 3, \dots, m$), которые представлены в табличной форме. Полагают, что x – независимая переменная (входное воздействие, фактор), а y – отклик,

реакция системы. Требуется установить функциональную зависимость между x и y , т.е. определить такую приближенную аналитическую формальную модель, которая бы наиболее соответствовала данному набору экспериментальных данных $x_i; y_i (i = 1, 2, 3, \dots, m)$.

Задача аналитического приближения таблично заданных функций представляет одну из категорий задач аппроксимации. Аппроксимация является одним из важнейших разделов теории приближения функций [1].

Под аппроксимацией понимают приближение исходной функции другой функцией, более простой и легко вычисляемой.

Решение многих задач электроники, электротехники, физики, радиотехники, теории автоматического управления предполагает аппроксимацию вольтамперных характеристик нелинейных элементов, переходных, амплитудно-частотных, фазочастотных характеристик фильтров, усилителей, регуляторов, компенсирующих устройств и т. д.

Решение задачи аналитического приближения таблично заданной функции предполагает реализацию следующих этапов.

Этап 1. Выбор класса аппроксимирующей функции $f(x)$ – эмпирической модели, наилучшим образом отражающей связь между экспериментальными данными x и y . Для этого совокупность данных $x_i; y_i (i = 1, 2, 3, \dots, m)$ отображается графически.

По характеру расположения точек с координатами $x_i; y_i$ на плоскости определяют класс аппроксимирующей функции.

В некоторых задачах удается установить тип взаимосвязи $y = f(x)$ исходя из физических соображений на основе предварительного теоретического анализа моделируемого объекта.

В тех случаях, когда по расположению совокупности экспериментальных точек $x_i; y_i$ невозможно выявить характер зависимости, выбор класса приближающей функции может быть произвольным. При этом определяющим фактором является простота аппроксимирующей функции и обеспечение ею достаточной точности приближения.

Этап 2. Определение параметров аппроксимирующей функции $f(x)$.

Пусть выбранная приближающая функция $f(x)$ имеет вид:

$$y = f(x, a_0, a_1, a_2, \dots, a_n), \quad (1)$$

где $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ – неизвестные постоянные параметры ($n < m$).

Приближенную функциональную зависимость (1) называют эмпирической моделью или уравнением регрессии.

Определение аналитического выражения для описания связи зависимой величины y с независимыми величинами (факторами) x_1, x_2, \dots, x_m называют задачей регрессионного анализа [2].

Необходимо найти такие значения параметров $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$, при которых достигается наилучшее соответствие между экспериментальными данными $x_i; y_i$ и аппроксимирующей функцией (1).

Значения параметров $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ эмпирической формулы нельзя

определить точно по результатам измерений y_1, y_2, \dots, y_m , поскольку экспериментальные данные y_1, y_2, \dots, y_m , как правило, содержат случайные ошибки, обусловленные погрешностью измерений и влиянием случайных факторов (внешних и внутренних).

Поэтому ставится задача найти оценки параметров $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$, наилучшие (оптимальные) с точки зрения заданного критерия.

Метод наименьших квадратов – это способ определения параметров регрессионной модели на основе результатов опыта. Метод наименьших квадратов обеспечивает получение аппроксимирующей функции (эмпирической модели) $y = f(x, a_0, a_1, a_2, \dots, a_n)$ на основе критерия минимума суммы квадратов отклонений d_i ($i = 1, 2, 3, \dots, m$).

Рассмотрим примеры формирования эмпирических моделей.

Пример 1. В устройствах управления электродвигателями используются микроконтроллеры соответствующих типов. Для микроконтроллера необходимо наряду с другими характеристиками энергопотребления определять зависимость активного потребления тока I_a от тактовой частоты f . В результате серии измерений были получены следующие данные (табл. 1).

Требуется найти аналитическую функцию (эмпирическую модель), которая бы наилучшим образом описывала экспериментальные данные с точки зрения критерия минимума суммы квадратов отклонений этих данных от значений, предсказанных моделью.

Таблица 1

Результаты измерений

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тактовая частота f_i , МГц	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Активный потребляемый ток, I_{a_i} , мА	4,5	5,5	13	11	18	19	26	31,5	28	35,5

Полученные результаты измерений $f_i; I_{a_i}$ ($i = 1, 2, 3, \dots, m$) представим графически (рис. 1).

По характеру расположения точек $f_i; I_{a_i}$ на плоскости можно предположить, что тактовая частота f и активный потребляемый ток I_a связаны линейной зависимостью.

Поэтому в качестве аппроксимирующей функции принимаем:

$$I_a = af + b \quad (2)$$

Значения параметров a и b , согласно методу наименьших квадратов, определяем с помощью Microsoft Excel. Результаты решения представлены на рисунке 2:

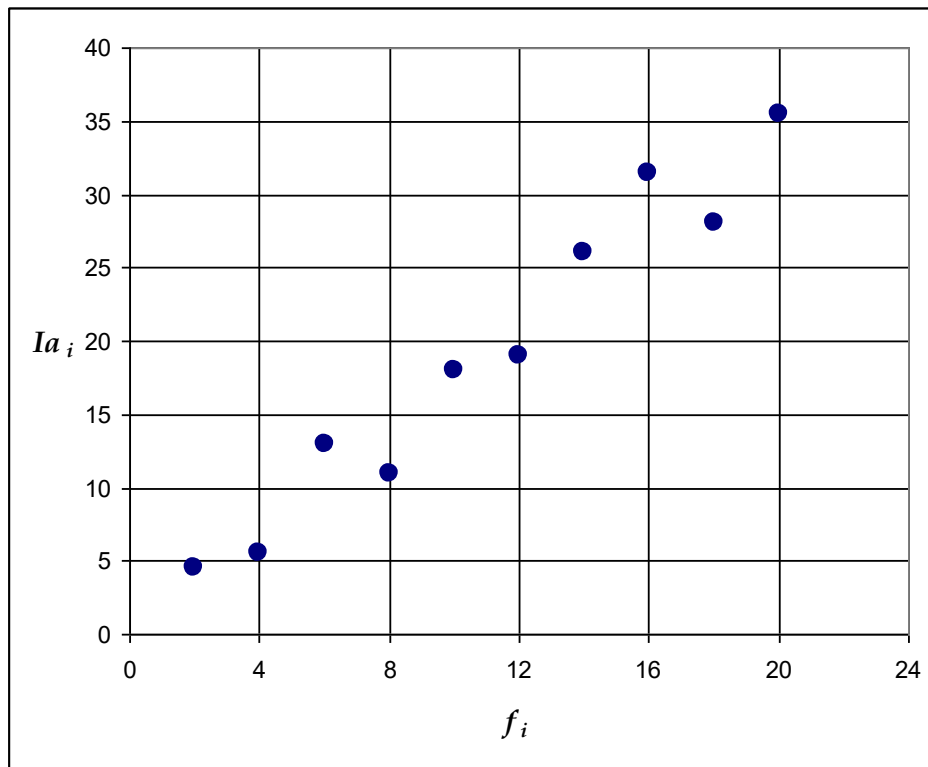


Рисунок 1. Результаты эксперимента

	A	B	C	D	E	F	G
1	ВЫВОД ИТОГОВ						
2							
3	Регрессионная статистика						
4	Множественный R	0,976080					
5	R-квадрат	0,952733					
6	Нормированный R-квадрат	0,946825					
7	Стандартная ошибка	2,492641					
8	Наблюдения	10					
9							
10	Дисперсионный анализ						
11		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>	
12	Регрессия	1	1001,8939	1001,8939	161,2510	1,39147E-06	
13	Остаток	8	49,7061	6,2133			
14	Итого	9	1051,6				
15							
16		Коэффициенты	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>
17	Y-пересечение	0,033	1,70280	0,01958	0,98486	-3,89333	3,95999
18	f_i	1,742	0,13722	12,69846	0,00000	1,42601	2,05884

Рисунок 2. Результаты регрессионного анализа

В результате решения определяем значения параметров:

$$a = 1,742; b = 0,033$$

Следовательно, эмпирическая модель имеет вид:

$$I_a = 1,742f + 0,033 \quad (3)$$

Коэффициент парной корреляции (коэффициент корреляции Пирсона) равен $R=0,976$, который указывает на то, что теснота линейной связи между тактовой частотой и активным потребляемым током очень сильная.

Коэффициент детерминации ($R^2 = 0,953$) показывает, что на 95,3% вариации активного потребляемого тока объясняется тактовой частотой.

На рисунке 3 построена линия регрессии $R(f_i)$, соответствующая найденной эмпирической модели (3).

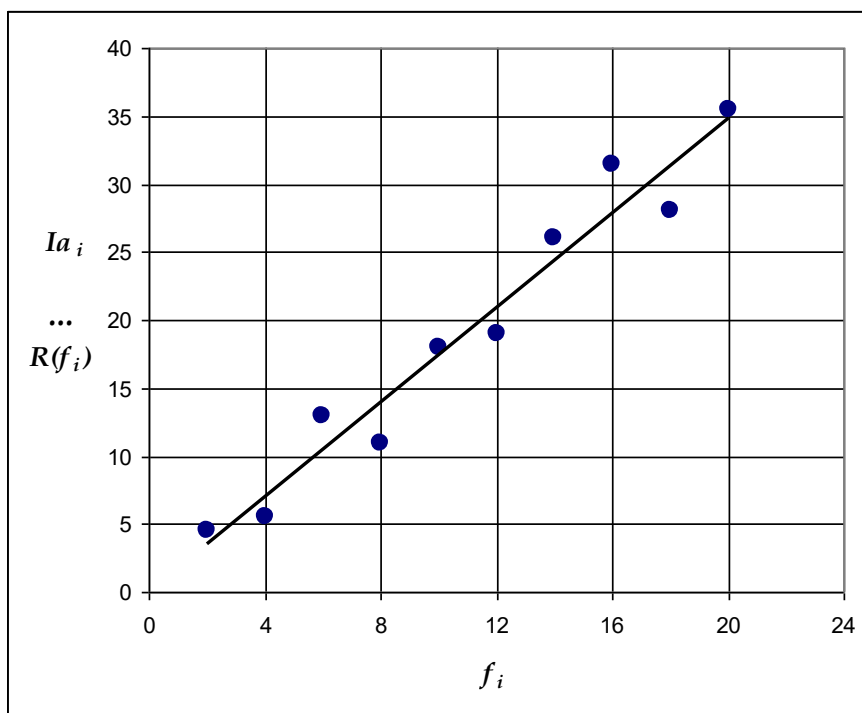


Рисунок 3. Аппроксимация результатов эксперимента

Пример 2. Для защиты изоляции электрооборудования от грозовых и коммутационных перенапряжений используется нелинейный ограничитель перенапряжения (ОПН). Фактором, значительно сокращающим срок эксплуатации ОПН, являются импульсные перенапряжения, сопровождающиеся импульсными токами. Степень отрицательного воздействия импульсного тока на ОПН определяется выделяемой при этом энергией, которая зависит от амплитуды и длительности импульса.

Экспериментальным путем были получены значения импульсного тока i_j в последовательные дискретные моменты времени t_j ($j = 1, 2, 3, \dots, m$) (табл. 2).

Требуется построить эмпирическую модель, наилучшим образом с точки зрения метода наименьших квадратов описывающую процесс изменения тока i во времени при импульсном перенапряжении, т. е. зависимость $i(t)$.

Таблица 2. Результаты эксперимента

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8
Время t_j , мс	0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04
Ток i_j , А	102	2505	3940	3391	3612	2907	3111	2614
№ опыта	9	10	11	12	13	14	15	
Время t_j , мс	0,045	0,05	0,055	0,06	0,065	0,07	0,075	
Ток i_j , А	2000	1910	1252	1441	995	910	300	

Полученные результаты эксперимента $t_j; i_j$ ($j = 1, 2, 3, \dots, m$) представим графически (рис. 4).

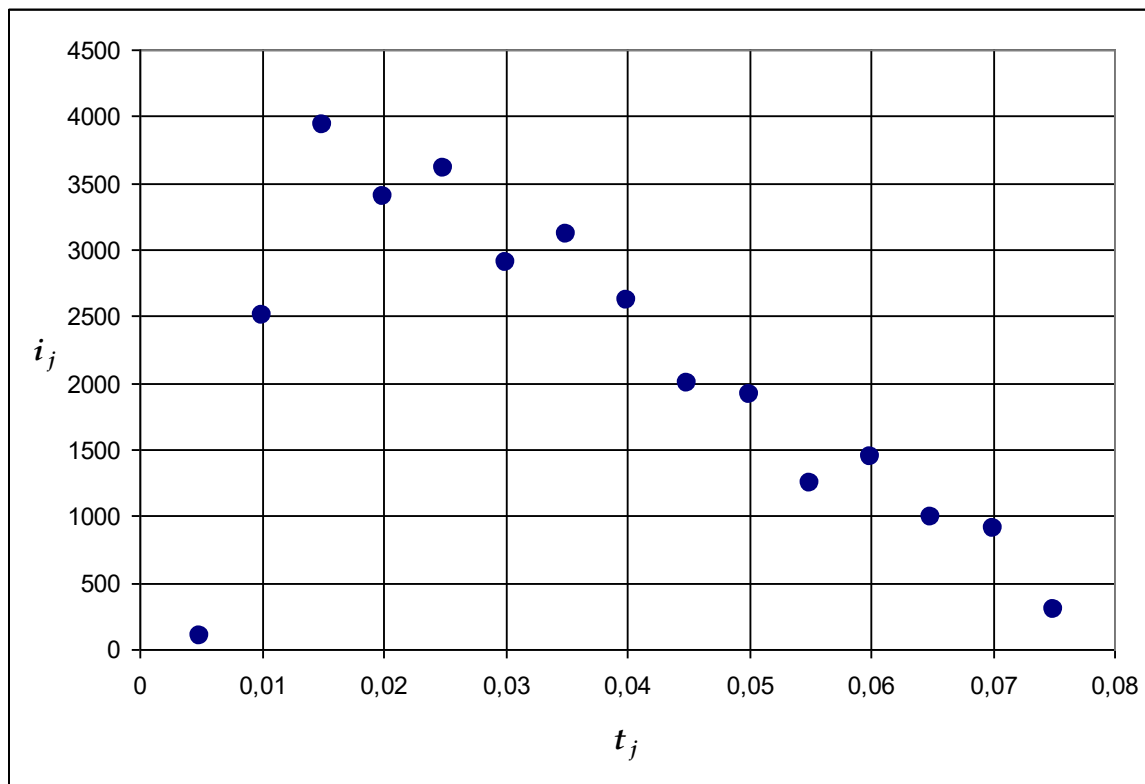


Рисунок 4. Результаты эксперимента

В качестве аппроксимирующей функции выбираем полином (многочлен).

Достоинство полиномов в том, что они являются линейными функциями относительно своих коэффициентов. Это существенно упрощает вычислительные процедуры при решении задач приближения эмпирических данных.

Принимаем в качестве эмпирической регрессионной модели полином 2-й степени

$$i = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 \quad (4)$$

Значения коэффициентов a_0, a_1, a_2 , согласно методу наименьших квадратов, определяем с помощью Microsoft Excel.

На рисунке 5 представлена линия регрессии R2 (линия 1), полученная на основе аппроксимации эмпирических данных полиномом 2-й степени (4), и линия регрессии R6 (линия 2) – результат аппроксимации эмпирических данных полиномом 6-й степени.

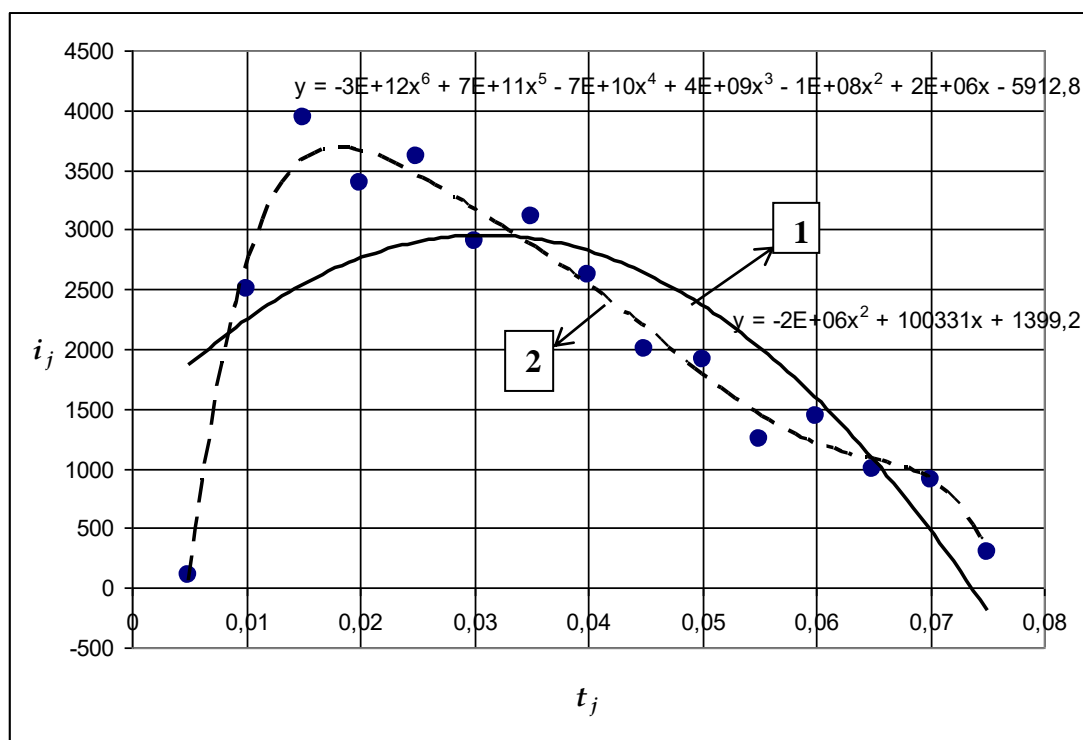


Рисунок 5. Аппроксимация эмпирических данных:
 линия 1 – на основе полинома 2-й степени;
 линия 2 – на основе полинома 6-й степени

Глубокое осмысленное, удачное представление эмпирических данных, в значительной степени определяемое опытом и интуицией исследователя, является ключом к правильному пониманию изучаемых процессов, объектов и явлений. Области применения аппроксимации эмпирических данных достаточно широки и разнообразны, что позволяет говорить об универсальности этого метода анализа [3, 4].

Литература

1. Голубева Н.В. Математическое моделирование систем и процессов: учебное пособие. СПб.: Изд-во «Лань», 2013. 192 с.
2. Гурская С.Г. О возможности применения корреляционно-регрессионного анализа для оценки рыночной стоимости транспортных средств // Образование в XXI веке: путь к новым кризисам: материалы II Международной научно-практической конференции. Брянск, 2014. С. 81-82.
3. Модернизация машины для контурной обрезки садов / Е.А. Панкова, И.А. Успенский, Р.А. Панков, Е.А. Карцев // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 5. С. 16-17.
4. Повышение эффективности уборочных операций (на примере картофеля) / В.А. Павлов, Е.А. Панкова, И.А. Успенский, И.А. Юхин // Политехнический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 98. С. 244-254.

Петракова Наталья Васильевна
кандидат педагогических наук, доцент
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИНФОРМАТИКИ С ЦЕЛЮ ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ

Аннотация. В статье проанализирована практическая ценность применения электронных ресурсов в процессе обучения студентов.

Ключевые слова: электронный образовательный ресурс, информатика, информационные и коммуникационные технологии.

THE USE OF ELECTRONIC EDUCATIONAL RESOURCES IN THE STUDY OF COMPUTER SCIENCE IN ORDER TO INDIVIDUALIZE THE LEARNING PROCESS

N.V. Petrakova

Annotation. The article analyzes the practical value of the use of electronic resources in the process of teaching students.

Keywords: electronic educational resource, computer science, information and communication technologies.

Одним из важнейших стратегических направлений модернизации российского образования является внедрение в учебный процесс средств информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), обеспечивающих условия для становления образования нового типа, отвечающего потребностям развития и саморазвития личности в новой социокультурной ситуации [2].

В федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования по направлениям подготовки бакалавров особая роль отводится личностным образовательным результатам выпускника.

К ним относятся:

- готовность к самоидентификации в окружающем мире на основе критического анализа информации, отражающей различные точки зрения на смысл и ценности жизни;
- умения создавать и поддерживать индивидуальную информационную среду, обеспечивать защиту значимой информации и личную информационную безопасность, развитие чувства личной ответственности за качество окружающей информационной среды.

Для достижения этих результатов образовательный процесс в вузе [1] ориентирован в следующих направлениях:

- изменение характера взаимодействия преподавателя и студента (в том числе на самостоятельное изучение материала с оценкой результатов, ориентация на индивидуализацию пути освоения материала);
- формирование способностей искать, оценивать, отбирать и организовывать информацию;
- ориентация на исследовательскую работу студента;
- ориентация на индивидуальную, парную и групповую работу студентов;
- использование межпредметных связей.

Применение средств ИКТ позволяет активизировать познавательную деятельность; дает возможность формировать коммуникативную и информационную компетенции у студентов, так как они становятся активными участниками образовательного процесса. Успешно учить и учиться в современной высшей школе помогают электронные образовательные ресурсы.

Электронные образовательные ресурсы (ЭОР) – это совокупность программных средств, информационных, технических, нормативных и методических материалов, полнотекстовых электронных изданий, включая аудио и видеоматериалы, иллюстративные материалы и каталоги электронных библиотек, размещенные на компьютерных носителях и/или в сети Интернет.

Функциональные возможности применения ЭОР в значительной степени определяются их дидактическими свойствами. В настоящее время ЭОР способны обеспечить:

- поддержку всех этапов учебного процесса – практические занятия, получение информации, аттестацию и контроль достижений студентов;
- увеличение возможности самостоятельной работы студентов;
- изменение ролей преподавателя (обеспечение и координация учебного процесса) и студентов (активное участие в учебном процессе); способность управлять ходом событий и ответственность за результат;
- применение принципиально новых методов и форм обучения, в том числе самостоятельного обучения.

Сегодня информатика как учебная дисциплина в вузе играет важнейшую роль в образовании, поскольку она приоритетно направлена на подготовку студентов к жизнедеятельности в новых информационных условиях, в условиях становления информационного общества [4]. К тому же развитие науки информатики и информационных технологий непрерывно увеличивает объем содержания предмета и приводит к качественному его усложнению.

Эти обстоятельства определяют необходимость постоянного поиска методов и средств обучения информатике, повышающих эффективность представления учебной информации, ее освоения и перевода в сферу практического опыта студентов, а также информативность и интенсивность учебного процесса. Решить данную задачу в определенной степени позволяет применение методов обучения на основе использования информационных технологий [3].

В настоящее время преподаватель должен не только научить студента учиться, но и воспитать личность, ориентированную на саморазвитие.

Проблема низкой мотивации у обучающихся на данный момент является действительно актуальной, так как студенты часто игнорируют домашние и контрольные задания, либо выполняют их методом копирования чужих работ, не задумываясь о низком качестве выполнения, а главное, отсутствии приобретения необходимых компетенций.

Для исследования влияния электронных ресурсов на процесс обучения, среди студентов Брянского государственного аграрного университета был проведен опрос, по результатам которого, было выяснено, что основной причиной отсутствия мотивации (90%) к самостоятельной подготовке является «лень». Под этим термином большинство студентов понимают: отсутствие информации и времени для выполнения домашних заданий; отсутствие страха, что не допустят до экзамена; мнение, что работы не проверяются и т.д.

Также, было проведено исследование по выявлению путей повышения качества обучения среди студентов БГАУ. В результате исследования и опроса студентов были выявлены критерии повышения качества обучения, которые в полной мере реализуются путем внедрения электронного обучения и электронных ресурсов. Было получено подтверждение положительного влияния электронных образовательных ресурсов на качество обучения со стороны главных их пользователей – студентов.

Таким образом, можно сделать следующий вывод – электронные образовательные ресурсы обладают большой практической ценностью: предоставляя студентам информацию разнообразными способами и в любое удобное для них время, они дают больше возможностей для самостоятельной работы, а осуществление планирования всех видов работ и установления контрольных сроков выполнения мероприятий повышает мотивацию к обучению и способствует активизации познавательной деятельности.

Список литературы

1. Бычкова Т.В., Соколова И.И. Оценка качества деятельности вузов // Педагогическое образование в государствах – участниках СНГ: современные проблемы, концепции, теории и практика: сборник научных статей / под общ. ред. И.И. Соколовой. Брянск, 2011. С. 277-286.
2. Петраков М.А. Концептуальные основы менеджмента качества образовательных процессов // Стратегия социально-ориентированного управления в рыночной экономике: труды Международной научно-практической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2009. С.31-33.
3. Погоньшев В.А., Панкова Е.А. Инновационные технологии обучения физики // Физика в системе высшего и среднего образования России: материалы Международной школы-семинара. Брянск, 2015. С. 222-223.
4. Сакович Н.Е. Компетентностный подход в обучении информатики в вузе // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: Международная научно-техническая конференции. Брянск. Изд-во Брянская ГСХА, 2012. С. 144-145.

Пенюков Николай Викторович
магистрант кафедры природообустройства и водопользования
Зверева Людмила Алексеевна,
канд. экономических наук,
доцент кафедры природообустройства и водопользования
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы оптимизации полива овощных культур: лука и картофеля дождевальной машиной «Valley». Система орошения должна обеспечивать нужный уровень влажности, в котором находятся растения. Правильная настройка системы полива позволяет повышать урожайность и грамотно тратить ресурсы.

Ключевые слова: режим орошения, дождевальные машины, интенсивность полива, оптимизация полива.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE TECHNOLOGICAL METHOD OF LAND MANAGEMENT

N.V. Penyukov, L.A. Zvereva

Abstract. The article deals with the optimization of irrigation of vegetable crops: onions and potatoes with a Valley sprinkler. The irrigation system must provide the desired level of moisture in which the plants are located. Proper adjustment of the irrigation system allows you to increase yields and properly spend resources.

Key words: irrigation regime, sprinkling machines, irrigation intensity, irrigation optimization.

Одной из основных задач управления земельными ресурсами является улучшение использования и охраны земельных ресурсов. Эффективность использования земельных ресурсов в большой степени зависит от применяемых способов повышения плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур.

Чтобы добиться максимальной продуктивности растений необходимо гармоничное сочетание таких факторов как: тепло, свет, влага, режим минерального питания, вид и сорт растений, микробиологические процессы трансформации питательных веществ в почве и др. Многие из этих факторов в настоящее время легко контролируются. Недостатки влаги можно регулировать с помощью орошения.

Из всех известных в настоящее время способов орошения наибольшее распространение в нашей стране и за рубежом получило дождевание. Из всех орошаемых земель более 70% орошается дождеванием. Этот вид орошения наиболее близок к оптимальному попаданию влаги к растению, т.е. природному выпадению осадков. Дождевание применяется для вегетационных,

освежительных, подкормочных и утеплительных поливов, поливов в борьбе с сорняками и др.

Одной из основных составляющих дождевальной оросительной системы является дождевальная техника. В настоящее время в индустриальном сельском хозяйстве многих стран мира используют дождевальную машину «Valley» (США), которая является лидером в области точного орошения. [1]

Фирма «Valley» выпускает дождевальные машины двух типов: круговые и фронтальные.

В круговых дождевальных машинах «Valley» один конец машины зафиксирован, в то время как конструкция из ферм на опорах передвигается по часовой стрелке при помощи моторного привода и колес. В месте зафиксированной опорной башни в качестве источника воды может быть использована река или водяная скважина. Вода передвигается по главной магистрали к дождевателям.

Круговые дождевальные машины «Valley» выпускаются в дух модификациях: буксируемая и небуксируемая (стационарная). Число опорных тележек: небуксируемая – до 24шт., буксируемая – до 9шт. Длина машины: небуксируемая – до 857м, буксируемая – до 457м. Расход воды: 6 – 220л/с (условное ограничение); давление на гидранте: 0,13 – 1,0 Мпа; средняя интенсивность дождя: 60-100 мм/час; или 1-1,67 мм/мин; площадь полива при включенном концевом аппарате: от 2-х до 245 га; минимальная поливная норма от 10 м³/га, средняя минимальная – около 70 м³/га.

Во фронтальных машинах «Valley» вода подается из канала по трубам к оросительным форсункам. Благодаря большому количеству воды, поступающему из канала, можно использовать более протяженную машину для полива и осуществлять полив большей территории за один раз.

Фронтальные машины «Valley» выпускаются двух модификаций: с питанием по шлангу и с питанием из открытого канала.

Расход воды: от 6 до 285л/с; высота расположения водопроводящего трубопровода над землей по оси: стандартная – труба на высоте 4м над землей, низкая – 3м, высокая – 5м, сверхвысокая – 6м; давление на гидранте: 0,13 – 1,0 МПА; ширина полосы полива составляет до 973 м; средняя интенсивность дождя: 60-100мм/час или 1-1,67мм/мин; средний диаметр капель дождя: мелкие, крупные и средние; допустимый уклон поля для каждого типа установок индивидуален, но в среднем в пределах 5%. Коэффициент земельного использования –98%. Коэффициент эффективности полива: 70...95% в зависимости от типа дождевальных аппаратов. [1]

Таким образом, главное преимущество машин«Valley» - это высокое качество орошения, низкие потери воды при орошении и максимальная автоматизация, т.е. минимальная зависимость от «человеческого» фактора. Один человек может легко управлять большим количеством таких машин, не выходя из своего офиса. Конструкция дождевальных машин полностью оцинкована, мощная и очень стабильная. [4]

Основными выращиваемыми культурами в Погарском районе являются картофель и лук. Урожайность и качество этих культур во многом зависит от климата и почвы.

Климат Погарского района Брянской области умеренно-континентальный с теплым летом и умеренно холодной зимой. Среднегодовая температура составляет +6°C. Самым теплым месяцем является июль (+20°C), а самым холодным декабрь (-15°C). Продолжительность вегетационного периода составляет 180 – 190 дней. Среднее количество осадков в год – 589мм, из которых на вегетационный период приходится 217мм, что надо считать достаточным для выращивания лука и картофеля. Гидротермический коэффициент, характеризующий увлажнение почвы, в апреле – 0,56, в мае – 0,89, с июня по сентябрь – 1,29.

Почвенный покров у села Борщево представлен: лессовидными суглинками, карбонатными отложениями, покровными суглинками. Источником орошения для севооборота является вода ручья Варенец.

Для оптимизации полива важно правильно определить нижний порог увлажнения почвы в период вегетации растений. На посевах картофеля влажность почвы следует поддерживать в расчетном слое 0 – 60см (в этом слое у картофеля сосредоточена основная масса корневой системы) на уровне 80 – 90%; на посевах лука в расчетном слое 0 – 50см – на уровне не менее 70%. [2]

Рекомендуется определять начальные запасы влаги в активном слое почвы, а затем в динамике перед поливом и через каждые сутки после него, а также после выпадения осадков более 5мм. Эти мероприятия дают возможность определить, какой объем воды способна принять почва без ущерба, т.е. интенсивность дождя. [3]

Применение короткоструйных разбрызгивателей центробежного и ударного дробления воды позволяет получить равномерное распределение дождя. Равномерное распределение воды при дождевании позволяет снизить расход ресурсов, исключить повреждения молодых растений и эрозию почвы при образовании луж и поверхностного стока. Особенно важно равномерное распределение воды при подкормочных поливах.

Для оптимизации полива производится планирование рельефа поля. Оно улучшает механизацию работ на поле и позволяет ровно распределить объем влаги по поверхности поля.

Вывод. Современные поливочные системы постоянно совершенствуются, позволяя обеспечить эффективное орошение и оптимально использовать электричество и рабочую силу. Правильная настройка системы полива позволяет повышать урожайность овощных культур при низкой их себестоимости и следовательно увеличивать валовую прибыль хозяйства. [4]

Список литературы

1. Рекомендации по научно обоснованным технологиям орошения сельскохозяйственных культур кукурузы на зерно, картофеля, лука и моркови со-

временными стационарными широкозахватными круговыми и фронтальными дождевальными машинами Reinke и Valley в условиях центральной орошаемой зоны / Н.А. Иванова, Н.В. Михеев, С.Ф. Шемет, И.В. Гурина. Новочеркасск: Изд-во Новочеркас. гос. мелиор. акад., 2013. 30 с.

2. Методические рекомендации по проектированию и эксплуатации оросительных систем с широкозахватными дождевальными машинами. Коломна, 2015. 88 с.

3. Голованов А.И. Мелиорация земель: учебник / под ред. А.И. Голованова. М.: КолосС, 2011. 817 с.

4. Повышение эффективности оросительных систем Брянской области с использованием современных технических средств орошения: отчет о НИР / Е.В. Байдакова, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Л.А. Зверева, Н.А. Верезубова, А.И. Дунаев, Н.В. Каничева, В.Н. Кровопускова, О.Н. Демина. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017.

5. Соколов Н.А., Ториков В.Е., Михайлов О.М. Методология исследования аграрных проблем региона // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 2. С. 38-43.

Ракул Елена Анатольевна

*кандидат техн. наук, доцент кафедры математики, физики и информатики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск*

ПРИМЕНЕНИЕ ОБОБЩЕННОЙ ФУНКЦИИ ЖЕЛАТЕЛЬНОСТИ ХАРРИНГТОНА ПРИ РЕШЕНИИ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Аннотация. В статье рассмотрено применение системы интегральных оценок при решении многопараметрических задач электроэнергетики на основе применения обобщенной функции желательности Харрингтона.

Ключевые слова: функция желательности, шкала желательности, обобщенный показатель желательности.

APPLICATION OF THE GENERALIZED FUNCTION OF THE CHARRINGTON'S DESIRE IN THE SOLUTION OF THE MUL- TI-PARAMETRIC TASKS OF THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

E.A. Rakul

Annotation. The article discusses the use of the system of integral assessments in solving multiparameter problems of the power industry based on the application of the generalized Harrington desirability function.

Key words: desirability function, desirability scale, generalized indicator of desirability.

Введение. Для решения оптимизационных многопараметрических задач электроэнергетики часто необходимо осуществлять сравнение нескольких показателей, характеризующих электроэнергетическую систему, имеющих разные единицы измерения, что затрудняет выбор наилучшего сочетания параметров из нескольких возможных [1]. Для решения этой проблемы может быть использована обобщенная функция желательности Е.К. Харрингтона.

В основе построения обобщенной функции лежит идея преобразования полученных значений показателей в безразмерную шкалу желательности. Назначение шкалы желательности - установление соответствия между полученными значениями показателей свойств, режимов и оценками экспериментатора желательности того или иного показателя электроэнергетической системы.

Материал и методика исследований. Математический аппарат пересчета конкретных параметров, характеризующих электроэнергетическую систему, в абстрактные числовые значения достаточно прост. За основу берется обобщенная функция желательности Харрингтона

$$d = e^{-e^{-y'}} , \quad (1)$$

где y' - кодированное значение частного параметра (x).

Функция желательности удовлетворяет ряду требований, предъявляемым к параметрам оптимизации, в частности, является количественным, единственным (выражается одним числом), однозначным (заданному набору значений частных параметров соответствует одно значение обобщенной функции); универсальным (всесторонне характеризует объект), соответствует требованию полноты (является достаточно общим, неспецифичным, характеризует объект как единое целое).

В основе построения обобщенной функции желательности лежит идея преобразования натуральных значений частных откликов в безразмерную шкалу желательности или предпочтительности. Чтобы получить шкалу желательности, удобно пользоваться готовыми разработанными таблицами соответствий между отношениями предпочтения в эмпирической и числовой системах. Значение частного отклика, переведенное в безразмерную шкалу желательности, обозначается d_i ($i=1,2,\dots,n$) и носит название частной желательности. Шкала желательности имеет интервал от нуля до единицы. Значение $d_i = 0$ соответствует абсолютно неприемлемому уровню данного свойства, а значение $d_i = 1$ – самому лучшему значению свойства. Значение $d_i = 0,37$ обычно соответствует границе допустимых значений [2]. В таблице 1 приведены стандартные оценки по шкале желательности.

Таблица 1

Стандартные оценки по шкале желательности

Желательность	Оценка по шкале желательности
<i>Очень хорошо</i>	$0,80 \leq d < 1,00$
<i>Хорошо</i>	$0,63 \leq d < 0,80$
<i>Удовлетворительно</i>	$0,37 \leq d < 0,63$
<i>Плохо</i>	$0,20 \leq d < 0,37$
<i>Очень плохо</i>	$0,00 \leq d < 0,20$

В зависимости от «качества» показателя можно устанавливать одно-сторонние или двусторонние ограничения. Если улучшение общей характеристики происходит только при однонаправленном изменении показателя (уменьшении или увеличении) – ограничение носит односторонний характер (рис. 1). Если изменение параметра вероятно в обе стороны от оптимальных значений, то ограничение должно носить двусторонний характер.

Обобщенный показатель желательности (D_i) рассчитывается по формулам:

- без учета весовых коэффициентов:

$$D_i = \sqrt[n]{d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_n} ; \quad (2)$$

- с учетом весовых коэффициентов:

$$D_i = \sqrt[n]{d_1^{m_1} \cdot d_2^{m_2} \cdot \dots \cdot d_n^{m_n}}, \quad (3)$$

где d_i - частная функция желательности; m_i - весовой коэффициент [3].

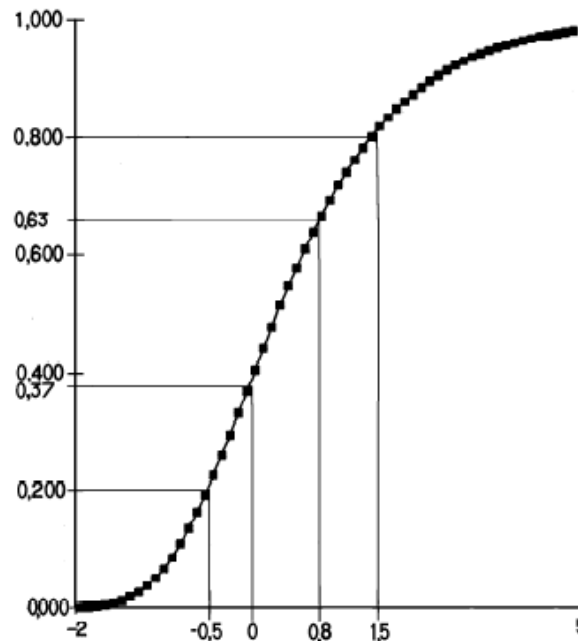


Рисунок 1. График обобщенной функции желательности Харрингтона

Перевести значения размерных (натуральных) показателей (x) в безразмерные (y) при линейной зависимости между ними можно по формуле:

$$y = a_0 + a_1x \quad (4)$$

и при нелинейной (в частности квадратичной) связи:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2. \quad (5)$$

Результаты эксперимента и их обсуждение. Частные коэффициенты, пересчитанные в обобщенные коэффициенты систем, позволяют с почти «математической» точностью судить об их преимуществах и недостатках. Можно также оценивать перспективы модернизации и дальнейшего развития тех или иных электроэнергетических систем. Например, если коэффициент желательности системы находится в нижнем криволинейном участке функции Харрингтона (рис.1), то модернизация ее в принципе возможна. Хотя для достижения удовлетворительных результатов потребуется доработка практи-

чески всех параметров до приемлемого уровня (что связано с большими затратами сил и времени, которые необходимо правильно оценивать).

Если коэффициент электроэнергетической системы располагается на линейном участке от $D=0,2$ до $D=0,8$, то даже относительно небольшая модернизация (улучшение одного-двух параметров) может существенно увеличить ее «желательность», а возможности дальнейшего развития (и, как следствие этого, длительной эксплуатации) очень велики.

Когда система имеет обобщенный коэффициент желательности $0,8...0,9$, помимо того, что она очень хороша (на данный момент), можно сказать, что система близка к пределу своего развития, и необходимо искать качественно новые пути ее перспективного развития. Таким образом, анализируя частные коэффициенты желательности конкретных параметров, можно оценить возможности и пути модернизации данной системы.

Выводы. Таким образом, анализируя частные коэффициенты желательности конкретных параметров, можно оценить возможности и пути модернизации данной электроэнергетической системы. Общий же показатель желательности позволяет сделать вывод об оптимальных значениях параметров всей электроэнергетической системы в целом.

Литература

1. Петракова Н.В., Тенютин М.Ю. Моделирование работы сети электропитания // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и прородопользования в АПК: сборник материалов международной научно-практической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. С.129-134.
2. Пичкалев А.В. Применение кривой желательности Харрингтона для сравнительного анализа автоматизированных систем контроля // Вестник КГТУ. 1997. С. 128–132.
3. Ткаченко Ю.С. Обоснование применения метода функции желательности Харрингтона в решении задач оценки эффективности технических систем // Инновационные технологии и оборудование машиностроительного комплекса: межвузовский сборник научных трудов. Воронеж: Изд-во Воронежский ГТУ, 2013. С.106-109.

Ракул Елена Анатольевна
кандидат техн. наук, доцент кафедры математики, физики и информатики
Матюшкин Алексей Николаевич
магистрант
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрено применение методов математического программирования для поиска оптимальной схемы электроснабжения предприятия с учетом транзита мощности.

Ключевые слова: оптимизационные задачи, транспортная задача, транзит мощности, целевая функция.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF ELECTRICAL NETWORKS BY OPTIMIZING THE POWER SUPPLY

E.A. Rakul, A.N. Matyushkin

Annotation. The article considers the application of mathematical programming methods to find the optimal scheme of power supply of the enterprise taking into account the power transit.

Keywords: optimizing tasks, transport problem, transit of power, target function.

Введение. При проектировании и эксплуатации систем электроснабжения часто возникает задача о поиске наилучшего решения из некоторого множества допустимых решений. Такие задачи получили название оптимизационных. В качестве критерия оптимальности выступает показатель, по величине которого оценивают, будет ли решение оптимальным. В качестве такого критерия оптимальности наиболее часто рассматривается экономический критерий, выражающий, как правило, минимум каких-либо затрат (финансовых, сырьевых и др.). В электроэнергетике в зависимости от требований поставленной задачи могут приниматься и другие критерии оптимальности, в частности, критерий надежности электроснабжения; критерий качества электроэнергии и т.д. Поиск решений таких оптимизационных задач – область исследований математического программирования [1].

Материал и методика исследований. Во многих областях практики возникают своеобразные задачи оптимизации решений, для которых характерны следующие черты: показатель эффективности W представляет собой линейную (целевую) функцию от элементов решения x_1, x_2, \dots ; ограничительные условия, налагаемые на возможные решения, имеют вид линейных неравенств или равенств. Такие задачи принято называть задачами

линейного программирования. Наибольший интерес представляют так называемые транспортные задачи.

Общая постановка транспортной задачи состоит в определении оптимального плана перевозок некоторого груза из m пунктов отправления A_1, A_2, \dots, A_m в n пунктов назначения B_1, B_2, \dots, B_n . При этом в качестве критерия оптимальности обычно берется либо минимальная стоимость перевозок всего груза, либо минимальное время его доставки. Если рассматривать пункты отправления A_1, A_2, \dots, A_m как источники электрической мощности, а пункты назначения B_1, B_2, \dots, B_n как потребителей этой мощности, то аппарат транспортной задачи с успехом можно применить к решению задач электроснабжения.

В транспортной задаче в классической постановке мощности от соответствующих поставщиков передаются непосредственно потребителям. В схемах электрических сетей, существующих в действительности, часто передача мощности осуществляется через промежуточные точки, или транзитные узлы. В качестве таких транзитных узлов могут выступать как узлы источников питания, так и узлы потребителей. Понятие «транзит мощности» можно пояснить простыми схемами электрических сетей, изображенных на рисунке 1.

Транзитная мощность обозначается переменной с двумя одинаковыми индексами x_{ij} , соответствующими номеру узла i , через который она протекает. Кроме того, транзитным узлом может быть и узел источника питания.

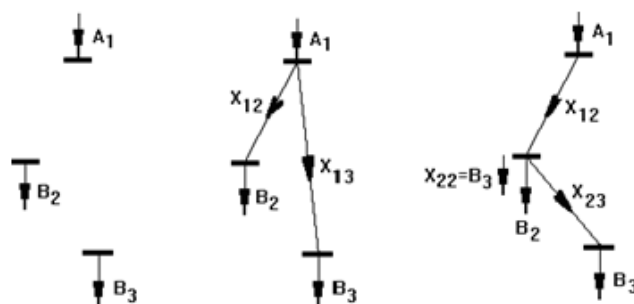


Рисунок 1. Примеры схем транзита мощности

Результаты эксперимента и их обсуждение. Рассмотрим практическую транспортную задачу, в которой необходимо найти оптимальную схему электрической сети промышленного предприятия. Главная понизительная подстанция предприятия расположена в точке 1 схемы, а цеха предприятия находятся в точках 2, 3 и 4 (рис. 2). Известны мощности S_i всех точек схемы и удельные затраты z_{ij} на передачу единицы мощности по линии между точками i и j .

Данная задача представляет собой транспортную задачу с транзитом мощностей [2]. Целевая функция в этой задаче имеет вид

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m z_{ij} S_{ij} \rightarrow \min, \quad i \neq j, \quad (1)$$

где S_{ij} - мощность, протекающая между точками i и j , МВА; $m = 1, \dots, 4$.

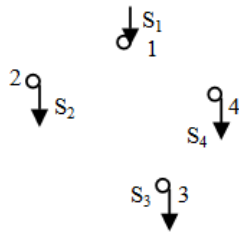


Рисунок 2. Схема электрической сети предприятия

Составим систему ограничений задачи по балансам мощности в точках электрической сети:

- для i -го потребителя

$$\sum_{j=1}^4 S_{ji} - S_{ii} = S_i. \quad (2)$$

- для i -го источника

$$\sum_{j=1}^4 S_{ij} - S_{ii} = S_i. \quad (3)$$

Транзитные мощности S_{ii} , протекающие через точки i схемы, входят в систему ограничений (2), (3) со знаком минус.

Запишем все данные транспортной задачи в таблицу 1. Размерность этой таблицы будет 4×4 . В каждой ячейке таблицы записываем удельные стоимости передачи мощности с учетом того, что $z_{ij} = z_{ji}$. В диагональных ячейках таблицы записываем нули, поскольку эти ячейки соответствуют транзитным мощностям в точках, а удельные затраты на передачу транзитной мощности $z_{ii} = 0$.

Одним из опорных планов задачи будет план, распределение мощностей и удельные затраты которого записаны в таблице 2.

Для оптимизации опорного плана применим метод потенциалов [3]. Для этого присвоим каждому столбцу транспортной матрицы потенциал v_i ($i = 1, 2, 3, 4$), а каждой строке – потенциал u_j ($j = 1, 2, 3, 4$). Эти потенциалы таковы, что для каждой переменной отличной от нуля, выполняется условие

$$z_{ij} = v_i + u_j. \quad (4)$$

Итак, получаем семь базисных переменных:

$$S_{12}, S_{13}, S_{14}, S_{11}, S_{22}, S_{33}, S_{44}.$$

Неизвестных потенциалов в задаче будет восемь. Для решения системы (4) необходимо задать значение какого-либо потенциала, например, $u_1 = 0$. Тогда все остальные потенциалы выражаются из системы уравнений (4):

$$v_1 = 0, v_2 = z_{12}, v_3 = z_{13}, v_4 = z_{14},$$

$$u_1 = 0, u_2 = -z_{12}, u_3 = -z_{13}, u_4 = -z_{14}.$$

Для всех переменных равных нулю, необходимо проверить условие

$$z_{ij} \geq v_i + u_j. \quad (5)$$

Если условие (5) выполняется, то опорный план будет оптимальным. Значение целевой функции при этом вычисляется по формуле (1). Решение описанной транспортной задачи с транзитом мощности может быть проведено с использованием табличного процессора Microsoft Excel [4].

Таблица 1. Исходные данные транспортной задачи с транзитом мощности

Источники	Потребители				Мощности источников
	1	2	3	4	
1	0 S_{11}	z_{12} S_{12}	z_{13} S_{13}	z_{14} S_{14}	S_1
2	z_{21} S_{21}	0 S_{22}	z_{23} S_{23}	z_{24} S_{24}	S_2
3	z_{31} S_{31}	z_{32} S_{32}	0 S_{33}	z_{34} S_{34}	S_3
4	z_{41} S_{41}	z_{42} S_{42}	z_{43} S_{43}	0 S_{44}	S_4
Мощности потребителей	S_1	S_2	S_3	S_4	

Таблица 2. Опорный план транспортной задачи с транзитом мощности

Источники	Потребители				Мощности источников
	1	2	3	4	
1	0 0	z_{12} $S_{12} = S_2$	z_{13} $S_{13} = S_3$	z_{14} $S_{14} = S_4$	$S_1 = S_2 + S_3 + S_4$
2	z_{21} 0	0 0	z_{23} 0	z_{24} 0	$S_2 = 0$
3	z_{31} 0	z_{32} 0	0 0	z_{34} 0	$S_3 = 0$
4	z_{41} 0	z_{42} 0	z_{43} 0	0 0	$S_4 = 0$
Мощности потребителей	$S_1 = 0$	S_2	S_3	S_4	

Выводы. Надёжность электроснабжения любого промышленного предприятия определяется, прежде всего, бесперебойной подачей электроэнергии от источников питания к потребителю. Немаловажную роль в этом процессе играет схема электрических сетей. Применение методов математического программирования, в частности, методики определения оптимальной схемы электроснабжения предприятия путем построения и решения транспортной задачи, позволяет повысить экономическую эффективность функционирования электрических сетей предприятия.

Литература

1. Даценко В.А., Гетманов В.Т. Математическое моделирование в системах электроснабжения: учебное пособие. Томск: Томский политехнический университет, 2005. 120 с.
2. Костин В.Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики: учебное пособие. СПб.: СЗТУ, 2003. 120 с.
3. Петракова Н.В., Тенютин М.Ю. Моделирование работы сети электроснабжения // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов международной научно-практической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. С.129-134
4. Петракова Н.В., Везубова Н.А. Анализ данных в среде Microsoft Excel: учебное пособие. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2007. 84 с.

Рыжик Валентина Николаевна

канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры математики, физики и информатики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ЭКСПЕРТНОМ АНАЛИЗЕ

Аннотация: в статье рассказывается о некоторых особенностях применения экспертного анализа, связанных с оценкой согласованности мнений экспертов.

Ключевые слова: экспертные оценки, оценка согласованности, коэффициент конкордации.

TO THE APPLICATION OF MATHEMATICAL METHODS IN THE EXPERT ANALYSIS

V.N. Ryzhik

Annotation: the article describes some features of the expert analysis application related to the assessment of expert opinion consistency.

Keywords: expert evaluations, consistency evaluation, the coefficient of concordance.

В настоящее время процедуры оценки качества формируются с учетом экспертных оценок. Свое применение эксперты получили в различных отраслях, объединениях и на предприятиях. Они действуют в виде постоянных или временных экспертных комиссий, и принимают решения в оценке по различным сложным неформализуемым проблемам. К сожалению, при этом зачастую забывают о необходимой составляющей этого метода, такой, как оценка согласованности мнений экспертов.

Сущность метода экспертных оценок заключается в проведении экспертами интуитивно-логического анализа проблемы с количественной оценкой суждений и формальной обработкой результатов. Получаемое в результате обработки обобщенное мнение экспертов принимается как истинное. Зачастую комплексное использование интуиции, логического мышления и оценок с их формальной обработкой является наиболее приемлемым методом для получения эффективного решения.

При использовании экспертных методов мнения экспертов часто совпадают не полностью. Поэтому необходимо количественно оценивать меру согласованности мнений экспертов и определение причин несовпадения суждений. Мера согласованности, естественно, определяется на основе статистических данных всей группы экспертов [1, 2].

Рассмотрим классическую задачу оценки согласованности мнений экспертов. Мнения членов группы согласованы, что наблюдается в условиях высокой информированности. Для обработки результатов экспертизы используются методы математической статистики, основанные на осредненных данных, основными задачами при этом являются:

- определение обобщенной оценки объекта на основе индивидуальных оценок экспертов (для числовых данных - оценки средних и рассеяния);
- построение обобщенных оценок объектов на основе результатов парного сравнения объектов от каждого эксперта (для содержательных данных);
- установление относительных весов объектов (путем дополнительной экспертизы или обработки оценок проведенных экспериментов);
- определение согласованности мнений экспертов (коэффициент конкордации).

В условиях низкой и разной информированности мнения экспертов не согласованы, поэтому для обработки результатов экспертизы в данном случае невозможно использовать принцип осреднения, поэтому используются методы качественного анализа [3].

Для оценки согласованности мнений экспертов используется, как правило, коэффициент конкордации (от лат. *concordia* – согласие). Коэффициент конкордации принимает значения от 0 до 1. При 0 - нет согласованности между мнениями экспертов, при 1 - согласованность полная. В случаях, когда мнения экспертов различаются незначительно, то указанные выше коэффициенты примерно дают одинаковую меру согласованности. Однако если имеются существенные различия мнений экспертов, то величины коэффициентов будут существенно отличаться. Таким образом, совместный анализ коэффициентов позволяет объективно определить меру согласованности мнений экспертов [4].

Обычно, для вычисления коэффициента конкордации используется формула М. Кандэлла (1975):

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)} \quad (1)$$

где S - сумма квадратов отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от среднего значения;

n - число экспертов;

m - число объектов экспертизы.

Максимальное значение согласованности ($W=1$) имеет место при полном совпадении мнений экспертов. Минимальное значение ($W=0$) достигается, если эксперты дают несовпадающие мнения. Если коэффициент конкордации $W \geq 0,6$, то обычно согласованность считается достаточной для дальнейшего подсчета комплексного показателя. В противном случае следует организовать повторную экспертизу или исключить мнения экспертов с сомнительными оценками.

Для примера обратимся к конкретным методам расчетов с помощью коэффициентов конкордации на основе коэффициентов ранговой корреляции Кендалла или Спирмена. Необходимо напомнить, что согласно

эконометрической теории положительный результат проверки согласованности таким способом означает ни больше, ни меньше, как отклонение гипотезы о независимости и равномерной распределенности мнений экспертов на множестве всех ранжировок. Таким образом, проверяется нулевая гипотеза, согласно которой описания мнения экспертов являются независимыми случайными бинарными отношениями, равномерно распределенными на множестве всех ранжировок. Отклонение этой нулевой гипотезы по традиции толкуется как согласованность ответов экспертов. Другими словами, мы падаем жертвой заблуждений, вытекающих из своеобразного толкования слов: проверка согласованности в указанном математико-статистическом смысле вовсе не является проверкой согласованности в смысле практики экспертных оценок.

Так, следует обратить внимание на то, что обычно невозможно обосновать нормальность распределения ответов экспертов. Экспертные оценки при отсутствии нормального распределения исходных факторов целесообразно осуществлять с применением коэффициента согласованности, полученного в работах В.И. Васильева и В.В. Красильникова [5]:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j} \quad (2)$$

где S - сумма квадратов отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от среднего значения;

n - число экспертов;

m - число объектов экспертизы;

$T_j = \sum_{k=1}^{H_j} (h_k^3 - h_k)$, - показатель связанных рангов в j -й ранжировке;

H_j - число групп равных рангов в j -й ранжировке;

h_l - число равных рангов в l -й группе связанных рангов в ранжировке j -о эксперта.

Для определения правомерности согласованности экспертных оценок модельный процесс представим следующим образом. Двум независимым экспертам необходимо определить качество трёх одноимённых объектов по трём категориям значимости ($m=3$):

1 – худшая степень значимости из данных трёх объектов;

2 – средняя степень значимости;

3 – лучшая степень значимости.

Результаты оценок экспертов по формуле поместим в таблицу.

Таблица 1. Пример расчета согласованности мнений экспертов

	Объект 1	Объект 2	Объект 3	Σ строк
Эксперт 1	3	1	2	
Эксперт 2	1	3	2	
Σ	4	4	4	$S1=12$
$(\Sigma)^2$	16	16	16	$S2=48$

Отклонение суммы квадратов рангов от средней квадратов этих величин равно нулю:

$$S = S2 - \frac{S1^2}{n} = 48 - \frac{12^2}{3} = 48 - 48 = 0.$$

Если для определения согласованности мнений этих экспертов использовать формулу коэффициента конкордации Кендэлла

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)} = \frac{12 \cdot 0}{2^2(3^3 - 3)} = 0,$$

то мы получим нулевую согласованность мнений экспертов по всем трём объектам: $W = 0$.

Из таблицы видно, что по двум объектам 1 и 2 эксперты действительно имеют абсолютную несогласованность - противоположные качественные оценки (3,1) и (1,3). Но по объекту 3 мнения экспертов совпадают (2 и 2). С точки зрения логики по совокупности всех трёх объектов абсолютная согласованность мнений экспертов должна быть равна одной третьей. Следовательно, для установления тесноты связи между произвольным числом ранжированных образовательных факторов множественный коэффициент конкордации Кендэлла к согласованности никакого отношения не имеет.

Определим теперь степень согласованности по формуле (2). Находим:

$$W(x1, x2) = 1 - \frac{\sum_{j=1}^n |x_{1j} - x_{2j}|}{n(k-1)} = 1 - \frac{4}{3 \cdot (3-1)} = 1 - \frac{2}{3} = \frac{1}{3}.$$

Если два эксперта дали оценку для n факторов по семантической шкале с a значениями, то расхождение их мнений можно рассматривать как сумму попарных разностей расхождений для каждого индикатора. Максимальное расхождение взглядов специалистов будет иметь место, если по всем признакам один эксперт указал значение 1, а второй - a . Тогда расстояние между оценками экспертов будет максимальным и равно $a-1$. Общее количество таких расстояний равно числу переменных, а общее расхождение мнений получится равным $n(a-1)$. В этом случае числитель (2) становится равным знаменателю, значение дроби будет равно 1, а $W_{x1, x2} = 0$. Этот результат математически согласуется с реальной оценкой [6].

Формула (1) дает неверный результат по анализу согласованности мнений экспертов, поскольку для установления степени конкордации требуется

выполнение двух условий, про необходимость выполнения которых обычно забывают :

А: суммы рангов всех переменных должны быть одинаковыми со средним значением $\bar{x}_1 = \bar{x}_2 = \dots = \bar{x}_m = 0.5(m+1)$;

Б: дисперсии значений индикаторов должны быть равными

$$\delta_{x_1}^2 = \delta_{x_2}^2 = \dots = \delta_{x_m}^2 = (n^2 - 1)/12.$$

Также причиной несовершенства формул Кендэлла и Спирмана является и то, что методика перевода количественных значений признаков в их ранговые аналоги с использованием «порядковой статистики» по сути своей нелогична и не имеет под собой никакой основы. Поэтому при оценке согласованности мнений экспертов целесообразнее пользоваться формулой (2).

Список литературы

1. Бычкова Т.В. Комплексная оценка предпочтений потребителей образовательных услуг в диагностике качества деятельности вуза: автореф. дис. ... канд. пед. наук / Институт педагогического образования и образования взрослых Российской академии образования. СПб., 2015. 23 с.
2. Петракова Н.В. Основы математического моделирования. Модели. Методы. Примеры. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. 162 с.
3. Бычкова Т.В., Соколова И.И. Оценка качества деятельности вузов // Педагогическое образования в государствах участниках СНГ: современные проблемы, концепции, теории и практика / под общ. ред. И.И. Соколовой. СПб.: Учреждение РАО ИПО, 2011. С. 277-286.
4. Рыжик В.Н. Теория вероятностей и математическая статистика: методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Высшая математика». Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. 79 с.
5. Оценка качества деятельности образовательного учреждения / В.И.Васильев, В.В.Красильников, С.И.Плакий, Т.Н.Тягунов. М.: Изд-во ИКАР, 2005. 320 с.
6. Бычкова Т.В. К вопросу учета предпочтений потребителей в оценке качества деятельности вуза // Письма в Эмиссия. Оффлайн: электронный научный журнал. 2013. № 8.

Свидерский Александр Александрович
ст. преподаватель кафедры философии, истории и педагогики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

АКСИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛИТИКИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

***Аннотация.** В статье анализируются проблемы развития экологической политики. Автор выделяет социокультурные причины несформированности тенденции экологизации политики, которые сочетаются с противоречивым социально-политическим контекстом.*

***Ключевые слова:** Аксиология, акторы экологической политики, техногенное общество, техносфера, экологизация культуры, экологическая политика*

AXIOLOGICAL ASPECTS OF NATURE MANAGEMENT POLICY

A.A. Svidersky

***Abstract.** The article analyzes the problems of environmental policy development. The author highlights the socio-cultural reasons for the unformed tendency of policy greening, which are combined with a contradictory socio-political context.*

***Keywords:** Axiology, actors of environmental policy, technogenic society, technosphere, greening of culture, environmental policy*

Важнейшим системным условием развития современного общества является выработка стратегии природопользования в условиях постоянно нарастающей экологической угрозы. Очевидно, что осуществление этой задачи невозможно без участия политической воли, привлечения к проблеме основных политических институтов нашего общества. Возникновение глобальной экологической угрозы будущему человечеству и ее осознание (примерно в середине прошлого века) вызвало возникновение такого направления в национальной и мировой политики, как экологическая политика. Экологическую политику можно понимать как систему властных действий субъектов (акторов) политики, направленную на гармонизацию отношений в системе «общество – природа».

Как отмечает Е.Ю.Голицына, к основным направлениям экологической политики современной России относятся: «1) установление жестких экологических ограничений по территориям и природным системам, в рамках которых должны осуществляться развитие и размещение производительных сил, а также экономической ответственности природопользователей за нарушение экологических ограничений; 2) создание системы платежей за природопользование и учет экологических факторов при налогообложении;

3) создание системы экологического страхования, сертификации и аудита; 4) проведение экологической экспертизы; 5) развитие предпринимательства, формирование экоиндустрии» [1, с. 129].

В качестве эффективных субъектов или факторов экологической политики, как на федеральном, так и на региональном уровне, не могут выступать не институциональные субъекты политических отношений – отдельные индивиды или социальные группы, так как при достаточно высоком уровне осознания обществом необходимости решения экологических проблем, которые затрагивают интересы каждого, на практике здесь наблюдается крайняя несогласованность действий. Так социологические исследования, проведенные в экологически неблагополучных регионах страны подтверждают, что факт пережитой или переживаемой экологической катастрофы незначительно влияет на экологические установки респондентов. Отсутствие достаточно четкого целевого, ценностного компонентов в деятельности вышеназванных субъектов является следствием многообразных социально-экономических, политических и социокультурных противоречий развития современного российского общества. Рассмотрим основные из них.

Во-первых, необходимо учитывать известный социально-экономический контекст проблемы, а именно материальное положение индивидов в большей степени определяет экологические взгляды и степень интериоризации проблем экологии, нежели опыт пережитой (переживаемой) катастрофы. Причину этого следует искать в отсроченности психических реакций в отношении возможной экологической угрозы, что ведет, с одной стороны, к значительному снижению роли потребности в экологической безопасности среди других витальных потребностей (например в пище, одежде и т.д.), а с другой стороны, происходит нивелирование ценности природной среды. В ситуации экономического и духовного отчуждения индивид воспринимает природу исключительно как средство обогащения. Достаточно сложно выстроить и эффективную управленческую деятельность в сфере природопользования [2, 3] Известно, что для экономического субъекта природа есть ничто иное, как объект манипуляций, склад ресурсов, а ее моральная ценность сведена к нулю [4, с. 80].

Во-вторых, системный кризис российской политической системы связан, прежде всего, с отсутствием четкого механизма взаимодействия общества и государства, крайне болезненным становлением гражданского общества. Актуальным является вопрос об ответственности государственных чиновников за действие или бездействие, которое повлекло за собой негативные экологические последствия. Негативным наследием политической культуры страны является традиционная пассивность граждан в области политической жизни, отсутствие знаний, навыков отстаивания собственных интересов. Экологическая проблематика фактически выведена за пределы реального политического процесса, а ответственность за неэкологичное природопользование размыта между разнообразными государственными и негосударственными инстанциями.

В-третьих, крайне низким остается уровень экологических знаний, особенно у представителей среднего и старшего поколения, которых не коснулась экологизация системы школьного и послешкольного образования, а именно эта часть населения наиболее активна политически, занимает наиболее высокие социальные позиции в обществе. В результате связь между действием антропогенного фактора и обратной реакцией природных экосистем не осознается, так как природные и общественные процессы несоизмеримы и отсутствует необходимая система научных знаний об их взаимодействии. Поэтому представления об экологических факторах бытия общества крайне отрывчаты, мифологизированы[5], а соответственно не могут выступать в качестве деятельной основы политической практики. Так по результатам многих социологических исследований, такие неблагоприятные последствия хозяйственной деятельности человека, как радиационное или химическое загрязнение, воспринимаются как нечто дематериализованное, таинственное, крайне опасное. Ситуацию усугубляет и недостаточный уровень информированности населения об экологическом положении их региона, возможных перспективах развития проблемы.

В итоге, в обществе преобладает убеждение в беспомощности перед экологической угрозой, невозможности личного влияния на положение в этой сфере. Таким образом, можно сделать вывод о том, что экологические проблемы являются важным достоянием общественной идеологии, но не общественной психологии и реальной социальной практики индивидов и групп, а значит и политической деятельности. В ответ на усиление экологической угрозы в обществе возрастают деструктивные процессы, учащаются разнообразные формы девиации, возникают отчаяние, страх, апатия. Социальные группы не могут стать по настоящему самостоятельными, самодостаточными субъектами экологической политики, но могут быть легко использованы как лоббирующее средство в материальных спорах субъектов рынка при разыгрывании так называемой «экологической карты».

Важным фактором развития экологической политики может выступить наука. Научное знание является одной из ключевых ценностей современной цивилизации. Наука, по-прежнему, воспринимается в массовом сознании как универсальная социальная сила, способная решить любые общественные проблемы, в том числе и экологические. Соответственно, совершенно закономерным является повышенное внимание общества к деятельности научного сообщества в области экологических проблем, где сложилась модель синтетического научного знания. Позитивной стороной деятельности ученых-экологов является то, что они пытаются получить системное, многопредметное знание о целостных социоприродных объектах, в отличие от большинства естественных и общественных наук, которые в соответствии с классической научной парадигмой воспроизводят предметное, фрагментарное, специфическое знание. С другой стороны, именно в экологических исследованиях в наибольшей степени выражен ценностно-целевой аспект[6], связанный с рассмотрением любых естественно-

природных изменений через призму их влияния на человечество.

Экологические научные организации могут выступать в качестве важнейшего субъекта экологической политики, так как:

1)обладают достаточно совершенным инструментарием для объективной оценки экологического состояния среды, выявления возможных рисков, определения программы действий по предотвращению экологической катастрофы, выработки системы восстановительных мероприятий[7];

2)опираются на поддержку национальных экологических движений и международного экологического сообщества, т.е. относительно автономны от местной политической власти и экономической элиты, а их интересы не связаны с хозяйственно-экономическими;

3)полностью отвечают росту потребности в политически интерпретированном экологическом знании, т.е. в экспертных заключениях, используемых в политическом процессе.

Экологические научные организации, через механизмы экологических движений могут оказывать значительное прямое влияние на формирование как государственной, так и региональной экополитики, в том числе и путем проведения массовых акций, кампаний, выступлений в СМИ, организации общественных слушаний. Но реально, прежде всего, на местном, региональном уровне не возникает стратегического партнерства между администрацией, исполнительной властью (за которыми стоят интересы большой индустрии, крупного бизнеса) и экологами. Общей тенденцией современной региональной политики является усиление доминирования региональной администрации среди акторов политики, в том числе и в отношении экологических проблем. Эта ситуация проявляется в следующем:

«-из процесса принятия решений полностью исключены остальные акторы (или же происходит их структурное поглощение);

-взаимоотношение между администрацией и другими акторами носят «инструктивный» характер («патрон-клиент»);

-существование этих акторов целиком зависит от ресурсов, находящихся в руках региональной администрации» [8, с.49].

Исполнительная власть действительно является наиболее очевидным субъектом экологической политики, определяя, политические практики природопользования и защиты природы. Причем ресурсный потенциал этого актора экологической политики чрезвычайно велик, в сравнении с другими возможными субъектами. Поэтому исполнительная власть может действовать достаточно произвольно в отношении субъектов природопользования, как предоставляя им определенные льготы, финансирование, информационные ресурсы, так и ограничивая их деятельность. Можно выявить множество факторов, негативно влияющих на экологизацию государственной и региональной экологической политики в современной России. Попытаемся рассмотреть некоторые из них.

Во-первых, недостаточное социально-экономическое развитие страны диктует следование общемировым тенденциям, где жизнеспособность и

славу страны определяют ее экономико – финансово – военные преимущества. Это приводит к тому, что правительства и политические лидеры отдают предпочтение экономическим, а не экологическим факторам общественного развития. Задачей политических институтов в такой ситуации становится достижение экономического процветания любой ценой, даже ценой экологической стабильности.

Во-вторых, ключевыми ценностями современной политики являются производные от экономической эффективности и выгоды [9, с. 1387]. Эффективность же проведения активной экологической политики - явление латентное, практически никогда не проявляется сразу [10, с.60]. Так, например, тезис о высокой экономической и политической эффективности экологического производства не подтверждается в условиях переходной экономики и масштабной модернизации производства. Одновременно, эффективность экологической политики не коррелирует электоральное поведение во время выборов. Таким образом, можно утверждать о крайне низкой в целом политической эффективности экологической политики, невозможности получения в данном случае каких-либо значительных политических дивидендов.

В-третьих, общая ориентация обществ «догоняющего» типа на производственную и потребительскую модель развитых стран. Причем, происходит копирование тех моделей, которые фактически отмирают в развитых странах, подвергаются широкой общественной критике.

Список литературы

1. Голицына Е.Ю. Некоторые аспекты экологической политики России // Социально-гуманитарные знания. 1999. № 3. С. 129-134.
2. Черненко И.И. Психолого-педагогическая подготовка студентов аграрных вузов к управленческой деятельности в АПК: дис. ... канд. пед. наук. Брянск, 2009. 241 с.
3. Черненко И.И. Организационно-педагогические условия подготовки студентов аграрных вузов к управленческой деятельности // Трансформация экономики региона в условиях инновационного развития: материалы Международной научно-практической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. С. 291-294.
4. Шустов А.Ф. Социальная оценка и социальная ответственность развития техники // Проблемы современного антропосоциального познания. Брянск, 2003. С. 74-82.
5. Свидерский А.А. Социокультурная обусловленность отчуждения общества от природы // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 1. С. 9-13.
6. Свидерский А.А. Природа в системе ценностей современной культуры // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Иваново, 2018. С. 1390-1394.

7. Осадчая О.А. Роль экологии культуры в межкультурной коммуникации // Актуальные проблемы энергообеспечения, автоматизации, природопользования и строительства в АПК. Брянск, 2018. С. 111-118.

8. Яницкий О.Н. Экологическая политика как сетевой процесс // Политические исследования. 2002. № 2. С. 45-53.

9. Осадчая О.А. Проблемы и принципы экологизации образования в высшей школе // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: сб. науч. тр. Брянск, 2018. С. 1383-1387.

10. Шустов А.Ф. Культурная детерминация ценностно-нормативных аспектов развития технической деятельности // Проблемы современного антропосоциального познания: сб. науч. тр. Брянск, 2008. С. 58-62.

Чепурко Дмитрий Анатольевич

Чухов Евгений Николаевич

*магистранты кафедры природообустройства и водопользования
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск*

ВОДООТВЕДЕНИЕ НА ПОЛИГОНАХ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

***Аннотация.** В статье рассматриваются требования к защите окружающей среды, и поиск новых рациональных путей снижения экологического ущерба, наносимого природной среде повседневной жизнедеятельностью человека.*

DRAINAGE OF WATERS ON POLYGONS OF SOLID DOMESTIC WASTES

D.A. Chepurko, E.N. Chuhov

***Abstract.** The article discusses the requirements for the protection of the environment, and the search for new rational ways to reduce the environmental damage caused to the natural environment by everyday human activity.*

Постоянно возрастающая хозяйственная деятельность человека создает одну из острейших проблем XX столетия – проблему защиты природной среды от негативного воздействия отходов производства и потребления. Практически во все времена своего существования человек стремился как можно быстрее и дешевле избавиться от отходов.

Учитывая все возрастающие требования к защите окружающей среды, как во всем мире, так и нашей стране, необходим поиск новых рациональных путей снижения экологического ущерба, наносимого природной среде повседневной жизнедеятельностью человека.

Наибольшее распространение в нашей стране и за рубежом получили следующие методы утилизации и переработки ТБО: складирование на полигонах, компостирование и сжигание.

При выборе способа обезвреживания ТБО методом сжигания должна использоваться многоступенчатая система очистки отходящих газов, и автоматизированный контроль за качеством отходящих газов выбрасываемых в атмосферу.

При выборе способа обезвреживания ТБО методом компостирования неблагоприятным фактором является выделение газов в воздушную среду в местах разгрузки ТБО, загрузки и выгрузки биобарабанов, грохочения и дробления.

Наряду с внедрением индустриальных методов обезвреживания и переработки бытовых отходов сохраняют свое значение и почвенные методы в виде высоконагружаемых полигонов, являющихся технически совершенными

ми по сравнению с обыкновенными полигонами или усовершенствованными свалками.

Полигоны обезвреживания ТБО обеспечивают их изоляцию и санитарную надежность в эпидемиологическом отношении в плане сохранения окружающей среды.

Полигоны ТБО являются специальными сооружениями, предназначенные для изоляции и обезвреживания, гарантируют санитарную надежность в охране окружающей среды и эпидемическую безопасность для населения. На полигонах обеспечивается статическая устойчивость ТБО с учетом динамики уплотнения, минерализации, газовыделения, максимальная нагрузка на единицу площади, возможность последующего рационального использования участка после закрытия полигонов. Полигоны могут быть использованы для любых по величине населенных пунктов. Проведя анализ имеющихся проектов полигонов ТБО, строящихся на территории Брянской области нужно отметить, что предлагаемые проектные решения по водоотведению с полигонов ТБО можно подвергнуть объективной критике, поскольку сам процесс отведения фильтрата с полигонов ТБО еще недостаточно изучен.

Конструкция системы водоотведения для полигонов ТБО

1 Выбор расположения дренажа

Продольный и поперечный дренаж различаются между собой направлением дренажных линий относительно горизонталей. При продольном дренаже осушительные дрены (или осушители) направлены перпендикулярно горизонталям, а при поперечном под острым углом к горизонталям.

Наиболее полно вопрос выбора расположения дренажа изучен специалистами, работающими в области осушительных мелиораций. Соответствующие наблюдения показали, что при поперечном и продольном расположении дрен или осушителей за год отводится примерно одинаковое количество избыточной влаги, и что при поперечном и продольном расположении дрен нет существенных различий во внутригодовом распределении дренажного стока, и в величине среднемесячных модулей дренажного стока.

Величина наибольших модулей дренажного стока при продольном расположении дренажа несколько больше, чем при поперечном, и пик паводкового стока при продольном расположении дренажа выше, но величина стока падает быстрее, чем при поперечном расположении дренажа.

В условиях атмосферного питания и подходящего рельефа можно проектировать и поперечный и продольный дренажи. Однако вряд ли стоит рекомендовать продольный дренаж в местах, где ожидается выклинивание напорных грунтовых вод, а также в местах, где имеется необходимость в устройстве контурных дрен для перехвата поверхностных и грунтовых вод протекающих с прилегающих территорий.

Однако с точки зрения эксплуатации, продольный дренаж имеет существенные преимущества по сравнению с поперечным. Поскольку при достаточном уклоне поверхности земли уклон в осушительных системах продольного дренажа в несколько раз больше, чем в системах поперечного дренажа. Отсюда следует, что скорость течения воды (фильтрата)

в дренах или осушителях в продольном дренаже будет несколько выше, чем в поперечном, что способствует вымыванию частиц грунта (отходов) попавших в полость дрен или осушителей.

2 Конструкция регулирующей части системы водоотведения на полигонах ТБО

Для отвода фильтрата с полигонов ТБО можно предложить использовать каналы, аналогичные осушительным каналам, используемым в осушительной мелиорации. Хотя данные каналы не будут являться открытыми осушителями.

Каналы будут находиться непосредственно на водоупоре, поскольку в нашем случае водоупором является искусственный экран, который создается для предотвращения проникновения фильтрата к грунтовым водам.

Противофильтрационные экраны бывают различных конструкций:

- однослойные глиняные;
- двухслойные из полиэтиленовой пленки, стабилизированной сажей;
- двухслойные грунтобитумные;
- двухслойные из латекса;
- экраны, с использованием геотекстильного волокна.

Применение дрен для отвода фильтрата является неэффективным, поскольку совместно с фильтратом перемещаются частицы бытовых отходов, что привело бы к заилению дрен и созданию больших гидравлических сопротивлений.

Применение же осушителей заполненных наполнителем определенных фракций позволит избежать данных проблем.

И фильтрат фактически самотеком будет отводиться в магистральный канал.

Далее встает вопрос отвода сточных вод с полигона и последующего их обезвреживания. В имеющихся проектах полигонов ТБО предлагается несколько способов. На полигоне ТБО в Большом Полпино предлагается отводить сток в пруд-накопитель. На других полигонах предлагается отводить сток в специальные колодцы-накопители и оттуда в автоцистерне вывозить на ближайшие очистные сооружения. Однако, как показывают гидрологические расчеты при среднегодовой норме осадков в нашей местности 650мм сток с 1га будет равен $6500\text{м}^3/\text{год}$, опять же сток в течение года неравномерен, поскольку в период снеготаяния сток очень интенсивный, а в меженный период сток уменьшается. Соответственно вывоз такого количества жидкости с полигонов ТБО на очистные сооружения при помощи автотранспорта является проблематичным.

Как выход из сложившейся ситуации, для отведения стока можно предложить использовать водотоки находящиеся вблизи от полигонов, используя самоочищающую способность вод, поскольку содержащийся в воде кислород окисляет органические вещества, которые в избытке находятся в сточных водах, и соответственно будет происходить разбавление и окисление сточных вод до безопасных пределов. На примере строящегося полигона

в п.Большое Полпино можно предложить использовать в качестве подобного водотока р.Калинку, находящуюся вблизи полигона.

Список литературы

1. Байдакова Е.В. Анализ экспериментальных исследований концентрации радионуклидов в почве // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сборник материалов Международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 3-6.

2. Кровопускова В.Н., Байдакова Е.В. Правовой режим водоохранных зон // Актуальные проблемы экологии: материалы Международной научно-практической конференции. Брянск, 2017. С. 42-46.

3. Мелиоративная история Брянщины. Люди и дела / В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, Е.В. Байдакова, Б.Д. Муравьев, М.Ф. Ковалев, П.И. Евсеев. Брянск, 2018.

4. Рабочий орган для безотвальной обработки почвы: пат. Рос. Федерация RUS 160692 / Ожегов Н.М., Добринов А.В., Воронин А.А., Джабборов Н.И., Федькин Д.С. 08.12.2015.

5. Кровопускова В.Н., Байдакова Е.В. Уровень загрязнения окружающей среды радионуклидами через 30 лет после аварии на Чернобыльской АЭС // Актуальные проблемы экологии: материалы Международной научно-практической конференции. Брянск, 2017. С. 12-15.

6. Торилов В.Е., Подобай Н.В. Анализ и перспективы развития экономики Брянской области // Агроконсультант. 2017. № 4 (2017). С. 45-48.

Черненкова Инна Ивановна
канд.пед.наук. доцент кафедры философии, истории и педагогики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

О РАЗВИТИИ УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ У СТУДЕНТОВ АГРАРНОГО ВУЗА В ПРОЦЕССЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

Аннотация. В статье обозначены и обоснованы условия формирования и развития управленческой компетентности студентов аграрного вуза в процессе профессиональной подготовки. Охарактеризованы методы, средства и формы обучения и воспитания, способствующие совершенствованию управленческой компетентности выпускников аграрного вуза

Ключевые слова: компетентностный подход, управленческая компетентность, профессиональная подготовка, методы, формы и средства обучения и воспитания

ON THE DEVELOPMENT OF MANAGERIAL COMPETENCE OF STUDENTS OF AGRARIAN UNIVERSITY IN THE PROCESS OF PROFESSIONAL TRAINING

I.I. Chernenkova

Abstract. The article outlines and justifies the conditions for the formation and development of managerial competence of students of an agricultural university in the course of professional training. Characterized methods, tools and forms of training and education, contributing to the improvement of managerial competence of graduates of an agricultural university.

Keywords: competence approach, managerial competence, training, methods, forms and means of training and education

Изменения, происходящие в современном аграрном секторе, создают необходимость в специалистах нового типа, обладающих не только высокими профессиональными качествами, но и способных к управленческой деятельности, установлению деловых контактов, склонностью к индивидуальному творчеству. Выпускнику аграрного вуза как будущему руководителю среднего звена необходимо уметь регулировать отношения между людьми в процессе совместной деятельности, работать в команде, организовывать командную работу в производственном коллективе, адаптироваться к новым условиям работы, устанавливать контакты с партнерами. Необходимо учитывать и социально-экологический контекст современной управленческой деятельности [1,2].

Разделяя мнение В.И. Байденко о том, что присоединение России к Болонскому процессу актуализировало тему компетентностного подхода в обучении, и в соответствии с ним предполагается формирование «системы сравнительных и сопоставимых квалификаций высшего образования, в которой квалификации описывались бы в терминах учебной нагрузки, уровня, резуль-

татов обучения, компетенций и профиля» [3, с. 17]. Компетентностный подход, который в последние годы становится все более популярным, по мнению Е.В. Бондаревской, перестает быть относительно локальной теорией, а постепенно превращается в общественное явление, претендующее на роль концептуальной основы, проводимой в сфере образования [4, с.24]. Таким образом, мы наблюдаем смещение акцента со знаниевой парадигмы в сторону сформированности профессиональных компетенций, так как от этого зависит эффективная профессиональная деятельность современного выпускника [Остроумова, Ширяева, 2009а]. Характеристики выпускника аграрного вуза как будущего руководителя нашли отражение в ФГОС ВПО 3-го поколения по направлениям подготовки: 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания; 35.03.04 Агрономия; 35.03.06 Агроинженерия; 19.03.03 Продукты питания животного происхождения; 36.03.02 Зоотехния в

ОК-5: способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия;

ОК-6: способность работать в коллективе, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия.

Компетентностный подход в настоящее время является теоретико-методологической основой модернизации отечественного образования и подразумевает комплексное овладение умениями и знаниями. Вследствие чего по-новому интерпретируется система методов и форм обучения, изменяется содержание обучения, характер взаимодействия педагогов и обучающихся. Рассмотрению методов профессиональной подготовки в рамках вузовского образования посвящены работы Н.М. Борытко, А.А. Деркача, Н.Ю. Ермиловой, Г.К. Селевко и др.

По нашему мнению, эффективному формированию и развитию управленческой компетентности будущих специалистов и руководителей аграрного сектора способствует комплексное использование традиционных, активных и интерактивных методов обучения. [5, с. 82].

Классификация методов обучения является одной из острых проблем современной дидактики. Как известно в настоящее время нет единой точки зрения по этому вопросу. Разные авторы в основу классификации кладут разные признаки:

- по источнику получения знаний,
- в зависимости от характера познавательной деятельности учащихся (М.Н. Скаткин, И.Я. Лернер),
- на основе целостного подхода к процессу обучения (Ю.К. Бабанский и др.).

Все методы, применяемые нами в процессе профессиональной подготовки студентов с целью формирования и развития управленческой компетентности, мы условно разделили с учетом направленности на формирование конкретного компонента, выделенных нами в компетентностной модели специалиста-руководителя АПК. [6, с. 88-89].

Таким образом, все методы можно представить тремя группами:

- методы формирования когнитивной составляющей;
- методы формирования деятельностной составляющей;
- методы формирования личностной составляющей (таблица 1).

Таблица 1. Методы подготовки студентов аграрных вузов к управленческой деятельности

Методы формирования когнитивной составляющей	Методы формирования деятельностной составляющей	Методы формирования личностной составляющей
направлены на формирование знаний	направлены на формирование умений и навыков	направлены на формирование качеств личности
Лекция Дискуссия Работа с книгой Конференция Консультация	Семинар Упражнение Лабораторная работа Дидактическая игра Практическое занятие Курсовая работа Все виды практик	Методы стимулирования и мотивации: Деловая игра Анализ жизненных ситуаций Личный пример Поощрение
Методы контроля и самоконтроля Контрольная работа, тестирование, решение задач, коллоквиум, зачет, экзамены		

Методы формирования когнитивной составляющей направлены преимущественно на формирование профессиональных знаний будущих специалистов-руководителей. Методы формирования деятельностной составляющей направлены на формирование профессиональных умений и навыков будущих специалистов-руководителей. Методы формирования личностной составляющей способствуют формированию качеств личности, необходимых для осуществления управленческой деятельности. Особое значение здесь необходимо придать формированию экологической культуры личности [7,8]. Методы контроля и самоконтроля в подготовке выделены в отдельную группу, объединяющую все три, т. к. процесс формирования всех составляющих профессиональной компетентности будущих специалистов и руководителей аграриев предполагает отслеживание эффективности усвоения знаний, умений и навыков. Чем регулярнее осуществляется контроль, проверка и оценка знаний, умений и навыков, тем больше они стимулируют учебно-познавательную деятельность студентов.

Основными методами обучения традиционно являются: лекции, семинарские занятия, учебные и производственные практики и самостоятельная работа студентов, методика организации и проведения которых разработана и представлена известными дидактами (М.Н. Скаткин, Ю.К. Бабанский, В.А. Сластенин, И.Ф. Харламов и др.). Однако, учитывая специфику подготовки студентов аграрных вузов к управленческой деятельности, данные формы ор-

ганизации учебного процесса в их традиционном виде являются недостаточными. От того, как построен учебный процесс по данной специальности, какими методами он реализуется, зависит уровень квалификации будущего специалиста. В основу подготовки специалиста положены знания, умения и навыки, определяемые квалификационной характеристикой, которая ставит своей целью воспитание активного, самостоятельно мыслящего человека, способного реализовать на практике свои творческие возможности в технической деятельности [9,10].

Но творческому подходу к практической деятельности невозможно научить будущего специалиста обычными традиционными методами обучения. Это возможно только при целесообразном сочетании традиционных методов с элементами или методами активного обучения, отдавая предпочтение последним, ориентированным на развитие творческого потенциала личности.

Поэтому нами использовались различные методы активного обучения, позволяющие значительно повысить творческий поведенческий потенциал аудитории, способствующие развитию организаторских, коммуникативных, педагогических способностей студентов, формированию у них ответственности, дисциплинированности. [11, С.70-73].

Так наравне с традиционной формой лекций нами использовались некоторые нетрадиционные лекции.

Проблемная лекция, в которой моделируются противоречия реальной жизни через их выражение в теоретических концепциях. Главная цель такой лекции — приобретение знаний слушателями как бы самостоятельно. Таким образом, с помощью проблемной лекции обеспечиваются развитие теоретического мышления, познавательного интереса к содержанию предмета, профессиональная мотивация, корпоративность.

Лекция вдвоем как разновидность лекции является продолжением и развитием проблемного изложения материала в диалоге двух преподавателей. Двумя специалистами моделируются реальные ситуации обсуждения теоретических и практических вопросов. Следует подчеркнуть, что такая лекция имеет ряд преимуществ: актуализирует имеющиеся у студентов знания, необходимые для понимания диалога и участия в нем; создается проблемная ситуация, разворачиваются системы доказательств и т.д.; наличие двух источников заставляет сравнивать разные точки зрения, делать выбор, присоединяться к той или иной из них, вырабатывать свою; вырабатывается наглядное представление о культуре дискуссии, способах ведения диалога совместного поиска и принятия решений; выявляется профессионализм педагога, раскрывая ярче и глубже его личность.

Анализ конкретных ситуаций может быть реализован также при разыгрывании ролей деловой игры. Игра активизирует учебный процесс, по сравнению с традиционной формой проведения практических занятий. Она усиливает заинтересованность ее участников в более глубоком знании изучаемой проблемы, предоставляет им возможность повышать профессиональное мастерство. В деловой игре активно проявляются такие качества личности, как дисциплинированность, ответственность, чувство долга, умение взаимо-

действовать с коллективом, создается большая эмоциональная включенность игроков в образовательный процесс.

При формировании и развитии управленческой компетентности студентов аграрного вуза более эффективным будет комплексное использование методов, средств и приемов и обучения и воспитания, что само собой подчеркивает единство этих процессов. Условиями воспитания управленческих способностей будущих руководителей–аграриев являются: вовлечение обучающихся в различные виды культурно-досуговой деятельности, совершенствование и разнообразие организации культурных форм досуга; развитие творческого начала студентов в соответствии с их интересами и склонностями; расширение и обогащение материально-технической базы культурно-досуговой деятельности.

Из всего сказанного следует:

- Для повышения качества подготовки выпускников аграрного вуза к управленческой деятельности в соответствии с требованиями современного производства, необходимы специальные организационно-педагогические условия. В качестве таких условий может выступать система методов и форм обучения и воспитания, совершенствование содержания обучения, характер взаимодействия педагогов и обучающихся.

- Использование традиционных, активных и интерактивных методов обучения и воспитания, дающих наибольший эффект при усвоении материала, т.к. в этом случае достигается существенное приближение учебного процесса к реальной действительности при высокой степени мотивации и активности студентов.

- Эффективность использования методов активного обучения в процессе изучения управленческих и психолого-педагогических дисциплин определяется близостью учебного материала к реальным проблемам профессиональной деятельности, приобретением навыков коллективного исследовательского труда, развитием самостоятельности, инициативности.

Список литературы

1. Осадчая О.А. Роль экологии культуры в межкультурной коммуникации // Актуальные проблемы энергообеспечения, автоматизации, природопользования и строительства в АПК. Брянск, 2018. С. 111-118.

2. Осадчая О.А. Проблемы и принципы экологизации образования в высшей школе // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Брянск, 2018. С. 1383-1387.

3. Байденко В.И. Компетенции в профессиональном образовании (К освоению компетентностного подхода) // Высшее образование в России. 2004. № 11. С. 3-14.

4. Бондаревская Е.В., Кульневич С.В. Парадигмальный подход к разработке содержания ключевых педагогических компетенций // Педагогика. 2004. № 10. С. 23-31.

5. Черненкова И.И. Психолого-педагогическая подготовка студентов аграрных вузов к управленческой деятельности в АПК: дис. ... канд. пед. наук. Брянск, 2009. 241 с.
6. Черненкова И.И. О формировании гуманистических ценностей у студентов аграрного вуза // Сб. научных трудов института энергетики и природопользования. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. 230 с.
7. Свидерский А.А. Формирование экологической культуры в техногенном обществе // Актуальные проблемы энергообеспечения, автоматизации, природопользования и строительства в АПК: сб. науч. тр. Брянск, 2018. С. 102-110.
8. Свидерский А.А. Природа в системе ценностей современной культуры // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Иваново, 2018. С. 1390-1394.
9. Шустов А.Ф. Социальная оценка и социальная ответственность развития техники // Проблемы современного антропосоциального познания: сб. науч. тр. Брянск, 2003. С. 74-82.
10. Шустов А.Ф. Культурная детерминация ценностно-нормативных аспектов развития технической деятельности // Проблемы современного антропосоциального познания: сб. науч. тр. Брянск, 2008. С. 58-62.
11. Черненкова И.И. Интерактивные методы как фактор интенсификации обучения в высшей школе // Вестник Брянской ГСХА. 2015. № 6 (52). С. 70-73.

Шкурпело Анатолий Иванович

ведущий научный сотрудник

Института Прикладной Физики, Academiei, str.5, MD- Chişinău, Moldova

Михайлов Валентин Владимирович

ведущий научный сотрудник

Института Прикладной Физики, Academiei, str.5, MD- Chişinău, Moldova

E-mail: aishkurpelo.xry@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ИЗОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ ПРОЦЕССОВ МАССОПЕРЕНОСА И ТРЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ СУБСТРУКТУРЫ ОСНОВЫ ОБРАЗЦА

Аннотация. В работе рассмотрено влияние модификации металла (не закаленная сталь 45) электроискровым методом поверхностной микрометаллургии и трения на субструктурные характеристики материала основы образца. Электроискровой перенос графита, пружинной стали 65Г, хрома, молибдена, бронзы БРОФ 6,5 – 1,5 производился на установке «Impuls -02» при втором режиме обработки. Изоэнергетические процессы при электроискровом массопереносе и волны возмущения, возникающие в результате трения, проявляют дальное действие. "Поверхностные" волны возмущения, возникающие в результате трения при возвратно - поступательном перемещении давления по поверхности трения исследуемого неподвижного образца, направленно меняют субструктуру поверхностного слоя материала основы образца. Показано, что после переноса Mo, Cr, C, бронзы БРОФ 6,5 – 1,5, стали 65Г и испытания трением, области изменений относительной микродеформации, плотности дислокации, размеров зерен находятся в следующих пределах: $1,8 \cdot 10^{-3} \leq \epsilon \leq 1,54 \cdot 10^{-1}$; $3,14 \cdot 10^{10} \text{ дисл./см}^2 \leq \rho \leq 2,79 \cdot 10^{14} \text{ дисл./см}^2$; $5,6 \text{ \AA} \leq D \leq 55,8 \text{ \AA}$.

THE INFLUENCE OF ISOENERGY SPARK PROCESSES OF MASS TRANSFER AND FRICTION ON THE PARAMETERS OF THE SUBSTRUCTURE OF BASICS SAMPLE

A.I. Shkurpelo, V.V. Mihailov

Abstract. In work influence of modification of metal (not hardened steel 45) by an electrospark method of superficial micrometallurgy and friction on substructural characteristics of a superficial layer of a basis of the sample is considered. Electrospark carry of graphite, spring steel 65Г, chrome, molybdenum, bronze BROF 6,5 – 1,5 was made on installation « Impuls-02 » at the second mode of processing. Isoenergetic processes at electrospark mass-carry and the waves of indignation resulting friction, show long-range action. ' Superficial ' the waves of indignation resulting friction at returnable - forward moving of pressure upon pair friction, directionally change a substructure of a superficial layer of a material of a basis of the sample. It is shown, that after carry Mo, Cr, C, bronze BROF 6,5 – 1,5, steel 65Г and tests by friction in a superficial layer of a basis of the sample of area of variations of relative microdeformation, of dislocation density, the sizes of grains are in following limits: $1,8 \cdot 10^{-3} \leq \epsilon \leq 1,54 \cdot 10^{-1}$; $3,14 \cdot 10^{10} \text{ disl./sm}^2 \leq \rho \leq 2,79 \cdot 10^{14} \text{ disl./sm}^2$; $5,6 \text{ \AA} \leq D \leq 55,8 \text{ \AA}$.

В промышленности формируется масштабная тенденция развития производства электрических тяжелых, средних и легких транспортных средств. В этой категории транспорта иногда приводные компоненты и частично инерционность переносятся в колеса в относительно упрощенном виде со сниженными потерями на трение, что связано с переходом только на трение вращения, качения и исключением зубчатой передачи. 3D – 5D технологии электроискрового легирования (ЭИЛ) могут послужить важным подспорьем в реализации указанной тенденции.

Все большее распространение для модификации поверхности металла получает электроискровой способ, предложенный Б.Р. Лазаренко [1]. К достоинствам этого способа относятся прочная связь наносимого материала анода с материалом основы образца (катода), широкий спектр физико-механических характеристик, приобретаемых поверхностью в результате нанесения различных покрытий. Предшествующему искровому разряду поверхностному состоянию атомов материалов анода и катода в результате зарядовой поляризации в поле предразрядной напряженности отвечают возбужденные энергетические состояния с измененными физико-химическими характеристиками. Под действием электрических разрядов, выделяемой энергии и направленного массопереноса на поверхности катода происходит микрометаллургический процесс, сопровождаемый электроискровым легированием и последующим формированием покрытия на основе материала анода. Это приводит к определенному распределению элементов [2, 3] в поверхностном слое, отражающую особенность ЭИЛ и обеспечивающую надежное сцепление материала покрытия с основой образца. В результате происходит изменение состава, структуры и свойств обработанной поверхности металла [4,5]. В ряде случаев такой поверхностной микрометаллургии, происходящей без существенного нагрева всего образца, увеличивается износостойкость поверхности трения [6-7] за счет улучшенных трибологических характеристик модифицированной поверхности. Формирование электроискровой обработкой поверхностной структуры необходимого состава и свойств расширяет важную нишу практических приложений в этом направлении [8]. Модификация металлических поверхностей электроискровым легированием позволяет их регенерировать, существенно увеличить ресурс деталей активных узлов и механизмов. Широкие возможности изменения свойств поверхности металла в результате ЭИЛ делают соответствующие металлические покрытия конкурентоспособными, а в ряде случаев даже уникальными. Совершенствование технологии формирования и повышения качества электроискровых покрытий может заметно поднять рейтинг этого метода поверхностной обработки.

В работах [9,10] рассмотрен электроискровой перенос антифрикционных бронз и молибдена на сталь 30ХГСНА и титановые сплавы. Трибологические характеристики полученных бронзовых покрытий показали результа-

ты приемлемые для деталей узлов трения. Характеристики и прикладные возможности указанных и других материалов, осажденных на сталь 20Х, сталь 45, и сплавы Fe – Cr отражены в [11 – 13].

Одноактный поверхностный микрометаллургический процесс при ниже среднего режима ЭИЛ затрагивает микронные и субмикронные слои. В то же время, поверхностную микрометаллургию в режиме электроискрового легирования можно отнести к приближенному к экстремальному характеру обработки металла и формирования покрытия. При этом следует ожидать [14] присутствие составляющих с отличительными особенностями в микроструктуре тонкого переходного слоя и самого покрытия. Электрический разряд сопровождается, в зависимости от межэлектродного расстояния, соответствующими особенностями распределения выделяемой энергии на электродах и в канале разряда. Эти факторы влияют на функцию окружающей газовой среды в указанном процессе. В соответствии с реализуемым энергетическим распределением в межэлектродном поле в процессе разряда происходит направленный дозированный массоперенос расплавленного материала анода, локальный переплав в поверхностном слое катода, взаимодиффузия атомов анода и катода в зоне поверхностного микрометаллургического «скоростного» процесса. По мере утолщения формируемого электроискрового покрытия микронеровности по его поверхности перерастают в дискретные выступы с повышенной долей дефектной структуры, усиливающие в последующем неравномерности массопереноса с перемещающегося вибрирующего анода. Этот процесс при касательном движении вибратора соответственно смещает энергораспределение в межэлектродном пространстве, снижает регулярность и эффективность разрядов вдоль поверхности образца. На определенном этапе увеличивается доля переносимых компонент покрытия со следами окислительно-восстановительных реакций с азотом и кислородом воздуха. В указанное проявление свой вклад в активацию и ионизацию вносит ближнего порядка действия ультрафиолетовая составляющая излучения, возникающего в узкой области электроискрового разряда.

При ЭИЛ в результате скоростных диффузионных явлений и фазовых трансформаций в материале формируемого переходного модифицированного поверхностного слоя фиксируется неоднородный твердый раствор. Это способствует изменению размеров зерен, плотности дефектных и деформационных состояний, некоторой гетерофазной неоднородности. Фазовая неоднородность, различия диффузионной природы, макронапряжения, относительная микродеформация, плотность дислокаций, размеры зерен (межзеренная граница), включения и точечные дефекты являются носителями факторов дифференциации в переходном слое, изменения электронно-колебательного (вибронного) взаимодействия и его роли в энергетической структуре материала переходного слоя. Статические и динамические (при трении) макронапряжения являются важными составляющими, оказывающими влияние на совокупности перечисленных субструктурных элементов дифференциации в

материале. Все это соответственно меняет локальные фононные характеристики материала, электронные и ядерные состояния подсистемы переходного и наружного слоев модифицированной поверхности. Точечные, линейные и объемные нерегулярности в структуре тела зерна и на его границе являются носителями возмущений, способствующих микродисторсионным процессам в рамках структурного проявления эффекта Яна – Теллера по соответствующему домену. Включения в металле, интерметаллиды, другие собственные или несобственные фазовые образования, примесные состояния, стадии диффузионного процесса создают свои поля возмущений, инициирующие точечные, линейные и граничные разрывы непрерывности. Массоперенос при электроискровом разряде, локальный расплав, локальная диффузия, разогрев и остывание на поверхности обрабатываемого образца сопровождаются резкими скачками расширений и сжатий, что формирует поверхностные и объемные упругие волны. В свою очередь, они влияют на структуру материала, на деформационные и дефектные состояния в поверхностном слое основы образца. Аналогичную функцию выполняют периодически перемещаемое давление по поверхности образца, трение, вызывающее моменты сил на элементах покрытия и волны локального разогрева. В результате, поверхностные состояния в покрытии, в области гетеропереходов и их ближайшего окружения находятся в дополнительно модулированных возбужденных состояниях с остаточными следствиями, меняющими субструктуру исходного материала.

Влияние изоэнергетических процессов при электроискровом массопереносе на структурные характеристики материала основы рассматривалось в зависимости от материала анода, качественные покрытия которых востребованы и имеют различные приложения в узлах трения, при изменении свойств поверхности, ее износостойкости, при регенерации. Электроискровой перенос графита, пружинной стали 65Г, хрома, молибдена, бронзы БРОФ 6,5-1,5 на шлифованную основу образцов из некаленной стали 45 (серии образцов № 3 - № 7 соответственно) производился изоэнергетическими элементарными актами разряда на установке «Impuls-02» при втором режиме обработки. Для сравнения исследовались образцы из исходной некаленной (№ 1) и закаленной (№ 2) стали 45. Преобладание овально-конусных элементов в покрытии с широким основанием в области контакта с основой образца сделало его устойчивым к трибологическим испытаниям. Это позволило перенести на сопряженные дискретные участки поверхности обрабатываемых образцов свойства наносимого материала.

Изучалось влияние формирования электроискрового покрытия толщиной $\sim 30 - 50$ мкм и дальное действие волн возмущения, возникающих при трении, через элементы покрытия на субструктуру поверхностного слоя основы образца из некаленной стали 45. Транс-влияние на тонкую структуру основы образца производилось через элементы электроискрового покрытия волнами возмущения в форме циклически возвратно-поступательно перемещающегося давления по поверхности образца и соответствующих сил тре-

ния. Размах перемещения трущейся пары составлял $L = 45$ мм. Циклический процесс трения с частотой $\nu = 1,33$ Гц продолжался 20 часов при давлении на элементы покрытия от $P_1 = 144,4$ МПа – 188,9 МПа до $P_2 = 48,2$ МПа – 63,0 МПа. Площадь поверхности соприкосновения трущейся пары в процессе приработки трехкратно увеличивалась. Использовались разные материалы для формирования электроискрового покрытия, чтобы отследить особенности транс – влияния волн возмущения через элементы покрытия на тонкую структуру поверхностного слоя основы образца. Исследовались изменения структурных характеристик основы образцов (I - исходное состояние) после нанесения покрытия (II) и после испытания их на износ (III, IV) при указанных выше жестких условиях приработки трущейся пары. Функциональная часть поверхности исследованных образцов представляла собой прямолинейную полосу шириной 3 мм. В качестве контртела использовалась пластина толщиной 3 мм из закаленной стали 45. Лабораторные исследования влияния трения на структуру основы образцов и шероховатые образования в покрытиях производились в чистом вазелиновом масле.

Дифрактограммы снимались при FeK_{α} - излучении на дифрактометре ДРОН-3. Рентгеновским методом изучались зависимости параметра кристаллической решетки a , относительной микродеформации ϵ , плотности дислокаций ρ , среднего размера зерен D металла (α -Fe фазы) в поверхностном слое основы образцов и текстурного коэффициента $TC(hkl)$ от предшествующей подготовки, формирования покрытия и процесса трения. Влияние импульсных «точечных» диффузионных и электротермопластических процессов при ЭИЛ на структурные проявления в поверхностном слое основы образца оценивалось указанным рядом параметров, характеризующих особенность, величину и динамику поверхностных изменений. Включенные в рассмотрение параметры являются структурными индикаторами изменений, оказывают влияние на поверхностную дифференциацию энергии активации атомов и электронной подсистемы. Они отражают особенности по поверхности тела зерна и изменения по толщине слоя основы образца в результате модификации его поверхности. Указанные параметры характеризуют микронапряжения второго рода, частные и особенные атомные состояния, их плотность в теле зерна, развитие зернограницной структуры в металле. Это в свою очередь оказывает влияние на поляризационную и активирующую функцию поверхностных атомов на молекулы и ионы окружающей среды. Электронная и ядерная подсистемы неомогенной поверхности, формируемой при ЭИЛ, колебательные процессы их составляющих способствуют динамичному распределению разных уровней активно – пассивных вибранных состояний на поверхности материала. В поверхностном слое основы образцов выраженную «стационарную» составляющую состояний индикаторно представляют отмеченные выше параметры.

Отображение состояний поверхностей в зависимости от подготовки образцов представлены на рис.1. Он дает общее представление: 1. об

особенностях элементарных актов массопереноса, о неравномерности процесса, о взаимодействии материала анода с основой образца при формировании электроискрового покрытия; 2. о поверхностной шероховатости, отражающей сложность рельефа, несплошности, наличие микропор, микротрещин; 3. о поверхностной гетерогенности, влияющей на поляризационные характеристики; 4. об особенностях и относительных скоростях приработки исследуемых пар трения. На рис. 2 – 3 приведены графические зависимости параметров структуры (**a**, **ε**, **ρ**, **D**, **ТС(hkl)**) поверхностного слоя основы образцов в зависимости от состояния и обработки поверхности. Электроискровое осаждение покрытий и последующие трибологические испытания приводят к изменениям параметров **D**, **ε**, **ρ**. Это сопровождается изменениями вибронных состояний поверхностной подсистемы основы образца (переходная зона представляет более широкий спектр вибронных состояний) и, как следствие, характеристик соответствующего подслоя. Наглядное опосредованное интегральное отражение тонкостей дифференциаций в электронно-ядерной системе по поверхностному слою покрытия с факторами морфологического состояния представлено на цветных микрофотографиях рис.1(В-№3(II-III), Е-№6(II), Ж-№7(IIa - IIб)). Цветовые градации по поверхностям на них хорошо выражены. Отмеченным покрытиям отвечает распределение от субмикронных и выше областей поверхностно «активных» и «пассивных» (дифференцированных по энергии активации и трибологической функции) вибронных состояний. Динамика и амплитуда подвижек значений указанных параметров определяется режимом электроискровой обработки и материалом формируемого покрытия. «Дальнодействие» электро-термопластического эффекта в результате электроискрового поверхностного микрометаллургического процесса хорошо выражено по параметрам **ε**, **ρ** и **D** (рис. 2). Физической основой этой парной комбинации является высокая плотность тока при импульсном ($\sim 10^{-4}$ с) «точечном» разрядном процессе.

Действие поверхностных физико-механических возмущений на субструктурные элементы поверхностного слоя материала основы образца представлены на рис.2 - 3. Особенность «дальнодействия» (через электроискровое покрытие) трибологического процесса отражается фрагментами графиков, отвечающими состояниям III, IV. С разных образцов и участков поверхности их основы получен такой разброс для размеров зерен D - 5,6 Å, 26,2 Å, 34,5 Å, 55,8 Å, относительной микродеформации $\epsilon \in [1,8 \cdot 10^{-3}; 1,54 \cdot 10^{-1}]$, плотности дислокаций $\rho \in [3,14 \cdot 10^{10} \text{ дисл./см}^2; 2,79 \cdot 10^{14} \text{ дисл./см}^2]$. Отмеченные вариации параметров свидетельствуют, в частности, о значительных накоплениях деформационных состояний и сателитных релаксационных процессов в поверхностном слое материала при его шлифовке. При трении на участках разных скоростей движения, нагруженного (см. выше) контртела, величина **D** увеличивается до 61,9 Å, 375,3 Å, 1278,4 Å соответственно.

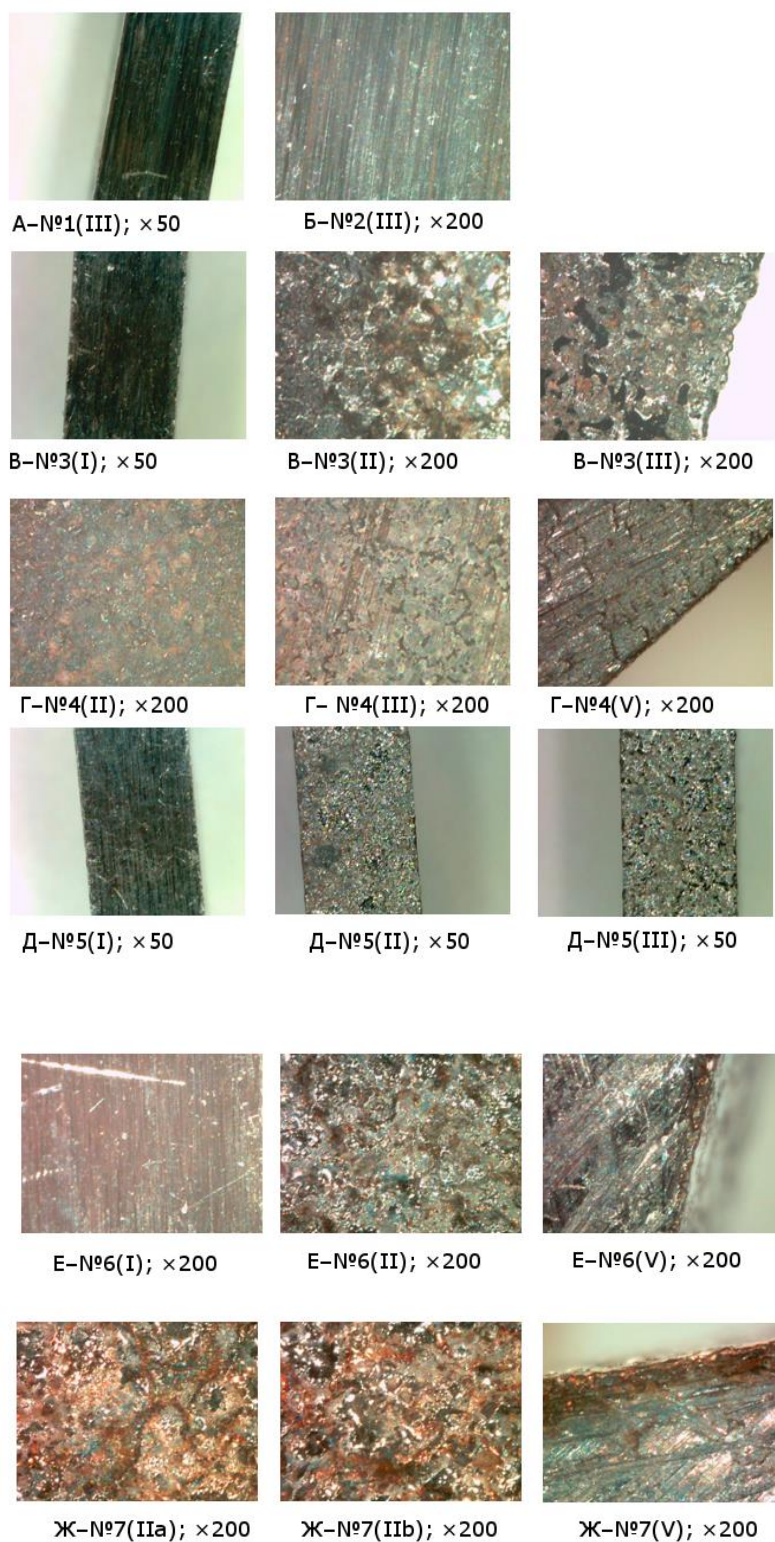


Рис.1. Отображение изменений морфологии поверхности образцов после электроискрового массопереноса различных материалов и процесса трения.

А – №1 - некаленная ст.45. Б - №2 – закаленная ст.45. В – серия образцов №3; покрытие – ст.65Г. Г – серия образцов №4; анод – графит. Д – серия образцов №5; покрытие – Мо. Е – серия образцов №6; покрытие – Ст. Ж – серия образцов №7; покрытие – бронза БРОФ 6,5-1,5. I – поверхность исходного образца после шлифовки; II – поверхность после нанесения покрытия; III – после трения; IV – после трения (другой участок); V – торец образца.

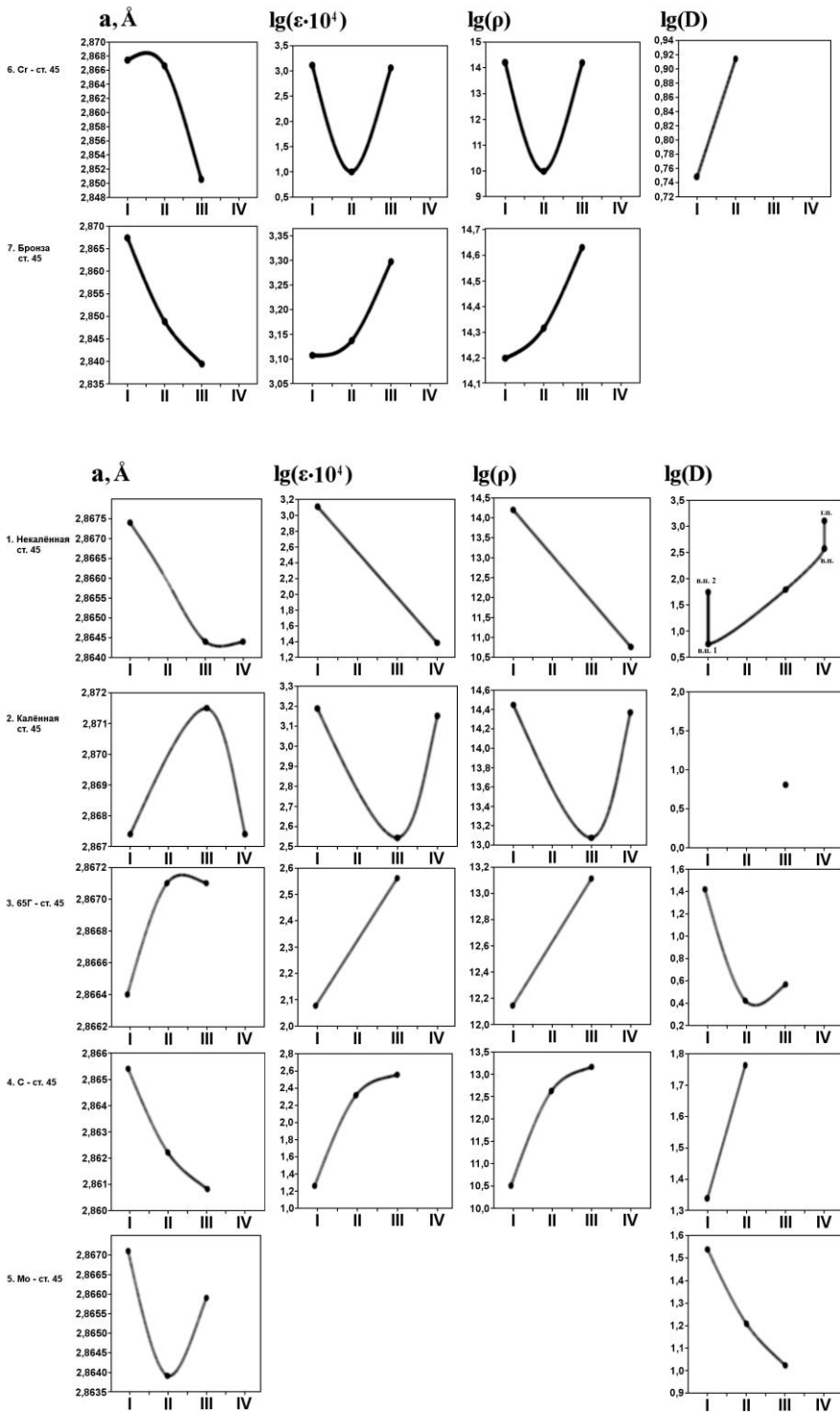


Рис.2. Графическая интерпретация зависимостей параметров структуры основы образца из ст. 45 (некалёная) от состояния поверхности. Параметры ϵ , ρ , D определены с учётом факторов, выполняющих доминирующую роль в физическом уширении рентгеновских линий. Обозначения: I — соответствует исходной поверхности образца после шлифовки; II — после нанесения покрытия; III — после трения по поверхности покрытия; IV — повтор съёмки образца после трения со смещением позиции анализируемой поверхности.

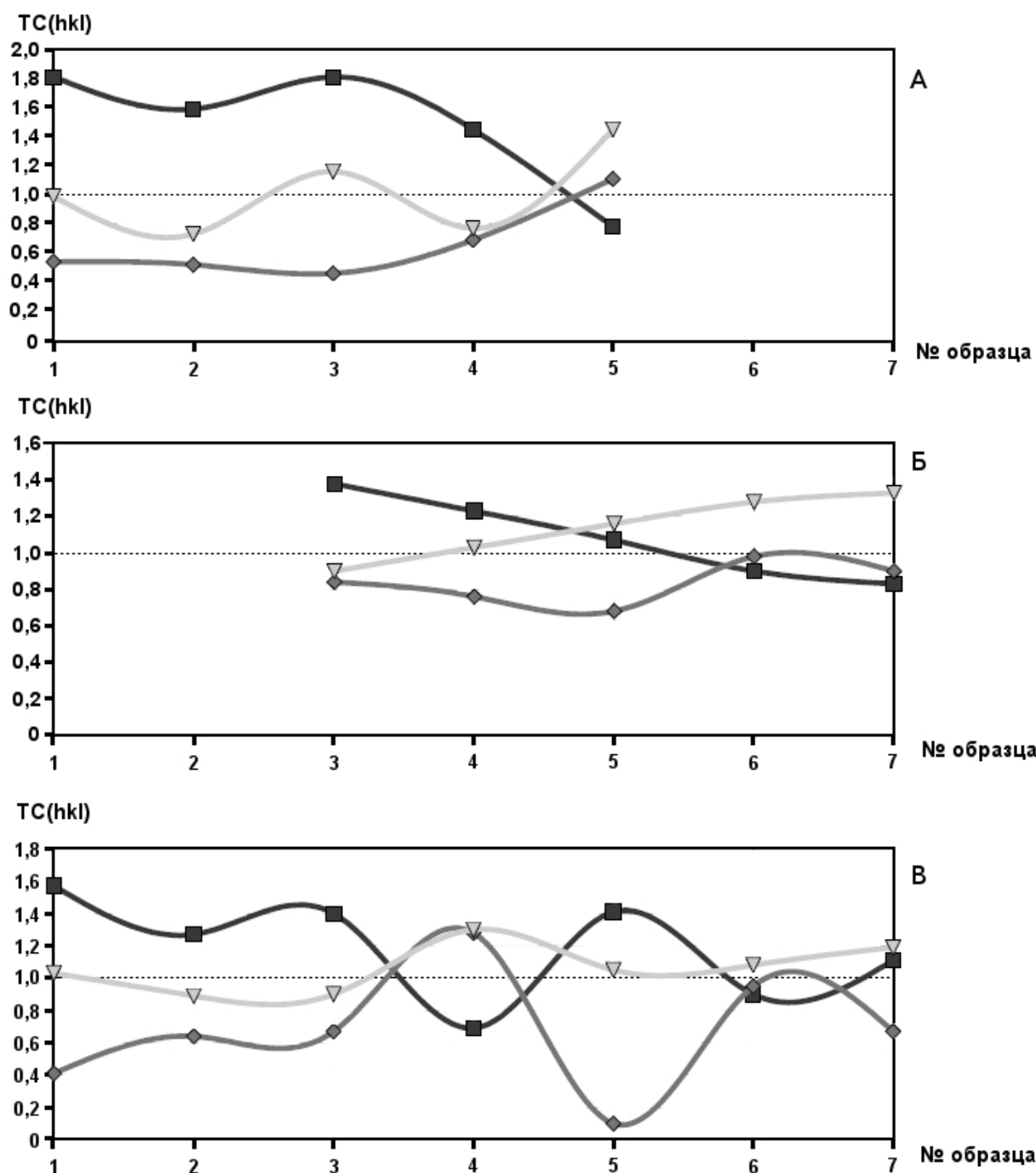


Рис.3. Развертки изменений текстурных коэффициентов $TC(hkl)$ поверхностного слоя основы образцов из стали 45 в зависимости от состояния и обработки поверхности: а). исходная основа образца после шлифовки поверхности; б). после нанесения электроискрового покрытия; в). после нанесения электроискрового покрытия и трения. ■ – соответствует $TC(110)$; ◆ – $TC(200)$; ▼ - $TC(211)$.

Отличия параметров субструктуры по линии трения обнаружены по дифрактограммам с разных участков образца. Учитывая физику трибологического процесса при возвратно – поступательном движении, полагается реализуемость и некоторой волновой модуляции статистики распределения па-

раметров субструктуры в поверхностном слое материала вдоль линии трения. В свою очередь, это допускает некоторые локальные и зональные вариации физико-химических характеристик материала и их подвижек вдоль поверхности линейного образца. Некоторый статистический разброс параметров субструктуры поверхностного слоя от образца к образцу и вдоль линейного образца с поликристаллической структурой является обычным явлением. Однако, можно отметить ряд выраженных тенденций, связанных с изменениями на поверхности материала основы образца, как в результате формирования покрытия, так и в следствии трения. Для сопоставления уместно привести такие результаты /15-16/ изменения параметров субструктуры, полученные при относительно низко-полевых условиях формирования электрохимического покрытия ($T = 60 \text{ }^\circ\text{C}$): $4 \cdot 10^{-3} \leq \epsilon \leq 6.8 \cdot 10^{-3}$; $2.5 \cdot 10^{-10} \text{ м} \leq D \leq 72 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

Рассмотрим по полученным результатам влияние на параметр кристаллической ячейки a . Параметры кристаллической ячейки в ряде случаев позволяют охарактеризовать направление и величину диффузионного процесса при ЭИЛ. Однако, схема съемки $\theta/2\theta$ не позволяет полноценно отобразить “узкозонные” явления при поверхностной микрометаллургии на “массивных” образцах. Преобладающая тенденция изменения величины a состоит в том, что параметр исходной кристаллической решетки (состояние I) поверхностного слоя основы образца имеет несколько большее значение чем в последующих состояниях II — IV образцов после нанесения электроискровым способом покрытия и трибологических испытаний. Допускается возможность проявления подвижек по параметру a с влиянием смещения отражающих плоскостей, связанным с толщиной покрытия, со сложно-рельефной его структурой, деформационными и диффузионными процессами. Исключение из указанного характера изменения параметра a составляют образец из каленой стали 45 (№ 2) с особенностью на различных участках его поверхности, образцы после электроискрового осаждения стали 65Г (№ 3) и после трения осажденного молибденового покрытия (№ 5). Таким образом, в большинстве рассмотренных случаев электроискровое осаждение покрытия и трение исследуемой поверхности при значительной нагрузке контртела приводит к легированию и некоторому уплотнению поверхностной структуры основы образца.

Трение образца из некаленой стали 45 (№ 1) при контртеле из каленой стали 45 активирует атомы и способствует окислительно-восстановительной реакции на поверхности. Трущаяся поверхность образца становится черной (рис. 1). Такая пара трения быстро прирабатывается и относительная микродеформация в поверхностном слое образца уменьшается более чем на два порядка, а плотность дислокаций снижается почти на четыре порядка. Процесс трения некаленой стали при давлении 14,6 МПа приводит к различию размера зерен на разных участках образца на 1 - 2 порядка. Это свидетельствует о модулированности размерного параметра вдоль поверхности трущегося образца, очевидно, и в зависимости от скорости движения контртела на исследуемом участке трения. Более того, средний размер зерна вдоль дорожки трения почти на порядок меньше размера зерна поперёк дорожки трения. То есть анизотропия размера зерна вдоль линии

трения значительна. Вдоль направления движения формируются параметрические эллипсоиды (с достаточно большим эксцентриситетом). С другой стороны, в случае калёной стали 45 (образец № 2) трение при указанном давлении сопровождается более чем десятикратной дифференциацией (поверхностной модуляцией) параметра ε , вычисленного для двух различных участков трущейся поверхности. В поверхностном слое образца некаленной стали 45 под действием трения и давления происходит сжатие кристаллической решетки, сопровождаемое снижением относительной микродеформации, плотности дислокаций и, как следствие, ростом размера зерна. В случае образца из каленной стали 45 по относительной микродеформации и плотности дислокаций значительным изменениям подвергся центральный участок дорожки трения, на котором процесс трения происходит быстрее при возвратно- поступательном движении.

При электроискровом переносе графита на поверхность стали 45 температурный градиент в узком поверхностном слое углеродистой стали, поддерживающий направленный диффузионный процесс и карбидообразование, способствуют некоторому снижению углерода в твердом растворе. Это проявляется по снижению параметра кристаллической решетки a . При последующем трибологическом (+Р) испытании указанная тенденция сохраняется, но в несколько меньшей мере. Высокоградиентный «точечный» электро - искровой процесс переноса увеличивает в поверхностном слое покрываемой основы образца относительную микродеформацию и плотность дислокаций в увеличиваемом теле зерна. Последнее связано с поверхностной микрометаллургией, термическим влиянием и изменением энергии связи.

В образцах после переноса ст. 65, Мо и Cr более существенную роль в характере развития уширения рассматриваемой пары дифракционных линий ((110), (220)) осуществляет высокодисперсная фракция зернистости. Относительная микродеформация и плотность дислокаций выполняют заметную долевую роль в физическом уширении рентгеновских линий в образцах № 1 ÷ № 4, № 6, № 7, а в образцах № 2 (калёная сталь) и № 7 (II - покрытие бронзой) — доминирующую роль (рис. 2). В образце № 2 в случае трения (III) в физическом уширении линий размер зерен выполняет долевую роль. Перенос электроискровым методом углерода, пружинной стали 65Г, бронзы на поверхность стали 45 и последующее трение таких поверхностей приводят к росту относительной микродеформации и плотности дислокаций в поверхностном слое основы образцов.

При формировании хромового покрытия параметры ε и ρ в поверхностном слое исходного образца значительно снижаются, средний размер зерна увеличивается, происходит слабое сжатие кристаллической решетки α -Fe фазы. Жесткие трибологические условия практически восстанавливают плотность дислокаций и относительные микродеформации до уровня исходного состояния основы образца после шлифовки. При этом параметр кристаллической решетки уменьшается, так как атомы хрома переходят из относительно неупорядоченного диффузионного состояния к более упорядоченному. Такой процесс сопровождается ростом среднего размера зерна в основе материала поверхностного слоя образца.

Механические возмущения через элементы покрытия передаются в остаточной форме верхнему слою основы образца, доводя параметры ε и ρ до уровня насыщения. Общая тенденция, с некоторыми особенностями роста параметров ε и ρ при переходе от исходного состояния к состояниям с покрытиями и после трибологических испытаний, наблюдается на образцах № 3, № 4, № 7 (покрытие сталью 65Г, углеродом и бронзой соответственно). В материале основы серии образцов № 1, № 3, № 4, № 6 рост размеров зерен D в одних случаях (№ 4, № 6) сопровождается электроискровым переносом углерода и хрома, а в других случаях (№ 1, № 3) – связан с трением поверхности при высоких нагрузках на пару трения. По состояниям I, III, и IV в образце № 1 отражена модуляция параметра D вдоль его поверхности после шлифовки и вдоль дорожки трения. По горизонтальному (г.п.) и вертикальному положению (в.п.) образца в состоянии IV показана значительная анизотропия этого параметра вдоль и поперёк дорожки трения. Исключение по поведению параметра D из рассматриваемого ряда составляет образец № 5 с молибденовым покрытием. В нём основную роль в физическом уширении рентгеновских линий выполняет размерный фактор в поверхностном слое как в случае исходной основы образца из стали 45, так и после электроискрового нанесения молибденового покрытия, и его трибологического испытания. Электроискровое покрытие молибденом снижает параметр кристаллической решетки и размер зерен в поверхностном слое основы образца в зоне легирования. Последующие трибологические испытания покрытия циклическим трением под давлением сопровождается приростом параметра a и дальнейшим снижением размера зерен D . При переносе материала пружинной стали 65Г в результате диффузии ее компонент увеличивается параметр кристаллической решетки в поверхностном слое основы, но, при этом, резко снижается размер зерна. Трибологические испытания покрытия 65Г \rightarrow ст.45 сопровождается ростом относительных микронапряжений, плотности дислокаций и небольшим ростом размера зерна в поверхностном слое основы образца. Результат легирования стали 45 бронзой по тенденции изменений ближе к зависимостям, реализуемым после переноса графита на ту же сталь. Различия состоят в величинах и скоростях изменений.

Влияние текстурирования поверхности на коэффициент трения (снижение на 15% - 30%) отражено в работе [17]. Нами рассматривается влияние микрометаллургического поверхностного процесса в полевых условиях ЭИЛ на текстурные коэффициенты модифицированной поверхности основы. На рассчитываемое значение текстурного коэффициента $TC(hkl)$ от основы образца влияют толщина, состав, неоднородности покрытия и угловой фактор, связанный с изменением глубины исследуемого рентгеновским методом поверхностного слоя. Поляризация при остывании расплава металла в зоне электроискрового микрометаллургического процесса (импульсного электро-термопластического, циклического теплового, полевого и ударного влияния) приводит к остаточным микроструктурным подвижкам в обрабатываемом поверхностном слое основы образца и в формируемом покрытии. В общем случае, электроискровой массоперенос во внешних полевых условиях,

импульсный электротермопластический процесс допускают тенденцию направленного структурирования разогретой и переплавленной поверхностной части основы – изменение текстуры поверхности. Кроме того, поворотные и обменные процессы между зернами поверхностного поликристаллического слоя основы при формировании электроискрового покрытия, сопровождаемого локальной поверхностной переплавкой и резкими давлениями, приводят к некоторым подвижкам параметра $ТС(hkl)$. Последующие трибологические испытания покрытия дополняют этот процесс своим вкладом. Чтобы не загромождать рис. 3, приводятся развертки трех текстурных коэффициентов $ТС(110)$, $ТС(200)$, $ТС(211)$ для поверхностного слоя материала основы образцов из некаленной стали 45 в зависимости от состояния и обработки поверхности. При множественности разобщенных (смещенных относительно друг друга) и сопряженных электроискровых разрядов на обрабатываемой поверхности проявилась общая тенденция структурных изменений в тонком поверхностном слое материала основы образца. То есть, дискретный поверхностный процесс при электроискровом переносе металла, сплава металлов приводит к проявлению тенденции направленного текстурирования поверхностной части материала основы образца, переплавленной в процессе формирования покрытия. После формирования различных покрытий, вариации текстурных коэффициентов $ТС(hkl)$ основы образца небольшой, но хорошо проявляемой величины, зависящей от металла, переносимого на поверхность, и носят по отдельным семействам (hkl) противоположный характер.

При трении реализуется классическая схема поверхностных возбуждений. Волна механического и теплового возмущения при трении переводит поверхностные атомы в возбужденные состояния, сопровождаемые в отдельных случаях релаксационными трансляционными и ротационными процессами с некоторым дальнодействием в трущемся приповерхностном слое. При этом изменяется дислокационная и деформационная структура в поверхностном слое металла. Возбуждение поверхностных атомов иногда достигает состояния инициации окислительно – восстановительных процессов в воздушной или в смазочной среде. Сателитными явлениями при трении являются групповые смещения атомов вдоль трущейся поверхности, отрыв атома или атомов, которые более активно вступают в реакцию с компонентами окружающей среды. Фронт волны поверхностного возмущения при трении приводит к небольшому проявлению в избирательности направленных поворотных и обменных процессов между зернами. На основе полученных результатов (рис. 3) можно говорить по величинам $ТС(hkl)$ о проявлении слабой полюсности на поверхности поликристаллического образца. Другая проявленная особенность – ожидаемый парный синфазный и противофазный синхронизм изменений параметров $ТС(hkl)$.

Итак, процесс формирования непрерывного или дискретного покрытия при электроискровой обработке поверхности, наряду с температурными скачками и возникающими локальными импульсами давления, участвуют в совместной генерации и изменении кристаллографических ориентаций зерен

поверхностного слоя металла в полевых условиях дискретной поверхностной микрометаллургии. При электроискровых квазиэнергетических разрядах процесс направленного массопереноса, формируемые сети локальных поверхностных переплавок, термического влияния, импульсов давления вносят свой вклад в развитие или снижение текстурных коэффициентов, в изменения субструктуры зерен металла основы образца.

Список литературы:

1. Лазаренко Б.Р. Способ нанесения металлических покрытий. А.С. 89933 СССР/Б.И. 1951, (12). С.2.
2. Лазаренко Н.И. Электроискровое легирование металлических поверхностей. М.: «Машиностроение». 1975. 45с.
3. Лазаренко Б.Р., Михайлов В.В., Гитлевич А.Е., Верхотуров А.Д., Анфимов И.С. Распределение элементов в поверхностных слоях при электроискровом легировании. Электронная обработка материалов. 1977, (3), 28-33.
4. Лазаренко Н.И. Изменение исходных свойств поверхности катода под действием искровых электрических импульсов, протекающих в газовой среде. /Сб. Электроискровая обработка металлов. М.: Изд-во АН СССР. 1957. 70-94.
5. Химухин С.Н., Хосен Ри, Верхотуров А.Д., Ри Э.Х. Формирование структуры слоя на металлах и сплавах при электроискровой обработке. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2010. 240 с.
6. Чатынян Л.А., Лазаренко Н.И. Повышение износостойкости поверхностей трения, работающих при высоких температурах, электроискровым легированием. Электронная обработка материалов. 1966, (2), С. 33-38.
7. Гитлевич А.Е., Михайлов В.В., Парканский Н.Я., Ревуцкий В.М. Электроискровое легирование металлических поверхностей. Кишинев: изд-во «Штиинца», 1985. 196 с.
8. Верхотуров А.Д., Муха И.М. Технология электроискрового легирования металлических поверхностей. Киев: изд-во «Техника», 1982. 181с.
9. Герман А.Н., Чатынян Л.А., Самойлов А.И., Покровская Н.Г., Еган О.М. Исследование поверхностных слоев стали 30ХГСНА после электроискрового легирования бронзой Бр.Мц. – ф и молибденом. Физико-химическая механика материалов. 1973 (6), 13-16.
10. Михайлюк А.И., Гитлевич А.Е., Беляков А.В. Формирование антифрикционных бронзовых покрытий на титановых сплавах методом электроискрового легирования. Электронная обработка материалов. 1996, (2-3), 17-20.
11. Бурумкулов Ф.Х., Сенин П.В., Величко С.А. и др. Свойства нанокompозитных покрытий, образованных на поверхности стали 20Х электроискровой обработкой стержневыми электродами из сталей 65Г и СВ 08. Электронная обработка материалов. 2009, (6), С. 22-29.
12. Агафий В.И., Михайлов В.В. Влияние электроискрового легирования на трибологические свойства стали 45. /Universitatea agrară de stat din

Moldova. Realizări și perspective în mentenanța utilajului agricol și a autovehiculelor. Chișinău, 2011. v.28. P. 163 – 165.

13. Е.В. Иващенко, Г.Г. Лобачева, В.Ф. Мазанко, Л.Ф. Яценко. Формирование хромовых электроискровых покрытий на сплавах Fe – Cr. // Материалы и покрытия в экстремальных условиях: исследования, применение, экологически чистые технологии производства и утилизации изделий: тезисы докл. 6-ой междунар. конф., Пониловка, 20-24 сентября 2010г. /ИПМ НАН Украины. – К., 2010. – С. 213.

14. Глезер А.М. Принципы создания многофункциональных конструкционных материалов нового поколения. УФН. 2012, 182, С. 561 – 566.

15. Shkurpelo A. I., Croitoru D.M., Pasincovsky E. A., Siyayev T. M. 2008. The Structural Characteristics of Modified Metal Surfaces. - International conference on materials science and condensed matter physics. Abstracts. Chisinau 2008. P.87.

16. Шкурпело А.И., Кройтору Д.М., Володина Г.Ф. Структурные характеристики композиционных покрытий α - Fe + SiC. Электрохимические и электролитно-плазменные методы модификации металлических поверхностей. Материалы II Международной научно-технической конференции. Кострома 24 – 27 сентября 2007, Кострома – Москва 2007. С. 165-167.

17. Andriy Kovalchenko, Oyelayo Ajayi, Ali Erdemir, George Fenske. Friction and wear behavior of laser textured surface under lubricated initial point contact. – Wear 271 (2011) 1719 – 1725.

Широбокова Ольга Евгеньевна,
доцент кафедры электроэнергетики и автоматики,
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск
Кирдищев Дмитрий Владимирович,
преподаватель СПО,
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск
Новиков Игорь Сергеевич
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск
Первушов Дмитрий Игоревич
магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Аннотация. В статье представлена классификация средств технического диагностирования используемых при техническом обслуживании дизельных двигателей.

Ключевые слова: Диагностирование, датчик, преобразователь сигнала, блоки измерения

CLASSIFICATION OF MEANS OF TECHNICAL DIAGNOSING

O.E. Shirobokova, D.V. Kirdishchev, I.S. Novikov, D.I. Pervushov

Summary. Classification of means of technical diagnosing of the diesel engines used at maintenance is presented in article.

Keywords: Diagnosing, sensor, signal converter, measurement blocks

Средства технического диагностирования — это технические устройства, предназначенные для измерения текущих значений диагностических параметров.

В общем случае любое средства технического диагностирования состоит из следующих элементов (блоков):

- источник воздействия- датчик, каналы связи
- усилитель и преобразователь сигнала (устройство согласования)
- блоки измерения, расшифровки и регистрации (записи) диагностического параметра блок накопления и обработки информации (персональный компьютер или ноутбук)

Классифицировать средства технического диагностирования можно по ряду признаков, определяющих их назначение, задачи, структуру и состав технических средств:

- по степени охвата объекта диагностирования системы технического диагностирования разделяются на локальные и общие. Под локальными понимают средства технического диагностирования, решающие одну или несколько

задач диагностирования – определение дефекта или прогнозирования. Общие средства технического диагностирования решают все поставленные задачи;

– по принципу взаимодействия средств диагностирования с объектом диагностирования системы технического диагностирования подразделяются на системы с функциональным диагнозом и системы с тестовым диагнозом. Системы, в которых информация о техническом состоянии объекта поступает в процессе его нормального функционирования называются системами рабочего диагностирования, а когда информация о техническом состоянии объекта поступает в процессе подачи на объект специальных тестовых сигналов называются системами тестового диагностирования

– по используемым средствам системы технического диагностирования можно подразделить на: на системы с универсальными средствами технического диагностирования (например универсальные информационно-измерительные комплексы в комбинации со специальным ПО); системы со специализированными средствами (стенды, имитаторы, специализированные средства технического диагностирования); системы с внешними средствами, в которых средства технического диагностирования и ОД конструктивно отделены друг от друга; системы со встроенными средствами, в которых ОД и средства технического диагностирования конструктивно представляют одно изделие.

– по степени автоматизации системы технического диагностирования можно подразделить на: автоматические, в которых обработка и получение информации осуществляются без участия человека по заранее разработанной программе; автоматизированные, в которых получение и обработка информации осуществляются с применением средств автоматизации и участием человека; ручные (неавтоматизированные), в которых получение и обработка информации осуществляются человеком-оператором.

-по мобильности средства технического диагностирования подразделяются на стационарные, встроенные и переносные (передвижные): специальные средства технического диагностирования, как правило, являются переносными или стационарными; штатные, могут быть как переносными, так и встроенными

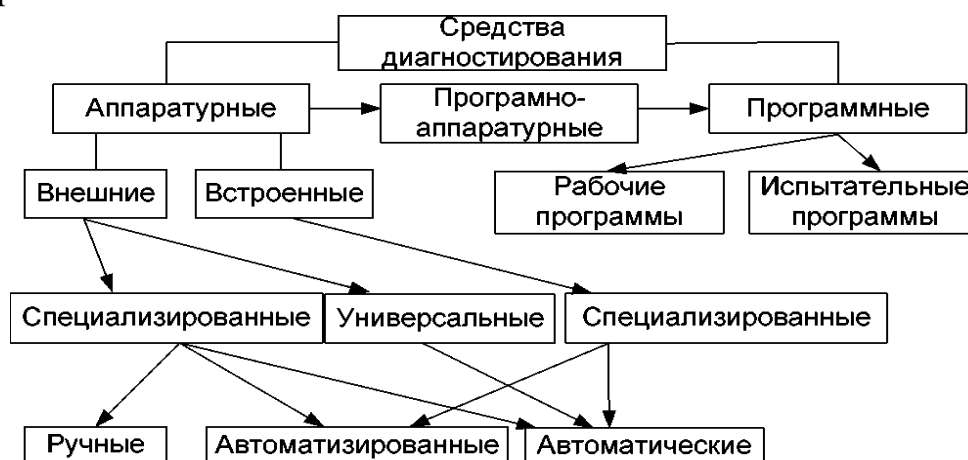


Рисунок. 1. Структурная схема классификации средств технического диагностирования

Информация о техническом состоянии объекта формируется на выходе измерительного устройства. Путем различных способов отображения эта информация может быть представлена оператору или может быть автоматически обработана для дальнейшего использования. Важным компонентом такой обработки является сопоставление представленной информации с полем допусков для вынесения заключения о техническом состоянии диагностируемого объекта.

Из всего выше сказанного можно сделать вывод что заключение о техническом состоянии диагностируемого объекта выносится с определенной ошибкой, которая может быть допущена из-за неработоспособности средств диагностирования и большой погрешности измерений. Для устранения ошибок необходимо учитывать совокупность состояния объекта и средств диагностики.

Список литературы

1. Государственный стандарт союза ССР. Техническая диагностика. Термины и определения. ГОСТ 20911-89
2. Бобровников Я.Ю., Стецюк А.Е. Диагностические комплексы электроподвижного состава: учеб. пособие. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2012. 94 с.
3. Грунтович Н.В. Техническое диагностирование дизелей сельскохозяйственной техники // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: материалы VIII НТК. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2014. С. 85-88.
4. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В. Вибродиагностирование топливных форсунок на работающем двигателе. Агротехника и энергообеспечение. 2016. Т. 2, № 4 (13). С. 47-55.
5. Маркарянц Л.М., Безик В.А. Причины возникновения аварийных режимов электроприводов // Сельский механизатор. 2016. № 10. С. 20-21.
6. Безик В.А. Структура средств защиты электроустановок // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции. Брянск, 2012. С. 22-28.

Широбокова Ольга Евгеньевна

канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики и автоматики

Якуткина Инна Викторовна

ст. преподаватель кафедры физической культуры и спорта

Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

ЛЕЧЕБНОЕ ДЕЙСТВИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Аннотация. *В статье рассмотрен механизм непродолжительного действия магнитных полей (МП) на организм человека и его последствия.*

Ключевые слова: *магнитное поле, организм человека, тепловой эффект.*

MEDICAL ACTION OF THE MAGNETIC FIELD ON HUMAN ORGANISM

O.E. Shirobokova, I.V. Yakutkina

Abstract. *The article describes the mechanism of the short-term effect of magnetic fields (MP) on the human body and its consequences.*

Keywords: *magnetic field, human body, thermal effect.*

Механизм непродолжительного действия магнитных полей (МП) на организм человека достаточно сложен, но вкратце может быть сведен к наведению в тканях электродвижущих сил (ЭДС), и как следствие – образование индуцированных кольцевых токов, оказывающих воздействие на пара- и диамагнитные молекулы. На клеточном уровне под действием магнитного поля возникает вращательный момент, под влиянием которого молекулы располагаются вдоль основных осей вращательной симметрии. В результате изменяются свойства клеточных мембран и структура клетки: восстанавливается проницаемость мембран, нормализуются диффузные и осмотические процессы в клетке и, соответственно, электролитный состав. Изменяется электронный потенциал ткани, повышается уровень метаболизма, окислительно-восстановительных процессов и свободно-радикального окисления. Повышается скорость течения ферментативных реакций, и нормализуются транспортные свойства биологических мембран. Этот эффект наиболее выражен на уровне капиллярного русла (изменение проницаемости состояния эндотелия, коллоидно-осмотического давления, в результате чего улучшается микроциркуляция, т.е. открываются нефункционирующие капилляры). Как закономерное следствие ускоряются процессы репарации, повышается иммунологическая реактивность (клеточное и гуморальное звено иммунитета), изменяется активность брадикининовой системы.

Отчетливый нормализующий эффект оказывает МП на вегетативную нервную систему. Важным является факт, что импульсные МП обладают значительно более выраженным эффектом, чем постоянные и переменные поля.

Импульсные МП свободно проходят через ткани организма, не «замечая» их, одежду, гипсовые повязки, но довольно быстро затухает в зависимости от расстояния и формы индуктора, что позволяет применять МП в травматологии.

Магнитное поле не обладает тепловым эффектом, и поэтому менее нагрузочное, легче переносится больными и имеет меньше противопоказаний, чем электромагнитное воздействие, которое приводит аппараты УВЧ, Ранет, Луч и индуктотермия.

Часть пациентов отмечает «тепловой» эффект в месте воздействия, который связан с интенсификацией кровообращения под действием магнитного поля.

Органы и системы организма человека по-разному реагируют на действие магнитного поля. Избирательность ответной реакции организма зависит от электрических и магнитных свойств тканей, их различия в микроциркуляции, интенсивности метаболизма и состояния нейрогуморальной циркуляции. По степени чувствительности различных систем организма к магнитному полю первое место занимает нервная, затем эндокринная системы, органы чувств, сердечно-сосудистая, кровь, мышечная, пищеварительная, дыхательная и костная системы.

Действие магнитного поля на нервную систему характеризуется позитивным изменением физических и биологических процессов.

Происходит стимуляция процессов торможения, что объясняет возникновение седативного эффекта и благоприятные действия МП на сон, и эмоциональное напряжение.

В клетках происходит стимуляция выработки веществ (релизинг-факторов), которые регулируют функции основных эндокринных желез. Это приводит к восстановлению нормальной работы гормонов эндокринными железами - надпочечников, щитовидной, поджелудочной железой. Отмечено, что у лиц, получивших магнитотерапию в случае повышенного уровня сахара на фоне лечения, на несколько единиц снижался уровень сахара в крови. Проще говоря – восстанавливается обмен веществ, что благотворно влияет на общее состояние организма, стимулируются и остальные процессы.

Возбужденные гипоталамо-гипофизарной системы вызывает цепную реакцию активизации периферических эндокринных желез- мишеней под влиянием рилизинг-факторов, синтез которых стимулируется в гипоталамо-гипофизарной си теме, а затем и многочисленных разветвленных метаболических реакций.

В эндокринной системе магнитного поля с магнитной индукцией до 30мТл и частотой 50Гц с небольшой продолжительностью до 20 минут, происходит развитие реакции тренировки и повышенной активности всех отделов эндокринной системы.

Под влиянием импульсного магнитного поля (ИМП) с индукцией малой интенсивности снижается тонус церебральных сосудов, улучшается крово-

снабжение мозга, происходит активизация азотистого и углеродно-фосфорного обмена, что повышает устойчивость мозга к гипоксии. При воздействии магнитным полем на шейные симпатические узлы и паретичные конечности у больных, перенесших мозговую инсульт, отмечается улучшение церебрального кровотока и нормализация повышенного артериального давления.

Воздействие ИМП на воротниковую область также приводит к улучшению гемодинамики и снижению давления до нормальных цифр, т.е. возможна коррекция нарушений мозговой гемодинамики при различных патологических состояниях.

Нервная система реагирует на действие магнитного поля понижением чувствительности периферических рецепторов, что обуславливает обезболивающий эффект, и улучшением функции проводимости, которая благоприятно влияет на восстановление функций травмированных периферических нервных окончаний за счет улучшения роста аксонов, минимизации и торможения развития в них соединительной ткани.

При воздействии импульсного магнитного поля отмечается снижение давления в системе глубоких и подкожных вен, артериях. Одновременно повышается тонус стенок сосудов, происходят изменения упруго-эластичных свойств и биоэлектрического сопротивления стенок кровеносных сосудов.

При влиянии магнитных полей на область крупных сосудов возникает гипокоагулятивный эффект за счет активизации противосвёртывающей системы, уменьшения внутрисосудистого пристеночного тромбообразования и снижение вязкости крови посредством влияния магнитных полей малой интенсивности на ферментативные процессы, электрических и магнитных свойств элементов крови, принимающих участие в гемокоагуляции так же происходит повышение сосудистой и эпителиальной проницаемости, прямым следствием чего является ускорение рассасывания и введенных лекарственных веществ. Благодаря данному эффекту магнитотерапия нашла широкое применение для лечения травм, ран и их последствий.

При воздействии магнитного поля на большую часть организма человека (основной излучатель – ОУ) оно оказывает значительное влияние на обмен веществ в организме. При действии на отдельные системы организма в сыворотке крови увеличивается количество общего белка, глобулинов и повышается их концентрация в тканях за счёт α и γ глобулиновых фракций. При этом происходит изменение структуры белков. При кратковременных ежедневных общих влияниях на организм магнитных полей снижается содержание жира виноградной и молочной кислот не только в крови, но также в печени и в мышцах. При этом происходит увеличение содержания гликогена в печени.

Под действием магнитного поля в тканях происходит снижение содержания ионов натрия Na при одновременном повышении концентрации ионов калия K, что является свидетельством изменения проницаемости клеточных мембран. Отмечается снижение содержания железа Fe в мозге, сердце, крови, печени, мышцах, и повышение его в костной ткани. Это перераспределение Fe связано с изменением состояния органов кроветворения. При этом повышается содержание меди Cu, в мышцах сердца, селезенке, семенниках, что

активизирует адаптационно компенсаторные процессы организма. Содержание СО понижается во всех органах и происходит их перераспределение между кровью, отдельными органами и тканями.

Под влиянием магнитного поля биологическая активность Mg возрастает. Это приводит к уменьшению развития паталогических процессов в печени, сердце, мышцах.

Магнитное поле небольшой концентрации стимулирует процессы тканевого дыхания, изменяя соотношение свободного и фосфорилирующего окисления дыхательной цепи. При этом усиливаются обмен нуклеиновых кислот и синтез белков, что влияет на пластические процессы.

Характерным проявлением действия магнитного поля на организм считается активизация процессов истаболизма углеводов и липидов. А последние свидетельствуют увеличение неэстерифицированных жирных кислот и фосфолипидов в крови и внутренних органов, уменьшение холестерина крови.

Таким образом, кратковременное воздействие магнитного поля обладает многообразным действием на организм, что способствует развитию благоприятных явлений. Наиболее доказанным и имеющим наибольшее значение для клиники является седативные, гипотензивные, противоотёчное, болеутоляющее действия. При определенных условиях, а в частности, при воздействии на крупные сосуды магнитотерапия оказывает дезагрегационный и гипокоагуляционный эффекты, улучшает микроциркуляцию и региональное кровообращение, благоприятно влияет на иммунореактивные и нейровегетативные процессы. Воздействие магнитным полем не вызывает образование эндогенного тепла, повышения температуры и раздражения кожи. Отмечается хорошая переносимость магнитопроцедур пациентами всех возрастов.

Список литературы

1. Аппарат магнитотерапевтический АЛМАГ-02: инструкция по применению.

2. Широбокова О.Е., Прыгов Н.М. Биологическое воздействие электромагнитных полей // Проблемы энергетики и природопользования вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2012. С. 133-137.

3. Прыгов Н.М., Кирдищев Д.В. Мы и электромагнитное поле // Проблемы энергетики и природопользования вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2012. С. 172-178.

4. Прыгов Н.М., Широбокова О.Е., Кирдищев Д.В. Действие электромагнитных полей на здоровье человека // Проблемы энергетики и природопользования вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2012. С. 144-149.

Широбокова Ольга Евгеньевна

канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики и автоматики

Черненкова Инна Ивановна

канд. филол. наук, доцент кафедры философии, истории и педагогики

Чебан Георгий

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Полухин Александр Геннадьевич

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ КОМПЕНСАТОРЫ (РЕЗОНАТОРЫ) ДЛЯ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

***Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы компенсации реактивной мощности, позволяющие снизить затраты на электроэнергию. Рассмотрена групповая и индивидуальная компенсация*

***Ключевые слова:** мощность электроэнергии, компенсация реактивной мощности, резонаторы.*

INDIVIDUAL COMPENSATORS (RESONATORS) FOR THE ECONOMY OF ELECTRICAL ENERGY AND IMPROVEMENT OF THE POWER FACTOR

O.E. Shirobokova, I.I. Chernenkova, G. Cheban, A.G. Polukhin

***Abstract.** The article discusses the issues of reactive power compensation, allowing to reduce energy costs. Considered group and individual compensation*

***Keywords:** power, electricity, reactive power compensation, resonators.*

Компенсация реактивной мощности (КРМ) является неотъемлемой частью задачи электроснабжения промышленных предприятий АПК. Компенсация реактивной мощности одновременно с улучшением качества электроэнергии в сетях промышленных предприятий является одним из основных способов сокращения потерь электроэнергии. [2]

В настоящее время существует два вида компенсации реактивной мощности:

1. Групповая компенсация, при которой предприятие не имеет никакой экономии (от реактивной энергии разгружаются сети энергоснабжающей организации) (Рис.1.-КУ-1,КУ-2)

2. Индивидуальная компенсация, которая по сравнению с групповой имеет ряд преимуществ, одним из которой является реальная экономия ЭЭ (Рис.1.-КУ-3).

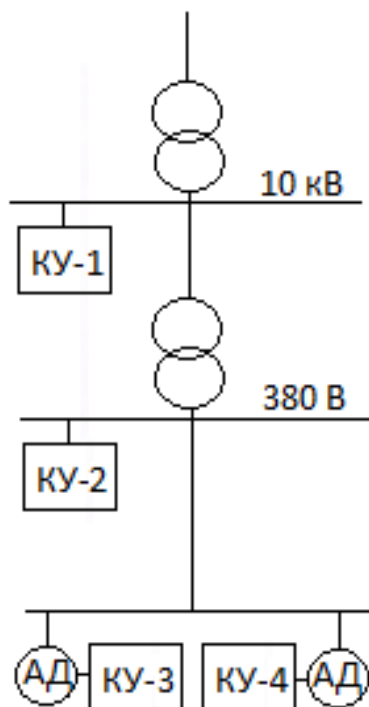


Рис.1. К иллюстрации подключения КУ

Электродвигатели и распределительные трансформаторы являются основным оборудованием, создающим нагрузку в промышленных электросетях, за исключением некоторых специфичных производств - электросталеплавильные печи, производство алюминия, гальваническая обработка пр. В подавляющем большинстве случаев нагрузка носит индуктивный характер. В этом случае снижается $\cos\phi$ и для его повышения необходимо подключить компенсирующее устройство [1,2-4]. Это приводит к тому, что результирующая нагрузка становится чисто активной и $\cos\phi$ приобретает максимальное значение. При повышении $\cos\phi$ с 0,5 до 0,9 снижение общей потребляемой мощности составляет 44%.

Известно, что подключение КУ-1 или КУ-2 практически не влияет на уменьшение реактивной мощности в АД. Наибольший эффект достигается при подключении КУ непосредственно к электродвигателю.

В странах ЕС ведется жесткий контроль над реактивной мощностью предприятий (Табл.1).

Таблица 1- Наценка за неподдержание предписанного уровня $\cos\phi$ (Европейские страны)

tg φ отбора	cosφ отбора	Наценка в %
1,008-1,034	0,7	37,59
0,869-0,895	0,75	28,07
0,737-0,763	0,8	19,74
0,607-0,632	0,85	12,38
0,471-0,498	0,9	5,85
0,311-0,346	0,95-1	Наценка отсутствует

Результаты экспериментальных исследований использования КУ на ответственных предприятиях представлены в таблице 2.

Таблица 2 -Результаты экспериментальных исследований на предприятиях от применения индивидуальных компенсаторов РМ (экспериментальные данные авторов)

Функция механизма	Р _{ном} ЭД, кВт	РРежим работы ЭД	Значения параметров ЭД			
			I _{нагр} , А	cos φ	Р, кВт	Q, кВАр
Конвейерный транспорт	132	Без КУ	99,6-101	0,37-0,49	18,8-34,5	54,2-54,6
		С КУ	20-22	0,99	8-11,5-14	0,12-0,6
Дымосос котла	11	Без КУ	11,3	0,39	2,85	6,95
		С КУ	2,9	0,99	1,68	0,67
Насос	250	Без КУ	357,8	0,8	208,3	152,9
		С КУ	263,8	1,0	189,3	2,4

При использовании индивидуальной компенсации достигаются следующие результаты:

- снижение потребления активной мощности ЭД на 5-12% в зависимости от режима работы двигателя;

- компенсация реактивной мощности на 98-99% и, соответственно рост cos φ до 0,9-0,95;

- уменьшение величины потребляемого тока на 15-35%

- снижение вибрации двигателя;

- снижение пусковых токов на 10-20%;

- уменьшение значений высших гармоник;

- увеличение времени выбега двигателя в 2-3 раза после отключения питающего напряжения, что может обеспечить повторный запуск ЭД после кратковременного обесточивания.

- уменьшение вибрации корпуса ЭД на отдельных частотах.

Список литературы

1. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электрической энергии. М.: Энергоатомиздат, 1985. 224 с.

2. Широбокова О.Е., Прыгов Н.М. К вопросу компенсации реактивной мощности в электрических сетях с вентильными преобразователями // Проблемы энергообеспечения, информатизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2013.

3. Совершенствование систем управления энергетической эффективностью и экономической безопасностью промышленных предприятий / Н.В. Грунтович, Н.В. Грунтович, Л.Г. Ефремов, О.В. Федоров // Вестник Чувашского университета. 2015. № 3. С. 40-48.

4. Грунтович Н.В. Экспертные системы управления энергоэффективностью и энергетической безопасностью // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. 2014. № 4. С. 16-20.

5. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В. Вибродиагностирование топливного насоса высокого давления на работающем двигателе // Энергосбережение и эффективность в технических системах: материалы IV Международной научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Тамбов: Изд-во Тамбовский государственный технический университет, 2017. С. 396-397.

6. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В., Попов В.Б. Разработка диагностической модели дизельных форсунок по результатам вибродиагностирования // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2017. № 2 (69). С. 18-24.

Широбокова Ольга Евгеньевна

канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики и автоматики

Лягин Дмитрий Владимирович

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Шаповалов Александр Александрович

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Шестопалов Дмитрий Николаевич

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

О ВАЖНОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ БАЛАНСОВ

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы составления энергетических балансов. Приведены результаты энергетического обследования Новозыбковского филиала ФГБОУ ВО Брянского ГАУ, предложены мероприятия по энергосбережению.

Ключевые слова: электроэнергия, теплоэнергия, энергетическое обследование, термомодернизация.

ON THE IMPORTANCE OF MAKING ENERGY BALANCES

O.E. Shirobokova, D.V. Lyagin, A.A. Shapovalov, D.N. Shestopalov

Annotation: The article deals with the compilation of energy balances. The results of the energy audit of the Novozybkov branch of the FSBEI HE Bryansk State Agrarian University are given, energy saving measures are proposed.

Keywords: electricity, heat, energy inspections, thermos renovation.

Энергетические балансы являются основными методами планирования и анализа энергетического использования промышленных предприятий, электростанций и других энергетических объектов. Они позволяют установить требуемые размеры и соотношения в потреблении, производстве и получении различных видов энергии (мощности) и топлива. При этом энергетические балансы учитывают взаимосвязь энергетики предприятия с его производством и энергетическим хозяйством района, отражают внутренние связи между отдельными частями энергетического хозяйства и определяют направления и задания в области развития и совершенствования энергохозяйства на планируемый период.

Под балансом электроэнергии (мощности) в электрической сети подразумевается равенство поступившей в электрическую сеть энергии (мощности) и переданной потребителям электрической энергии (мощности) с учетом фактических потерь электрической энергии (мощности) на ее передачу и распределение и производственных нужд сетевой организации.

Целью проведения энергетического обследования предприятий, учреждений и организаций является достижение максимальной эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и обеспечения их экономии.

Согласно ФЗ №261 от 23.11.2009 года каждое здание, за исключением культовых зданий, объектов индивидуального строительства, малых сооружений, должно соответствовать требованиям энергоэффективности. Рассмотрим

Обследование включает в себя получение общей характеристики объекта энергообследования и данных, необходимых для оценки резервов экономии энергоресурсов. В процессе проведения энергоаудита проводится составление энергетических балансов объекта, анализ которых позволяет выявить объекты с наибольшим потреблением топливно-энергетических ресурсов и наметить пути поиска резервов экономии, а также источники нерационального расхода энергоресурсов.

По результатам энергетического обследования разрабатываются:

- оптимальный режим потребления ТЭР;
- программа по энергосбережению, которая включает мероприятия по реализации основных направлений энергосбережения с указанием ожидаемых конечных результатов и их экономической эффективности. В качестве объекта исследования был выбран Новозыбковский филиал ФГБОУ ВО Брянского ГАУ.

При проведении энергоаудита была изучена информация, включающая в себя следующие данные:

- годовое потребление и расход энергоресурсов (тепловой и электрической энергии) по Новозыбковскому филиалу ФГБОУ ВО Брянский ГАУ (Новозыбковский сельхозтехникум), выявление энергетической составляющей и данные по удельным расходам всех видов энергии;

- источники теплоснабжения, электроснабжения, включая их технические характеристики;

- показатели энергопотребления в существующих формах статистической отчетности и внутренней отчетности (эксплуатационные журналы, регламенты, проектная документация, паспорта на оборудование);

- мероприятия и их выполнение за 2018 год по повышению эффективности энергетического использования;

- состояние учета и нормирование расходов всех видов энергии;
- паспорта на оборудование, технические характеристики энергопотребляющего оборудования, результаты проведения замеров.

Основными этапами энергетического обследования являются:

- ознакомление с образовательным учреждением Новозыбковский сельхозтехникум, определение его энергетической характеристики, сбор документальной информации и т.п.;

- определение энергетических потоков и энергетических балансов;
- анализ и оценка эффективности использования энергоресурсов;
- разработка и технико – экономическое обоснование рекомендаций по повышению энергетической эффективности учреждения и программы по энергосбережению.

Энергосбережение основывается на повышении эффективности использования энергетических ресурсов в хозяйстве. Пути решения этой

проблемы включают в себя:

-внедрение новых технологий и оборудования, обеспечивающих снижение удельного расхода, тепловой и электрической энергии;

- совершенствование и модернизацию существующего оборудования;

- широкое использование всех вторичных энергоресурсов, и т. д;

По результатам энергетического обследования разрабатываются:

- оптимальный режим потребления ТЭР;

- программа по энергосбережению, которая включает мероприятия по реализации основных направлений энергосбережения с указанием ожидаемых конечных результатов и их экономической эффективности.

Основными направлениями энергосбережения являются:

- снижение потерь тепловой энергии за счет термореновации зданий;

-снижение расхода электроэнергии за счет применения энерго-сберегающих ламп и светильников для внутреннего и наружного освещения.

В данном отчете приведены результаты энергетического обследования Новозыбковский филиал ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, предложены мероприятия по энергосбережению и их технико-экономическое обоснование.

Новозыбковский сельскохозяйственный техникум является потребителем следующих видов энергетических ресурсов:

1. электрическая энергия;
2. тепловая энергия;
3. водные ресурсы.

Электроэнергия

Снабжение электрической энергией осуществляется от ТП районных электрических сетей, которые находятся на балансе МРСК Центр «Брянск-энерго» районные электрические сети.

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет» располагает структурными и принципиальными схемами электроснабжения соответствующих объектов.

Новозыбковский сельхозтехникум осуществляет коммерческий учет электроэнергии. Учет потребляемой электроэнергии ведется с помощью электросчетчиков типа СА4У-5А. Места установки электросчетчиков показаны на схеме электроснабжения. Счетчики установлены в электрощитовой на каждом вводе, кроме того, установлен счетчик, ведущий отдельный учет потребления электроэнергии по столовой.

Все счетчики электрической энергии установлены на стороне 0,4кВ в электрощитовых.

Информация о расходе электроэнергии снимается со счетчиков ежемесячно и заносится в журнал. Автоматизированной системы учета и контроля расхода электроэнергии нет.

Данные о расходе тепловой и электрической энергии за 2017 год представлены на диаграмме.

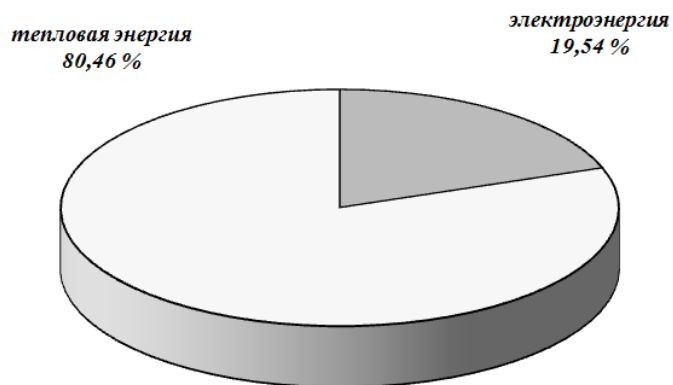


Рисунок 1. Распределение потребления ресурсов по видам

Выводы: Учетом охвачено все электропотребление учебного корпуса сельхозтехникума. Существует разделение учета по направлениям расхода электроэнергии по целевому назначению (на освещение, потребителей столовой, силовое оборудование мастерских). Состояние учета удовлетворительное.

Тепловая энергия

Служба энергетиков Новозыбковский филиал ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет» обладает схемами теплотрасс надлежащих объектов. Учет потребляемой тепловой энергии выполняется с помощью приборов – теплосчетчиков. Приборы тепловые счетчики установлены на вводах в тепловых узлах. Показания приборов об расходовании тепловой энергии регулярно заносятся в журнал. Тепловые пункты оборудованы пластинчатыми теплообменниками. Для уменьшения потребления тепловой энергии в тепловых пунктах имеются регуляторы температуры.

Учетом охвачено все теплоснабжение объекта обследования. Учет потребляемой тепловой энергии ведется с помощью теплосчетчика типа TOP, установленного на вводе в теплоузел техникума. Теплосчетчик ведет учет по вводу (суммарный по отоплению и горячему водоснабжению). Отдельного теплосчетчика для учета тепла, расходуемого на ГВС нет.

Выводы: Учетом охвачено все теплоснабжение сельхозтехникума. Состояние учета удовлетворительное. Однако установленный теплосчетчик достаточно устаревший, поэтому желательна замена его на более новый и совершенный.

Список литературы

1. Алексанян И.Э., Безик В.А. Анализ состава и состояния электрооборудования сельскохозяйственных потребителей Рославльского района Смоленской области // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сборник материалов Международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 7-11.
2. Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года: распоряжение Правительства РФ от 13 Л 1. 2009. № 1715-р.3.
3. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности: ФЗ № 261 от 23.11.2009.

Шустов Александр Фёдорович
докт. филос. наук, профессор,
зав. кафедры философии, истории и педагогики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

ОРУДИЙНЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЕГО СОЦИОКУЛЬТУРНАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ

***Аннотация.** В статье рассматриваются социокультурные аспекты развития орудийного этапа технической деятельности. Выделен функциональный критерий как основа классификации технической деятельности. То есть качественно новый этап развития технической деятельности это новая функция, возложенная на него субъектом деятельности. Показана роль культурной среды как основы создания и функционирования орудийного этапа технической деятельности.*

***Ключевые слова.** Техническая деятельность, культура, орудийный этап, ценности, нормы, субъект деятельности, социокультурная обусловленность.*

GUN STAGE OF DEVELOPMENT OF TECHNICAL ACTIVITY AND HIS SOCIOCULTURAL CONDITIONALITY

A.F. Shustov

***Abstract:** The sociocultural aspects of development of the gun stage of technical activity are examined in the article. A functional criterion as basis of classification of technical activity is distinguished. It is qualitatively the new stage of development of technical activity it is the new function laid on him by the subject of activity. The role of cultural environment as bases of creation and functioning of the gun stage of technical activity is shown.*

***Keywords:** technical activity, culture, gun stage, values, norms, subject of activity, sociocultural conditionality.*

История развития технической деятельности неразрывно связана с историей общества и культуры. «Этот процесс проходит несколько этапов и каждый из них имеет свои качественные характеристики и особенности. Важнейшей проблемой при этом является определение критериев, на основании которых предполагается та или иная классификация» [1, с. 42]. В процессе становления технической деятельности происходит изменение места и функции субъекта деятельности. Поэтому одним из главных критериев при определении ее периодизации следует считать функциональный критерий. Т.е. качественно новый этап развития технической деятельности - это выполнение качественно новой функции техническим объектом, которую на него возлагает субъект деятельности. Выполнение новой функции основано на качественно новом способе связи субъекта и объекта и передачи последнему функциональных характеристик субъекта.

Исторически первым этапом и, следовательно, первым способом соединения человека с техникой был ручной способ. Когда субъект деятельности орудием труда воздействовал на предмет труда. Движение человека опреде-

ляет движение орудия. Этот способ был господствующим с момента зарождения технической деятельности и до возникновения машинного производства. Главную функцию, которую выполняло орудие это усиление естественных органов и строилось по принципу “оргонопроекции”. Орудие было единственным техническим средством этого периода. Поэтому первый этап развития технической деятельности называется орудийным. В данной статье рассмотрим основные особенности данного этапа с точки зрения его связи с практикой и развитием культуры, которая определяет его системой фундаментальных ценностей и мировоззренческих ориентиров.

Система ценностей и мировоззренческих ориентиров составляет своего рода культурное пространство, которое обеспечивает воспроизводство и развитие социальной жизни[2,3,4,5]. Никакого типа или формы исторического развития технической деятельности не существует вне культуры, наоборот каждая ее форма и этап культурно обусловлены[6, с.1390]. Именно творческая самоорганизация человека, выражающаяся в продуктивной деятельности, полагает создание технических объектов как элементов человеческой культуры, в качестве социальной их ценности» [7, с. 208].

Рассмотрим первый орудийный этап развития технической деятельности. Исторически это самый продолжительный этап, который органически включает в себя первобытный, рабовладельческий и феодальный периоды. Для начала технической деятельности необходима некоторая различенность, некоторая противоположность моментов внутреннего и внешнего, субъективного и объективного. Различение внешнего мира и человека и отношение к этому миру. Эта различенность человека и природы есть главная предпосылка практического опыта и на его основе элементарной технической деятельности. Сознание субъекта с одной стороны, а предмет с другой стороны находящийся вне сознания и вся деятельность сводится к тому, что сознание пытается раскрыть определенность предмета и тем самым идет по пути раскрытия единства предмета и себя самого.

Итак, вопрос о зачатках технической деятельности нужно рассматривать в контексте диалектики взаимодействия человека и природы. “Техника ведет свое происхождение от цельного человека в его взаимодействии с каждой частью среды, использующего каждую свою способность, чтобы максимально реализовать собственные биологические, экономические и психологические потенции. Техника связана по происхождению с игрой, с мифом, фантазией, с магическими обрядами и религиозным механическим заклинанием” [8. с. 231]. Это подтверждается тем, что, природные предметы необходимые для жизни человека, зачастую непосредственно недоступны ему. И их присвоение может быть реальным только путем преобразования природы. Это стало возможным благодаря технической деятельности. Для того чтобы выжить человек должен был дойти до технического освоения природы.

Это освоение ему представлялось как естественный процесс. Поэтому первые орудия брались из той же природы, будь то палка, камень и т.д. На случайный характер первых орудий указывает Э. Капп. Он пишет, что “изобретение первых в высшей степени простых орудий происходило, конечно,

случайно, они без сомнения, скорее находились, чем изобретались” [9, с. 27]. При собирании диких плодов, съедобных трав, при охоте человек начинал пользоваться попавшими ему под руку готовыми природными предметами. Предметы эти употреблялись в качестве естественных орудий, затем люди пришли к мысли дать естественному орудью, лучшую, более удобную форму, затем стали выработывать его из особого вещества. Связь человека и орудия проявилась очень наглядно, технические орудия строились по антропологическому принципу, т.е. в соответствии с физическими органами человека. Человеческие органы явились образцом для создания первых орудий. Поэтому форма орудия должна исходить из формы человеческого органа и ставилась задача лишь увеличить его полезность и силу. Изогнутый палец становится прообразом крючка, горсть рук чашей и т.д.

Исходя из данных положений мы сформулируем следующий вывод: история человека разумного и история технической деятельности неотделимы друг от друга и имеют единую точку отсчета - когда появился способный к целесообразной деятельности и познанию человек. Возникновение низших форм технической деятельности позволило человеку управлять условиями природных процессов для удовлетворения своих потребностей. Постоянно пополняется и становится более разнообразным орудийный арсенал первобытного человека. Ф. Кликс отмечает, что известно свыше 100 различных типов кроманьонских орудий ... предпосылками для овладения данной технологией служит высокая степень мастерства” [10, с. 141-142]. Существует длительная традиция, согласно которой первобытный человек предстает перед нами как дикарь. По данному вопросу не прекращаются дискуссии, но представляется верной точка зрения тех авторов /Массон В.М., Кларк Д., Григорович В., Ларичев В.С. /, которые считают, что такое представление обедняет наши знания об интеллектуальной и духовной жизни древних. Результаты исследований последних десятилетий заставляют пересмотреть традиционные представления о первобытных людях. Уже племена среднего каменного века обладали примитивной, но эффективной технологией, способной удовлетворить потребности и обеспечить досуг.

Тем не менее, эмпирический технический опыт был мал, секреты мастерства наследовались традиционным способом. Несмотря на это роль техники как феномена социального наследования, прочно утвердилась в культуре. Передача технической информации осуществлялась устно с использованием самого технического средства как наглядного образца. В этом смысле уже простейшая орудийная техника представляла собой культурное информационное средство, позволяющее производить процесс наследования [11].

Технические знания этого периода технической деятельности носили преимущественно рецептурный характер. В рецептах фиксировались, наиболее значимые особенности деятельного процесса, а именно действия субъекта с предметами и сами эти предметы. Можно сказать, что рецептурное знание не только отражает деятельность, но и схематизирует ее. Если реальные предметы деятельности обладают множеством характеристик и признаков, то

в рецептах закреплялись только те специфические особенности деятельности, которые оказывают существенное влияние на ее эффективность.

Рецептурное знание носило догматический характер потому, что рецепт необходимо строго соблюдать. Инновация это уже отступление от него. Тем не менее, процесс развития и совершенствования орудия продолжался. Становление орудийного этапа развития технической деятельности занимало довольно продолжительное историческое время, в ходе которого менялось и совершенствовалось орудие.

Прослеживая тенденции нарастания трудоемкости производства обнаруживается, что развитие технической деятельности происходило по следующим направлениям: а/ рост силового эффекта, б/ возрастание скорости движения орудия, в/геометрическая правильность форм орудий, г/ точность движений в работе, д/ устройство первобытных автоматических приспособлений для ловли зверей, е/ дифференциация орудий и социализация производства, ж/ упрощение конструкций и технологии, рост целесообразности, з/ активное воздействие человека на природу посредством превращения вещества и энергии из одного физико-химического состояния в другое, и/ замена старых орудий и процессов новыми, сохранение и модернизация прежних орудий и процессов.

Субъект деятельности этого периода выступал как представитель культуры своего времени и нуждался в ней для эффективности своей деятельности. Для этого он использовал магию, которая была широко распространена в духовной культуре тех времен. На активную взаимосвязь и взаимообусловленность магического и технического в первобытной культуре акцентируют внимание многие авторы. Среди них Леви-Брюль, Липс Ю., Фрэзер Д.Д., Токарев С.А., Тайлор Э.Б. и др. Первые технические орудия создавались для утилитарных целей, но подвергались дополнительной духовной обработке, над ними проводились действия, которые должны были облегчить орудию успешное функционирование. Само техническое действие орудия начинается с обряда и обрядом заканчивается. Изначально техническое орудие имело утилитарно-магическую природу. Причем за магическим действием сохранялось главенство. Магическим действием наделяется не только орудие, но и все окружение первобытного человека. Он наделял магическими свойствами деревья, камни, а вместе с тем и сами же созданные фигурки, посуду, копья, вытопанную тропинку.

Главную силу в охоте играет не орудие, а магическая сила, умение привлечь животное. Если животное убивалось, то причиной считалось не то, что стрелок был ловок, а стрела хороша, а то, что охотник знал заклинание. По мере совершенствования орудия магическая сила переносится и на техническое средство. Человек все более замечает не только свои умения, усилия, магические способности, но и работу орудия. Так возникает представление, что орудие работает не в силу прилагаемых усилий и его реальных качеств, а в силу волшебных свойств, т.е. происходит обожествление самого орудия.

Следующим шагом в развитии орудийного этапа технической деятельности является эпоха рабовладения. Формой организации технической дея-

тельности в этот период является ремесленная мастерская. Ремесло с точки зрения сущности этого вида технической деятельности, это мелкое ручное производство, господствующее до появления крупной машинной индустрии. Его характерными признаками являются: применение простых технических орудий, индивидуальный характер производства, работа на узкий рынок без всякого посредничества торгового капитала.

Эта форма зародилась еще в первобытном обществе и выражалась в специализации племен, развилась в эпоху рабовладения и наибольшего расцвета достигла в феодальном городе. Это позволяет сделать вывод о том, что она является наиболее соответствующей типу ручного орудия, формой организации технической деятельности и играла основную роль в социальном наследовании технической информации и развития субъектной стороны техники. В ремесленной мастерской субъект технической деятельности состоял из мастеров и рабов. Специальной сферы трансляции и хранения технических знаний как особой духовной области не было, передача информации основывалась на традиции. Отсюда и низкий уровень осмысления опыта деятельности.

Социокультурными основаниями деятельности ремесленника были мифологические, религиозные, магические обряды закрепляющие уверенность мастера в успехе своего труда [12]. Эти обряды и представления присоединялись к ремесленному знанию и образовывали с ним гармоническое единство. Характерным примером соединения магии с кузнечным производством может выступить описанный Ю. Липсом способ выплавки железа в африканском племени пангве: "В маленький горшочек складываются магические ингредиенты - пучок листьев, "священная кора", яд и кусочек мозгового вещества предка, который должен наблюдать за ходом плавки. Горшочек ставится в плавильную яму и закрывается древесным углем, железной рудой и еще одним слоем древесного угля. Затем в яму кладется кусок раскаленного угля, и работники, обслуживающие меха, начинают свою работу под звон железного колокола знахаря, танцующего под аккомпанемент песен и воплей и исторгающего пронзительные звуки из рога антилопы" [13, с.155].

Причины такой устойчивой ориентации субъекта технической деятельности на религию видятся в следующем. В религиозном знании содержатся ответы не только на вопрос о том, каков мир и человек, но и о том какими они должны быть. Ремесленник, рассуждающий об основаниях практической деятельности, кроме вопроса о средствах повышения эффективности своей деятельности, задавался вопросом о ее высших целях, о своем предназначении, о месте технической деятельности в структуре человеческой духовности. Они ясно осознавали ответственность субъекта технической деятельности за технические открытия и изобретения.

Завершает орудийный этап технической деятельности феодальный период ее развития. Он принадлежит к наименее изученному этапу философии техники и ждет своих исследователей. Мы ограничимся лишь его сущностными характеристиками, что отвечает задачам нашего исследования.

Период с 5 по 14 века французский историк и философ Жак ле Гоф характеризует как "технически отсталый". Изобретательство в этот период про-

явилось слабо, и технический прогресс характеризовался скорее количественными, нежели качественными параметрами. В основном происходило распространение орудий труда, механизмов, технических приспособлений известных с античности. Он пишет: "Механизация практически не сделала ни какого качественного прогресса в средние века. Почти все употреблявшиеся тогда механизмы были описаны учеными эллинистической эпохи" [14, с. 189].

Нам представляется, что это крайняя точка зрения на техническую деятельность этого периода. Дело в том, что она в это время приобретает ряд новых качественных форм своего становления. И, естественно, на протяжении целого тысячелетия она была неоднородной. Можно выделить три качественных этапа ее организации: ремесленная мастерская, где основным субъектом деятельности выступает ремесленник, цеховая организация, мануфактурная организация, которая характеризуется значительным разделением труда. Этот процесс начался с ремесленного труда, и максимальное свое выражение обрел в мануфактуре, в которой процесс технической деятельности разделен на ряд отдельных операций, закрепленных за специализированном субъектом деятельности. Это обстоятельство стало существенной предпосылкой для возникновения машины: отдельная машина заменяет отдельные операции, ее создание связано с созданием дифференцированных инструментов.

Сдерживающим фактором развития технической деятельности этого периода является форма передачи технических знаний, которые, как правило, носили сакральный характер и передавались по наследству или по родственной и клановой линии. В период средневековья использование практических знаний ремесленников и передача технических знаний по традиции составляли основную линию развития совокупного опыта общества по разработке орудий труда. Мастера, владевшие тайной своего ремесла, не были заинтересованы ни в его распространении, ни во введении различных новшеств. Знания в сфере примитивной и ремесленной техники носили, как правило, характер сакральной тайны, не могущей, как известно, подлежать развитию.

Социокультурной обусловленностью технической деятельности этого периода, несомненно, является возникновение и развитие христианства, которое сформировало новый взгляд на возможности человеческого преобразования. Оно выразилось в понимании человека как деятельного существа противостоящего миру в своей преобразовательной деятельности, в ее понимании как инновационного процесса направленного на преобразование объектов внешнего мира. Ключом к такому отношению к миру выступила идея творения мира. Исходя из которой христианская традиция, позволила весь физический мир видеть, как некое изделие, как нечто сконструированное.

Тогда возникла аналогия между божественным творением, создавшим природу и ремесленнической практикой, позволяющей творить новые вещи. В этой новой мировоззренческой ситуации окружающая действительность стала восприниматься в качестве объекта требующего усовершенствования.

Хочется отметить, что выше исследованный этап развития технической деятельности имел богатую субъектную культурную нагруженность. Она не ограничивалась чисто технической "печатью искусственного", а определя-

лась непосредственной деятельностью субъекта, вписанного в духовную культуру своего времени.

Список литературы

1. Свидерский А.А. Природа в системе ценностей современной культуры // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Иваново, 2018. С. 1390-1394.
2. Черненко И.И. Психолого-педагогическая подготовка студентов аграрных вузов к управленческой деятельности в АПК: дис ... канд. пед. наук. Брянск, 2009. 241 с
3. Черненко И.И. Организационно-педагогические условия подготовки студентов аграрных вузов к управленческой деятельности // Трансформация экономики региона в условиях инновационного развития: материалы Международной научно-практической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. С. 291-294.
4. Осадчая О.А. Роль экологии культуры в межкультурной коммуникации // Актуальные проблемы энергообеспечения, автоматизации, природопользования и строительства в АПК. Брянск, 2018. С. 111-118.
5. Осадчая О.А. Проблемы и принципы экологизации образования в высшей школе // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Брянск, 2018. С. 1383-1387.
6. Шустов А.Ф. Техническая деятельность: социокультурный анализ: монография. Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2000. 204 с.
7. Шустов А.Ф. Культурная детерминация ценностно-нормативных аспектов развития технической деятельности // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики: в 2-х ч. Ч. 1. Тамбов: Грамота, 2015. № 6 (56). С. 208-210.
8. Мэмфорд Л. Техника и природа человека // Новая технократическая волна на Западе. М., 1986. 453 с.
9. Капп Э. Происхождение орудия // Роль орудия в развитии человека. Л., 1925. 190 с.
10. Кликс Ф. Пробуждающееся мышление. М., 1983. 302 с.
11. Свидерский А.А. Ценностное отчуждение первой природы // Социально-экономические и гуманитарные исследования: проблемы, тенденции и перспективы развития. Брянск, 2016. С. 437-441.
12. Шустов А.Ф., Шустова Г.А. Техника как социокультурный феномен // Проблемы современного антропосоциального познания. Брянск, 2003. С. 65-73
13. Липс Ю. Происхождение вещей: из истории культуры человечества. М., 1954. 488 с.
14. Жак ле Гоф Цивилизация средневекового Запада. М., 1992. 376 с.

Шустов Александр Фёдорович
докт. филос. наук, профессор,
зав. кафедры философии, истории и педагогики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

СОЦИАЛЬНО-ЭТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Аннотация. В статье рассматриваются социально-этические проблемы современной технической деятельности, которая в своем сегодняшнем развитии породила много новых этических ситуаций. Обозначен круг качественно новых этических проблем, связанных с современным развитием техники. Показано что путь их снятия и разрешения в большинстве случаев лежит через нравственный аспект самосознания субъекта технической деятельности.

Ключевые слова. Техническая деятельность, этика, моральные нормы, культура, профессиональная мораль, техника.

SOCIALLY-ETHIC PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF TECHNIQUE AND TECHNICAL ACTIVITY

A.F. Shustov

Abstract: *The article deals with the social and ethical problems of modern technical activity, which in its current development has generated many new ethical situations. The circle of qualitatively new ethical problems associated with the modern development of technology is indicated. It is shown that the way of their removal and resolution in most cases lies through the moral aspect of self-awareness of the subject of technical activity.*

Keywords: *Technical activity, ethics, moral norms, culture, professional moral, technique.*

Философское осмысление технической деятельности включает в себе ряд онтологических, гносеологических, аксиологических и других проблем. В данной статье мы попытаемся осмыслить ее морально-этическое измерение. Выдвинутое утверждение требует своего обоснования в той связи, что точки соприкосновения техники и этики не очевидны: в значительной своей части техника – это сфера сущего, фактически обнаруживаемый феномен, где господствует целесообразность, прагматичность. Область этики – это нравственно-ценностное восприятие мира, сфера должного, идеалов. Данное положение основано на представлении о разделении сущего и должного, бытия и ценностей, теоретического разума и практического, берущем свое начало в философиях Д. Юма и И. Канта. Указанное разделение послужило основани-

ем для идеи моральной нейтральности науки и техники. Прежде всего, техника, отмечает Х. Блюменберг, «это не царство определенных объектов, возникающих в результате человеческой активности, а некое состояние отношений человека к миру» [1. с. 81].

Проблема отношений техники и нравственности является одной из древнейших в философии и этике. Истоки проблемы взаимосвязей техники и нравственности имеют давнюю историю. В своем сегодняшнем развитии техника породила множество новых проблемных этических ситуаций и сместила многие акценты о нравственных ценностях выработанных обществом исторически. Область этики значительно расширилась - это становится наиболее очевидным, если мы обратимся к таким новым областям техники как ядерная, биомедицинская, компьютерная, электронных средств массовой коммуникации и др.

Нравственность и технику необходимо рассматривать в рамках единого культурного пространства[2]. И противоречия между техническими и нравственными решениями сегодня возникают внутри единой социокультурной целостности, и проявляются они в доминировании значения технических объектов над веками, выработанными моральными ценностями. Симптоматично, что по отношению к отживающий свой век технике мы употребляем термин “морально устаревшая”, полагая и связывая добро только с технически новым, которое является более совершенным, эффективным, экономичным.

Опираясь на динамическое развитие науки, техника не только онаучивается ускоряет ритм жизни общества и человека, порождая в ней небывалую интенсивность. В то же время биологическая природа человека осталась практически неизменной – в своих изменениях и он не успевает за развитием технической деятельности, особенно духовная жизнь человека, прежде всего этическая ее сторона. Именно в названных выше противоречиях коренится природа этических проблем, связанных с современной техникой.

В. Хесле пишет: «В самом деле, некоторые формы рациональности, особенности техническая рациональность, развиваются достаточно быстро; более того, они нарастают по экспонате, тогда как другие, традиционно называемые мудростью, иными словами, связанные с усмотрением ценностей, ныне не развиваются совершенно и даже претерпевают регресс» [3, с. 42].

Отсюда вытекает требование: рассмотрение этических вопросов должно быть одним из ведущих при решении технических, или они должны решаться в тесном единстве. Приоритетная разработка этических норм техники следует из осознания факта глобальных техноэкологических проблем, на пороге которых оказалось человечество. Последние обусловлены тем, что в ходе совместной эволюции природы и общества наступило время, когда технические возможности общества оказались соизмеримыми с силами природы, что и привело к антагонизму между стихийно сформированной биосферой и созданной разумом человека техносферой [4].

Применительно к содержанию техники понятие “этика” употребляется как синоним самой морали общества, или той или иной профессиональной группы. Существование профессиональной морали объективно обусловлено

исторически сложившимся профессиональным разделением труда. Данное обстоятельство породило потребность в определении границ профессиональных обязанностей и выработке соответствующего отношения к ним - как со стороны представителей той или иной профессии, так и со стороны членов общества, не входящих в данную профессиональную группу[5,6].

Профессиональная мораль призвана обеспечить морально должный и ответственный выбор профессионального решения, его практическую реализацию, учитывающую необходимость сочетания общественных и личных интересов[7,8]. Она призвана корректировать социальную ориентацию личности, обеспечивая человека конкретизированными, с точки зрения специфики профессии, принципами или нормами деятельности. Аккумулируя моральные ценности, характерные для профессии, обеспечивая преемственность нравственных традиций, профессиональная мораль представляет и охраняет авторитет профессии [9].

Существование и социальная значимость инженерной этики связана с широким кругом нравственных явлений и отношений. Во-первых, с отношениями различных инженерно-технических групп и каждого специалиста в отдельности к обществу и общественной жизни. Нравственная сторона этих отношений находит свое конкретное выражение в понятиях профессионального долга и профессиональной чести. Во-вторых, с формированием моральных качеств личности инженера, как специалиста, обеспечивающих наилучшее выполнение им профессионального долга. В-третьих, со спецификой нравственных взаимоотношений внутри профессиональной инженерной среды и теми нравственными нормами, которые выражают эту специфику. В-четвертых, с влиянием профессиональной деятельности инженеров на нравственные качества членов общества. В-пятых, с особенностями воспитания молодых инженеров.

Следующий шаг нашего исследования состоит в определении круга этических проблем, связанных непосредственно с современными формами техники. Среди них: 1) Целый ряд нравственных проблем связанных с развитием электронных средств массовой коммуникации и их влиянием на поведение и сознание человека.

2) Наиболее противоречивые и острые этические проблемы связаны с ядерной технологией, как в сфере вооружений, так и в использовании ядерной энергии в мирных целях. При всех экономических и стратегических выгодах ядерной энергетики ее существование представляет угрозу самой жизни на Земле. Даже в условиях мирного существования огромное разрушительное воздействие оказывают высокотоксичные вещества, смертоносное воздействие которых будет длиться в течении многих тысячелетий.

3) Не менее противоречива и оценка этических перспектив развития генетических технологий. Ни одно из предшествующих поколений не имело возможности искусственно создавать новые формы жизни, включая человека, что связано с огромной моральной ответственностью, как в случае использования этих возможностей, так и в случае отказа от их реализации. Конечно, это представляет собой совершенно новое измерение этической про-

блематики. Имеет ли право человек на искусственное создание другой жизни и самого себя - и приведет ли это к лучшему?

Обозначив круг качественно новых этических проблем, связанных с современным развитием техники, отметим, что путь их снятия и разрешения в большинстве случаев лежит через нравственный аспект самосознания субъекта технической деятельности. Почему мы выделяем нравственный аспект в качестве доминанты? Во-первых, потому что нравственное самосознание рассматривается как особый атрибут развития сознания, через нравственное самосознание прослеживается способность человека контролировать свои поступки и действия и автономно оценивать их, регулировать свои технические потребности и пути их реализации. Во-вторых, вне сферы морали профессиональное совершенствование теряет свой позитивный и человеческий смысл. История XX века преподнесла ряд уроков “просвещенного и профессионального зла”.

На сегодняшний день несколько меняется традиционная направленность морали - от борьбы с проявлением природных стихий, вожделений в человеке к защите от античеловеческих форм знания, способных принести гораздо больший урон человечеству. Самоценность морали является полем добровольной и самостоятельной реализации сил, способностей, размышлений, ценностных и волевых устремлений человека, которые выражают его сущностную природу. И в этом смысле моральные ценности стоят выше экономических, политических, технических и других[10, с.1391]. В этом смысле субъект технической деятельности понимается как самостоятельная действующая сила, способная трансцендировать социальные, культурные и технические условия своего бытия.

Нравственное самосознание - одно из основных составляющих родовой сущности человека. Оно есть способ духовного его бытия. Разрушение нравственного начала есть саморазрушение личности во всем.

Нравственное самосознание субъекта технической деятельности означает способность соотносить свои пути реализации технических задач со значимостью социальных и культурных условий, в которые они включены[11]. Воспитание нравственного самосознания субъекта технической деятельности есть процесс, который сопровождает его в течение всей профессиональной деятельности и на каждом ее этапе требует духовных усилий.

Список литературы

1. Блумберг Х. Жизненный мир и технизация с точки зрения феноменологии // Вопросы философии. 1993. № 3. С. 64-93
2. Свидерский А.А. Формирование экологической культуры в техногенном обществе // Актуальные проблемы энергообеспечения, автоматизации, природопользования и строительства в АПК. Брянск, 2018. С. 102-110.
3. Хесле В. Философия и экология. М.: Наука, 1993. 205 с.

4. Черненкова И. И. Психолого-педагогическая подготовка студентов аграрных вузов к управленческой деятельности в АПК: дис ... канд. пед. наук. Брянск, 2009. 241 с.
5. Черненкова И.И. Организационно-педагогические условия подготовки студентов аграрных вузов к управленческой деятельности // Трансформация экономики региона в условиях инновационного развития. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. С. 291-294.
6. Шустов А. Ф. Техническая деятельность: социокультурный анализ: монография. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2000. 204 с.
7. Осадчая О.А. Роль экологии культуры в межкультурной коммуникации // Актуальные проблемы энергообеспечения, автоматизации, природопользования и строительства в АПК. Брянск, 2018. С. 111-118.
8. Шустов А.Ф. Культурная детерминация ценностно-нормативных аспектов развития технической деятельности // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики: в 2-х ч. Ч. 1. Тамбов: Грамота, 2015. № 6 (56). С. 208-210.
9. Шустов А.Ф. Социальная оценка развития техники // Вестник Брянской ГСХА. 2014. № 6. С. 3-5.
10. Свидерский А.А. Природа в системе ценностей современной культуры // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Иваново, 2018. С. 1390-1394.
11. Осадчая О.А. Проблемы и принципы экологизации образования в высшей школе // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Брянск, 2018. С. 1383-1387
12. Ульянова Н.Д. Тенденции развития информационного общества в Брянской области // Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты: сборник статей Международной научно-практической конференции. Брянск, 2018. С. 499-504.

Яковенко Николай Иванович

канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики и автоматики

Комаров Данил Сергеевич

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Марин Игорь Михайлович

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Майстренко Сергей Александрович

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СЕТЕЙ

Аннотация: эксплуатационная надежность, безотказность, сохраняемость

Ключевые слова: эксплуатационная надежность, безотказность, сохраняемость, ремонтпригодность

THE OPERATIONAL RELIABILITY OF CONSUMER NETWORKS

N.I. Yakovenko, D.S. Komarov, I.M. Marin, S.A. Maystrenko

Abstract: operational reliability, reliability, persistence

Keywords: operational reliability, reliability, persistence, maintainability

Для электротехнического оборудования под эксплуатационной надежностью понимается комплексное свойство электрооборудования, определяемое следующими показателями: сохраняемость, безотказность, надежность и долговечность работоспособного состояния, а также его ремонтпригодность.

Безотказность – это свойство всего комплекса электрооборудования непрерывно сохранять свои рабочие характеристики в течение эксплуатации.

Эксплуатационная надежность - это основное свойство электротехнических изделий в целом выполнять заданные функции, сохраняя эксплуатационные показатели в заданных режимах на любом этапе эксплуатации.

На практике используют ряд важных, для потребителей, показателей эксплуатационной надежности.

В качестве основных обобщенных показателей уровня надежности электрооборудования, преобразующего электрическую энергию в другие её виды за календарный период времени T_K используются:

- коэффициент технической готовности, $K_{ТГ} = \frac{T_{РАБ}}{T_{РАБ} + T_{РЕМ}}$

где $T_{РАБ}$ - время работы электрооборудования,

$T_{РЕМ}$ - время, затрачиваемое на восстановление оборудование в случае его выхода из состояния эксплуатации (время ремонта).

- коэффициент технического использования

$$K_{ТИ} = \frac{T_{РАБ}}{T_{РАБ} + T_{РЕМ} + T_{ТО} + T_{Д}},$$

где $T_{ТО}$ и $T_{Д}$ – суммарное время технического обслуживания и диагностирования (в часах), приходящееся на плановое время работы оборудования.

Надежность - свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения его эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортировки. Надежность тесно связана с различными сторонами эксплуатации электроустановок.

Надежность является одним из свойств электрооборудования и систем электроснабжения, которое проявляет себя только в процессе эксплуатации. Надежность закладывается при проектировании, обеспечивается при изготовлении, расходуется и поддерживается при эксплуатации.

Долговечность – свойство технических средств сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

В рассматриваемом случае предельное состояние технических средств определяется невозможностью их дальнейшей эксплуатации, что обуславливается либо снижением эффективности, либо требованиями безопасности, либо наступлением морального старения.

Как правило, работоспособное состояние изделия определяется заданным в документации перечнем параметров и допустимыми пределами их изменения. Потеря работоспособности называется отказом.

Причинами отказа могут быть как превышение допустимого уровня внешних воздействий, так и дефекты изделия. Следует помнить, что не все дефекты приводят к отказу. Об отказе изделия судят по возникновению шумов, появлению запаха горелой изоляции и пропиточных материалов, перегреву, изменению показаний контрольных устройств и приборов и т. п.

По своему характеру все дефекты и отказы могут быть:

- электрическими
- механическими

К электрическим относят нарушение контактов, короткое замыкание, обрывы электрических цепей, ошибки в соединениях и т. д.

Механическими дефектами являются неполадки в креплениях элементов, системах передач от серводвигателей к органам управления, приводах исполнительных механизмов, подвижных частях реле и контакторов и т. п.

Среди факторов, влияющих на эксплуатационную надежность электрических сетей, можно выделить тепловое старение изоляции проводов и кабелей.

Надежность эксплуатации изоляции проводников и кабелей определяется уровнем её нагревостойкости.

Температурный режим - способность материала сохранять электроизоляционные и механические качества без существенного их ухудшения при длительной рабочей температуре нагрева характеризуется его нагревостойкостью. Применяемые в электромашиностроении материалы разделяются по нагревостойкости на ряд классов.

Даже небольшое превышение рабочей температуры вызывает ускоренный износ изоляции, поэтому при эксплуатации электрооборудования особое внимание обращается на нагрев отдельных его узлов. На рисунке 1 показана зависимость срока службы изоляции классов А и В от температуры.

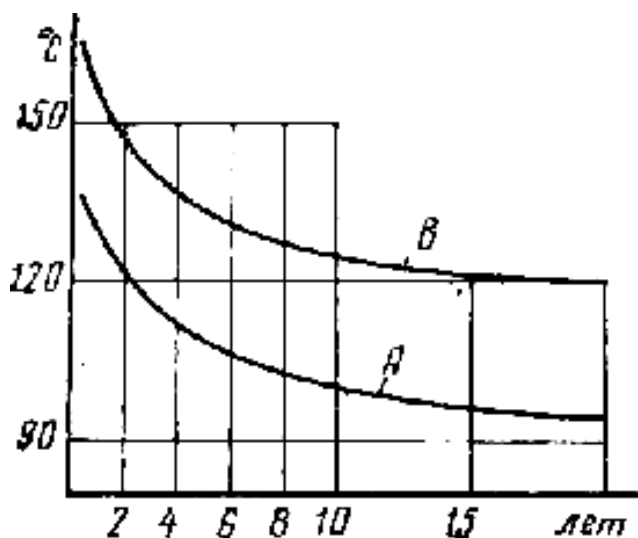


Рисунок 1. Зависимость срока службы изоляции классов А и В от температуры

Опыт показывает, что повышение температуры изоляции на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ сокращает срок ее службы примерно в два раза. Так, для изоляции класса А повышение температуры с 95 до $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ сокращает срок ее службы с 15 до 8 лет, а нагрев до $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ — до двух лет. В основе этого явления лежит общий закон зависимости скорости химических реакций внутри изоляционных материалов от температуры. Арениусом экспериментально установлена зависимость химических реакций от температуры, при повышении температуры скорость химических реакций значительно увеличивается.

Известно, что повышение температуры изоляционных материалов приводит, закономерно, к повышению скорости химических реакций. Вант-Гофф считал, что скорость химической реакции — это закономерное изменение концентрации реагирующих веществ в единицу времени. Но оно не всегда является равномерным. Правило Вант-Гоффа гласит, что при повышении температуры на каждые 10° K скорость химической реакции увеличивается в 2-4 раза, а её срок службы уменьшается как минимум в два раза.

Строгое соблюдение тепловых режимов работы электрооборудования, а также проводов и кабелей потребительских сетей позволит более длительное время обеспечивать их работоспособность.

Список литературы

1. Алексанян И.Э., Безик В.А. Анализ состава и состояния электрооборудования сельскохозяйственных потребителей Рославльского района Смоленской области // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сборник материалов Международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 7-11.
2. Безик В.А., Кубаткина О.В., Жиряков А.В. Качество электрической энергии в сетях с разрядными лампами // Актуальные проблемы энергообеспечения, автоматизации, природопользования и строительства в АПК: сборник материалов национальной научно-технической конференции. Брянск. 2018. С. 118-126.
3. Гурьянов Г.В., Кисель Ю.Е. Износостойкие электрохимические сплавы и композиты на основе железа. Брянск: БГИТА, 2015. 98 с.
4. Гурьянов Г.В., Кисель Ю.Е. Антифрикционные и износостойкие электрохимические покрытия. Брянск: Изд-во БГИТА, 2006. 121 с.
5. Ковалев В.В., Яковенко Н.И. Основные способы экономии электроэнергии в осветительных установках // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 99-103.
6. Маркарянц Л.М., Безик В.А., Кирдищев Д.В. Совершенствование системы управления энергетических установок в сельском хозяйстве // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4. С. 38-40.
7. Маркарянц Л.М., Безик В.А. Причины возникновения аварийных режимов электроприводов // Сельский механизатор. 2016. № 10. С. 20-21.
8. Маркарянц Л.М., Безик В.А., Самородский П.А. Эффективность применения устройств защиты электрооборудования // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: VIII Международная научно-техническая конференция / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2014. С. 136-140.
9. Яковенко Н.И. О математическом моделировании теплового состояния частично сосредоточенных взаимосвязанных объектов. // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сборник материалов Международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 180-181.

Яковенко Николай Иванович

канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики и автоматики

Скрипин Владимир Николаевич

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Саулин Александр Юрьевич

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Сенин Юрий Юрьевич

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

Аннотация: достижения электроэнергетика России

Ключевые слова: электроэнергия и её преимущества, выработка и потребление электроэнергии

THE MODERN CONDITION OF ELECTRIC POWER INDUSTRY OF RUSSIA

N.I. Yakovenko, V.N. Sckripin, A.Yu. Saulin, Yu.Yu. Senin

Abstract: the achievements of the power industry of Russia

Key words: electricity and its benefits, production and consumption of electricity

Энергия — общая количественная мера различных форм движения материи. Для любого вида энергии можно назвать материальный объект, который является ее носителем. Так, механической энергией обладают вода, ветер, заведенная пружина; тепловой — нагретый газ, пар, горячая вода. Носителем электрической энергии является особая форма материи — электромагнитное поле.

Электрическая энергия используется почти повсеместно. Большая часть производимой электроэнергии приходится на промышленность. Так же на транспорт, сельское и коммунальное хозяйства.

Многие железнодорожные линии перешли на электрическую тягу. Освещение жилищ, улиц городов, производственные и бытовые нужды сел и деревень - все это тоже является крупным потребителем электроэнергии.

Применение электрической энергии позволило повысить производительность труда во всех областях деятельности человека, автоматизировать и внедрить целый ряд технологических процессов в промышленности, на транспорте, в сельском хозяйстве и быту, основанных на новых принципах, ускоряющих, облегчающих и удешевляющих процесс получения окончательного продукта, а также создать комфорт в производственных и жилых помещениях.

Электрическая энергия кардинально изменила производство. Ее уникальное свойство переходить в другие виды энергии всегда считалось физической основой техники будущего, и прежде всего электротехники и электроэнергетики, которые уже в начале XX века стали началом научно-технической революции. И совсем уж недаром первые шаги электротехники были названы «колоссальной революцией». Развитие электроэнергетики сегодня является основным условием научно-технического *прогресса* и технического совершенствования производства.

Это обусловлено следующим:

- в электрическую легко преобразуются любые виды энергии (тепловая, атомная, механическая, химическая, лучистая, энергия водного потока), и наоборот, электрическая энергия легко может быть преобразована в любой другой вид энергии;

- электроэнергию можно передавать практически на любое расстояние;

- её можно легко дробить на любые части (мощность электроприемников может быть от долей ватта до тысяч киловатт);

- процессы получения, передачи и потребления электроэнергии можно просто и эффективно автоматизировать;

- управление процессами, в которых используется электроэнергия, обычно очень простое (нажатие кнопки, выключателя и т. п.);

- использование электроэнергии способствует созданию комфортных условий на производстве и в быту.

Единственным недостатком электрической энергии является «отсутствие склада готовой продукции», т. е. запастись электроэнергией в больших объемах и сохранять эти запасы в течение длительных сроков человечество еще не научилось. Запасы электроэнергии в аккумуляторах, гальванических элементах и конденсаторах достаточны лишь для работы сравнительно маломощных установок, причем сроки хранения этих запасов ограничены. Поэтому электрическая энергия должна быть произведена тогда и в таком количестве, когда и в каком ее требует потребитель.

Электроэнергию преобразуют в механическую с помощью электродвигателей, которые используют для привода станков и вращающихся машин в различных отраслях промышленности, сельском хозяйстве и быту.

Кроме того, электрическую энергию широко используют в технологических установках для нагрева изделий, плавления металлов, сварки, электролиза, для получения плазмы, новых материалов с помощью электрохимии, для очистки материалов и газов и т. д.

По оперативным данным АО «СО ЕЭС» потребление электроэнергии в Единой энергосистеме России в 2018 году составило 1055,5 млрд кВт•ч, что на 1,5 % больше объема потребления в 2017 году. Потребление электроэнергии в целом по России в 2018 году составило 1076,1 млрд кВт•ч, что на 1,6 % больше, чем в 2017 году.

Производство электроэнергии в России по итогам 2018 года достигнет рекордных показателей за всю российскую и советскую историю. Выработка электроэнергии в России в 2018 году составила 1091,6 млрд кВт•ч, что на 1,7

% больше, чем в 2017 году. Электростанции ЕЭС России выработали 1070,9 млрд кВт•ч, что на 1,6 % больше, чем в 2017 году.

Суммарные объемы потребления и выработки электроэнергии в целом по России складываются из показателей электропотребления и выработки объектов, расположенных в Единой энергетической системе России, и объектов, работающих в технологически изолированных территориальных энергосистемах (Таймырского автономного округа, Камчатского края, Сахалинской области, Магаданской области, Чукотского автономного округа). Фактические показатели работы энергосистем технологически изолированных территорий представлены субъектами оперативно-диспетчерского управления указанных энергосистем.

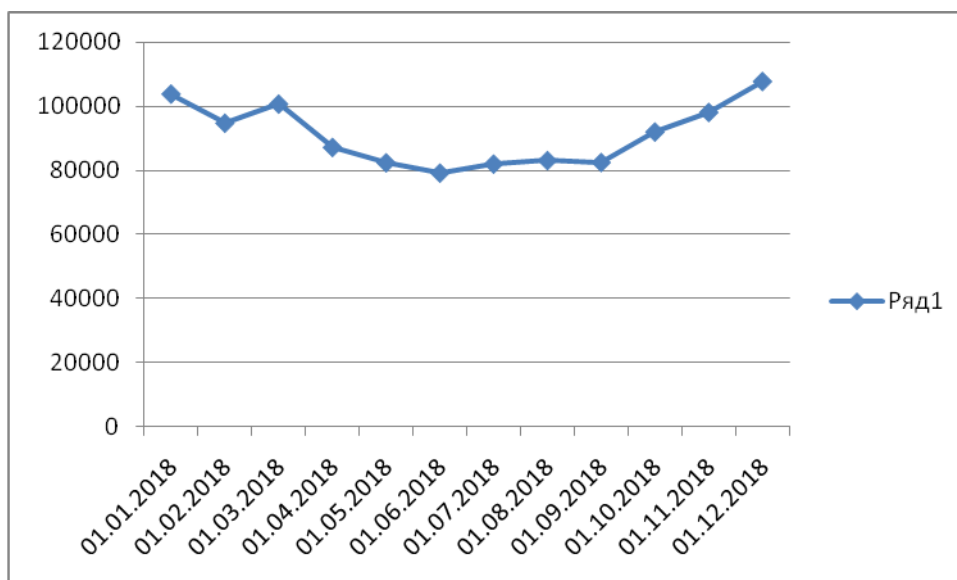
Статистика производства электроэнергии в 2018 году по месяцам

Дата	млн. кВт•час
01.01.2018	103603,5
01.02.2018	94555,6
01.03.2018	100500
01.04.2018	87000
01.05.2018	82200
01.06.2018	79000
01.07.2018	81800
01.08.2018	82300
01.09.2018	82300
01.10.2018	91800
01.11.2018	97900
01.12.2018	107520

Всего за 2018 год – 1 091 079, 10 млн. кВт•час

Изменение с 2017 годом +3,78%

График производства электроэнергии в 2018 году по месяцам



Основную нагрузку по обеспечению спроса на электроэнергию в ЕЭС России в 2018 году несли тепловые электростанции (ТЭС), выработка которых составила 620,1 млрд кВт•ч, что на 1,4 % меньше, чем в 2017 году. Выработка ГЭС за 2018 год составила 183,8 млрд кВт•ч (на 2,7 % больше, чем в 2017 году). АЭС в 2018 году выработано 204,1 млрд кВт•ч, что на 0,7 % больше объема электроэнергии, выработанного в 2017 году. Электростанции промышленных предприятий за 2018 год выработали 62,0 млрд кВт•ч (на 3,0 % больше, чем в 2017 году).

Данные за 2018 год

Регион	Выработка, млрд кВт•ч	В %
Восток	50,6	4,6
Сибирь	213,1	19,5
Урал	263,7	24,2
Средняя Волга	114,4	10,5
Центр	231,8	21,2
Северо-Запад	113,3	10,4
Юг	104,7	9,6
Итого	1091,6	100%

Максимум потребления электрической мощности в ЕЭС России в 2018 году зафиксирован 24 декабря. Его значение составило 151 877 МВт, что на 0,5 % больше аналогичного показателя 2017 года.

Увеличение потребления электроэнергии и мощности по ЕЭС России в 2018 году обусловлено температурным фактором: в марте и декабре 2018 года в энергосистеме наблюдалось существенное снижение среднемесячной температуры наружного воздуха относительно аналогичного показателя 2017 года – соответственно на 6,0 и 4,7 °С. Более низкая по сравнению с показателями 2017 года среднемесячная температура воздуха была также в феврале и ноябре 2018 года.

Главным потребителем электроэнергии является промышленность, на долю которой приходится около 70% производимой электроэнергии. Крупным потребителем является также транспорт. Все большее количество железнодорожных линий переводится на электрическую тягу. Почти все деревни и села получают электроэнергию от государственных электростанций для производственных и бытовых нужд. О применении электроэнергии для освещения жилищ и в бытовых электроприборах знает каждый.

Большая часть используемой электроэнергии сейчас превращается в механическую энергию. Почти все механизмы в промышленности приводятся в движение электрическими двигателями. Они удобны, компактны, допускают возможность автоматизации производства.

Около трети электроэнергии, потребляемой промышленностью, используется для технологических целей (электросварка, электрический нагрев и плавление металлов, электролиз и т. П.).

Современная цивилизация немислима без широкого **использования электроэнергии**. Нарушение *снабжения* электроэнергией потребителей при аварии парализует их деятельность жизнь.

Список литературы

1. <https://electricalnet.ru/blog/proizvodstvo-i-potreblenie-elektroenergii-v-rossii-vozroslo> - Электрические сети в Системе, информационно-консалтинговая группа. Источник: Энергетика и промышленность России. 13 янв. 2019 г.

2. Алексанян И.Э., Безик В.А. Анализ состава и состояния электрооборудования сельскохозяйственных потребителей Рославльского района Смоленской области // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сборник материалов Международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 7-11.

3. Ковалев В.В., Яковенко Н.И. Основные способы экономии электроэнергии в осветительных установках // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 99-103.

4. Мазур Иван. Энергия будущего. М.: Изд-во: Изд. центр "Елима", 2006. 823 с.

5. Родионов В.Г. Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего. М.: ЭНАС, 2010. 352 с.

Яковенко Николай Иванович

канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики и автоматики

Булыгин Захар Сергеевич

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Капишук Дарья Сергеевна

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Кожурин Дмитрий Александрович

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

ПРИМЕНЕНИЕ ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ ПОЧВ

***Аннотация.** Импедансная спектроскопия часто используется для оценки внутреннего строения различных материалов. Этот метод подразумевает исследование отклика интересующего материала на малое переменное электрическое воздействие в некотором частотном диапазоне. Применение этого метода может дать дополнительные сведения о внутренней структуре материала, в частности почвы. Наличие различных видов поляризации вызывает релаксационные процессы, наблюдаемые на частотных характеристиках.*

***Ключевые слова:** почва, электрическая проводимость, электрический ток, поляризация, импедансная спектроскопия.*

APPLICATION OF IMPEDANCE SPECTROSCOPY TO ASSESS SOIL PROPERTIES

N.I. Yakovenko, Z.S. Bulygin, D.S. Kapshukova, D.A. Kozhurin

***Annotation.** Impedance spectroscopy is often used to evaluate the internal structure of different materials. This method involves the study of the response of the material of interest to a small variable electrical effect in a certain frequency range. The application of this method can provide additional information about the internal structure of the material, in particular the soil. The presence of different types of polarization causes relaxation processes observed on the frequency characteristics.*

***Keywords:** soil, electrical conductivity, electric current, polarization, impedance spectroscopy.*

Введение

Свойства разнообразных физических, физико-химических, электрохимических и многих других систем удобно изучать путем наблюдения за их откликом на слабое внешнее электрическое воздействие. Импедансный метод позволяет это сделать с высокой эффективностью. В последние десятилетия он утвердился в качестве одного из основных методов исследования электрохимических объектов. Он обеспечивает высокую точность и дает обширную информацию о кинетике электрохимических процессов и о свойствах поверхности и объема исследуемого объекта [1-3]. Импедансная спектроскопия (ИС) исследует свойства материалов базируясь на измерении зависимости

электрического импеданса электрического конденсатора между обкладками которого помещено исследуемое вещество, от частоты.

Импедансная спектроскопия (ИС) оперирует комплексными величинами, используя соответствующий математический аппарат и представление электрических величин, принятое в электротехнике. Для графического представления ИС используется изображение измеряемых величин на комплексной плоскости (диаграмма Арганда), представление зависимости иммитанса от частоты и др. Для исследования механизмов дисперсии удобно применять диаграммы Коула-Коула, где на комплексной плоскости $\varepsilon' - \varepsilon''$ изображается параметрическая кривая описывающая их изменение от частоты [4]. Такое представление в виде плоских графиков широко используются для двумерного представления всех типов иммитанса.

Для анализа и представления свойств исследуемых систем часто используют эквивалентные схемы с сосредоточенными параметрами, которые адекватно воспроизводят экспериментальные частотные характеристики этих систем.

С начала подобных работ было проведено множество исследований посвященных разработке теоретических физико-химические моделей и представления систем в виде сосредоточенных и распределенных схем для использования в ИС. В таких схемах используются идеальные элементы – резисторы и конденсаторы. Анализ и подбор величин эквивалентных схем является достаточно сложной задачей. Для этой цели обычно используется метод наименьших квадратов.

С конца 1960-х годов ИС развивалась быстрыми темпами, в первую очередь из-за появления соответствующего измерительного оборудования.

В сельском хозяйстве электропроводность почв часто применяется для оценки их агротехнических свойств [5 - 8]. Также она широко используется в геофизике для оценки содержания углеводов, в электроснабжении при расчёте заземления и т. д. В технических расчётах обычно считают, что электропроводность почв имеет постоянное значение. В большинстве случаев рассматривается лишь влияние влажности и температуры, хотя на неё оказывают и другие параметры [9 - 11].

Почва является гетерогенной системой, а поэтому она обладает существенной дисперсией электропроводности. Кроме того, электропроводность почв невозможно рассматривать в отрыве рассмотрения вопроса электропроводности ее контакта с измерительными электродами. На электропроводность почв существенное влияние оказывает поляризация электродов [12, 13]. Эффективным средством исключения влияния поляризации электродов на результаты измерения электропроводности является применение четырёхэлектродного метода [13 - 16]. Измеренное значение электропроводности позволяет судить о различных свойствах почв.

Категории импедансной спектроскопии

ИС можно разделить на две основные категории: электрохимическая ИС (ЭИС) и другие виды ИС. ЭИС подразумевает измерения и анализ свойств ма-

териалов с преобладанием ионная проводимости. Это такие материалы как твердые и жидкие электролиты, расплавы солей и др. ИС, не относящиеся к ЭИС распространяется на диэлектрические материалы с дипольной и электронной поляризацией и преимущественно электронной проводимостью.

Важное различие систем, изучаемых с помощью ЭИС, касается распределения электростатических полей. В контакте материал-электрод даже без приложенной внешней разности потенциалов, существует контактная разность потенциалов (КРП), обуславливающая наличие пространственного заряда на границах раздела фаз. Для твердых тел эти области возникают из-за разницы в работе выхода электронов. Поскольку статические поля и концентрации заряда в материале обычно неоднородны, получение точного аналитического решения для импеданса системы невозможно и необходимо использовать численные методы.

В электролитической ячейке КРП отсутствует только при определенной внешней разности потенциалов, когда заряд на рабочем электроде равен нулю. Это, так называемая, точка нулевого заряда (ТНЗ). Для системы с двумя симметричными электродами это невозможно одновременно для обоих электродов. Используя рабочий электрод малой площади противоэлектрод большой площади можно обеспечить состояние, когда общий импеданс слабо зависит от состояния противоэлектрода. Распределение тока вблизи рабочего электрода зависит от частоты и, таким образом, вносит частотно-зависимый вклад в общий импеданс системы, который зависит от геометрии и характера электрода.

Часто полный анализ ИС требует больше чем одного набор измерений иммитанса от частоты. При этом полная характеристика требует, чтобы такие наборы измерений проводились для ряда значений других влияющих параметров.

ИС может использоваться для получения информация для различных материалов, от твердых и жидких электролитов до диэлектриков и полупроводников.

Методы ИС

По сути измерения в ИС просты, но они часто сложны на практике. Часть проблем возникает из-за паразитного влияния активного и реактивного сопротивления экспериментальных установок. Часто диапазон измеряемых величин очень широк, он может охватывать более 10 порядков.

Также в ИС часто требуется применять широкий диапазон изменения частоты. Он может превышать 12 порядков - от 10 мкГц для адекватного разрешения межфазных процессов, до 10 МГц или выше, когда требуется информация о быстрых релаксационных процессах.

Измерения на твердых телах или диэлектрических жидкостях обычно проводятся в ячейках с параллельными плоскими электродами. Ситуация сложнее для измерений на жидких электролитах. В этом случае «работает» маленький рабочий электрод, очень маленький электрод сравнения и боль-

шой встречный электрод (противоэлектрод). Это гарантирует, что производится измерение иммитанса именно рабочего электрода.

Кинетика электродных реакций часто сильно зависит от статической разности потенциалов между рабочим электродом и электролитом. Поэтому для изучения этих процессов на рабочий электрод подаётся постоянное напряжение смещения и небольшое напряжение переменного тока для проведения ИС. Для этих измерений могут применяться осциллографы или высокочастотные мосты.

Современные автоматические частотные анализаторы позволяют проводить измерения по 3-х или 4-электродной схеме в автоматическом режиме в широком диапазоне частот.

Анализ и интерпретация данных

Графика. Перед детальным анализом данных по измерению иммитанса следует изучить данные графически, найти аномалии и изучить структуру данных, определить по графикам протекающие в системе физические процессы. Их графического анализа можно сделать выводы о характере релаксационных процессов в системе, о виде носителей тока и их подвижности и т. д.

В случае ИС для проводящей среды диэлектрические эффекты, как правило, минимальны, и представления результатов в виде зависимости полного сопротивления от частоты часто наиболее полезно.

В непроводящем случае определение частотной зависимости для проводимости или диэлектрической проницаемости часто являются наиболее подходящими, но, тем не менее, вначале неплохо изучить графики данных для различных параметров.

При наличии в исследуемом материале мобильных зарядов могут наблюдаться пять основных физических процессов: пространственная неоднородность проводимости и диэлектрической проницаемости; электродные реакции; адсорбция на электродах; объёмные процессы генерации/рекомбинации зарядов; диффузия.

Ёмкость и сопротивление двойного слоя обратно пропорционально константе скорости реакции. Важно различать эту ёмкость от гораздо большей низкочастотной ёмкости, связанной с диффузией мобильного заряда или с их адсорбцией на электродах.

Заметим, что в общем случае процессы, которые рассеивает энергию, представлен в эквивалентной схеме резисторами, а накопление энергии обычно моделируется ёмкостью.

Подробный анализ данных ИС позволяет оценить параметры следующего материала и контакта материал-электрод, такие как скорость реакции и скорость адсорбции, скорость объёмной генерации/рекомбинации, валентность и подвижность зарядов, коэффициент диффузии, диэлектрическую постоянную вещества.

Существует множество способов представления данных ИС. О области применения ИС ёмкостные эффекты играют существенно большую роль,

нежели индуктивные. Часто данные графически изображаются на комплексной плоскости – по вертикали откладывается мнимая часть иммитанса, а по горизонтали действительная (диаграмма Найквиста). У такого изображения есть недостаток – они не показывают частотную характеристику, но могут быть полезны для идентификации процессов проводимости. Другой подход, диаграмма Боде, заключается в следующем: изображается график зависимости модуля комплексного сопротивления и фазы в зависимости от частоты в логарифмическом масштабе по обеим осям. Также можно построить зависимость действительной или мнимой части иммитанса от логарифма частоты.

Важным частным случаем результатов ИС является Дебаевские частотные характеристики. Этот случай соответствует ИС исследуемых веществ, в которых наблюдается только один диссипативный процесс с одной постоянной времени. Диаграмма Коула-Коула Дебаевского процесса показана на рис. 1. Стрелка показывает направление увеличения частоты. Дебаевский частотный отклик может быть представлен в виде

$$\varepsilon = \varepsilon_{\infty} + \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_{\infty}}{1 + i\omega\tau}, \quad (1)$$

где τ – постоянная времени релаксации.

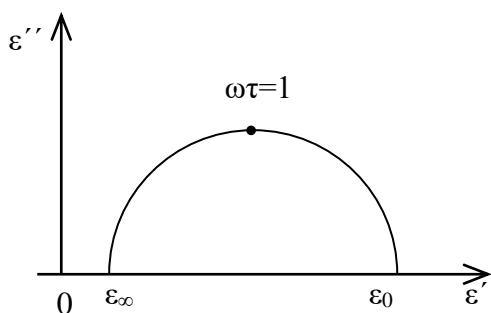
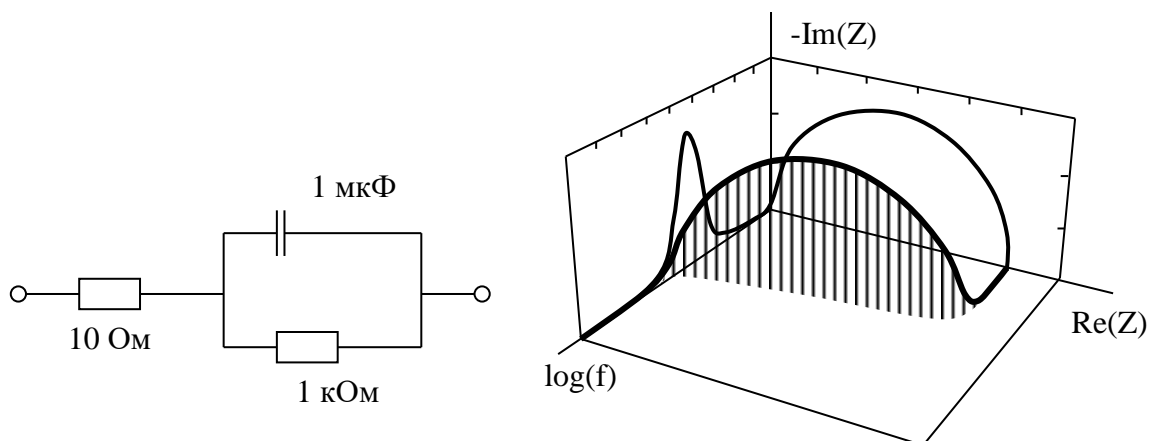


Рисунок 1. Диаграмма Коул-Коул для комплексной диэлектрической проницаемости в случае Дебаевского частотного отклика.

Система с Дебаевским частотным откликом представляется в виде эквивалентной RC цепи, включающей в себя конденсатор ёмкостью $\varepsilon_{\infty}C_c$, включенный параллельно ветвью, состоящей из последовательно включенного резистора R, моделирующего диссипативные эффекты, и конденсатора $C=(\varepsilon_0-\varepsilon_{\infty})C_c$, представляющего накопленный заряд. Наконец, постоянная времени или время релаксации равна $\tau = RC$.

Трёхмерные перспективные графики особенно полезны, поскольку они позволяют представить информацию более полно на одном графике. На рисунке 2 показан пример такого графика для проводящей системы с Дебаевским откликом [17]. Там же показаны проекции трёхмерной кривой отклика во всех трех перпендикулярных плоскостях. Видно, что в комплексной плоскости задней плоскости график импеданса является обычным полукругом Дебая с центром на реальной оси.



масштаб:
 По оси Z – 200 Ом/дел, начало координат – (0;0).
 По оси частот – 1 дек/дел, начало координат – -2.

Рисунок 2. Пример эквивалентной цепи при ИС и трехмерный график импеданса.

Анализ данных ИС

Графический анализ ИС дает возможность понять физическую сущность процессов, протекающих в системе и количественно оценить её параметры, но получение точных оценок невозможно без соответствующих математических расчетов. Наиболее часто для обработки и определения параметров системы используется метод наименьших квадратов (МНК). Понятно, что предварительно должна быть определена структура системы (например, выбрана эквивалентная схема). Применительно к ИС обыкновенный МНК далеко не всегда дает удовлетворительные результаты. Это обусловлено тем, что диапазон данных ИС занимает очень большой диапазон значений, достигающих 6 порядков. Поэтому чаще используется взвешенный МНК. В качестве весов могут использоваться значения некоторой функции или значения самой измеренной величины. Последний вариант возможен также для разной функциональной зависимости веса от измеренного значения. МНК с использованием весов дает вполне удовлетворительные результаты при применении в ИС.

Детальная физико-химическая модель всегда предпочтительнее эквивалентной схемы, тем более что эквивалентной схемы часто не могут быть представлены в схемах, построенных на стандартных элементах. Но в большинстве случаев проблема построения адекватной модели на микроскопическом уровне в настоящее время пока не разрешена. Таким образом, обычно удовлетворяются простыми моделями континуума, выраженными в виде эквивалентных схем. Один из их недостатков - их неоднозначность. То есть, одни и те же элементы могут быть взаимосвязаны по-разному и в то же время давать такую же частотную характеристику. Таким образом, невозможно провести различие между различными возможными структурами и только другими типами измерений можно установить, какая из возможных схем наиболее физически пригодна.

Применение ИС к анализу свойств материала и электродных эффектов

Хотя ИС имеет большое значение оценки электрических свойств системы материал-электрод, её использование требует определение связи между параметрами модели (и/или эквивалентной схемы) и характеристиками системы. Требуется умение правильно переходить от измеренных макроскопических величин (например, оценки сопротивления и емкости в эквивалентной схеме), к оценке средних микроскопических параметров.

Полезно, особенно при ЭИС, отделять электрические процессы, происходящие в объёме исследуемого материала, и процессы связанные с контактом материал-электрод. Первая группа включает объемное сопротивление, диэлектрические эффекты, реакции диссоциации и рекомбинация. Как правило, эти эффекты проявляются на высокочастотном участке диапазона частот, в то время как электродные эффекты обычно наблюдаются вблизи низкочастотного участка. Объемное сопротивление и емкость – экстенсивные величины, зависящие от расстояния между электродами.

Вторая группа процессов происходит в окрестности электродов (в пределах нескольких длин Дебая от них) и не зависит от расстояния между электродами. Возможна ситуация, когда заряды в исследуемом материале не могут разряжаться на электроде. Другой простейший случай, когда в исследуемом материале присутствуют такие же ионы, как и материал электрода. Тогда в зависимости от полярности на электроде возможна следующая реакция:



где Me – атом металла;

z – его валентность.

Примером симметричной ячейкой этого типа является $Ag | AgCl | Ag$.

Особенно важным для водного электролита является окислительно-восстановительный электрод, когда заряд пересекает границу раздела только в виде электронов. Восстановитель Red и окислитель Ox обычно присутствуют в электролите и соответствующая реакция записывается в виде



со скоростями прямой и обратной реакции k_f и k_r . Если $z=n$, то восстановитель не заряжен и может диффундировать через раствор или выделяться в виде газа.

Влияние диффузии на частотный отклик.

Поскольку диффузия не локализована в точке пространства, а распределена по некоторой области, то она приводит к электрической цепи с распределенными параметрами. Такие элементы нельзя описать конечным числом резисторов и конденсаторов.

Кроме диффузии незаряженных частиц в исследуемом материале, диффузия ионов в электролите вносит значительный вклад в результирующую

щий импеданс. На высоких частотах, диффузия ограничена небольшой окрестностью электрода (интенсивный параметр), а на низких частотах диффузия распространяется во всем материале между электродами (экстенсивный параметр). При изменении частоты эффективная длина диффузии l_d пропорциональна $\omega^{-1/2}$.

Диффузионный импеданс, соответствующий быстрой электродной реакции, вычисляется по формуле

$$Z_w(\omega) = Z_w(0) \frac{\tanh \sqrt{i \left(\frac{l}{l_d}\right)^2}}{\sqrt{i \left(\frac{l}{l_d}\right)^2}}, \quad (4)$$

где l – расстояние между электродами;

$Z_w(0)$ – сопротивление, пропорциональное l .

Такой отклик системы известен отклик Варбурга для диффузии на ограниченном расстоянии. На высокой частоте гиперболический тангенс приближается к единице и сопротивление Варбурга становится пропорциональным длине диффузии l_d .

По мере уменьшения скорости электродной реакции до нуля, другое выражение для $Z_w(\omega)$ надо использовать, а именно

$$Z_w(\omega) = Z_c(0) \frac{\operatorname{ctnh} \sqrt{i \left(\frac{l}{l_d}\right)^2}}{\sqrt{i \left(\frac{l}{l_d}\right)^2}}, \quad (5)$$

где $Z_c(0) = (1/l_d)^2 \omega C_{\text{doc}}$, а C_{doc} – низкочастотный предел межэлектродной ёмкости.

В общем случае при наличии заряженных частиц обоого знака длина диффузии:

$$l_d = \sqrt{\frac{4D_n D_p}{\omega} \cdot \frac{z_n + z_p}{z_n D_n + z_p D_p}}, \quad (6)$$

где D_n и D_p – коэффициенты диффузии отрицательных и положительных зарядов;

z_n и z_p – их валентности.

Диффузионные эффекты не появляются в случае исследования материалов с носителями заряда одного знака, это часто наблюдается для твердых электролитов.

Рассмотрим случай с одним подвижным компонентом в материале с коэффициентом диффузии D и валентностью z (в т. ч. возможна нулевая ва-

лентность). Тогда $l_d^2 = 4D/\omega$, что следует из (6). В этом случае сопротивление Варбурга рассчитывается по формуле (4). Если подвижных частиц несколько видов и они не взаимодействуют, то в эквивалентной схеме будут присутствовать соответствующее количество элементов Варбурга, каждый для своего компонента.

Другие элементы с распределенными параметрами.

В аналитических выражениях для сопротивления элементов, соответствующих диффузионным эффектам, характерен множитель $(i\omega)^{-1/2}$. Однако в ИС чаще появляется множитель $(i\omega\tau)^{-\psi}$, где $0 < \psi \leq 1$.

Но такой вид частотных характеристик физически не реализуем на всех частотах. Поэтому были введены другие элементы, описывающие распределенные параметры, описывающие поведение системы в ограниченном диапазоне частот.

Эмпирический элемент указанного выше типа – элемент Гаврильяк-Негами (Havriiliak-Negami). Выражение для его комплексного сопротивления:

$$Z_{HN}(\omega) = \frac{R_{HN}}{(1 + (i\omega\tau)^\alpha)^\beta}, \quad (7)$$

где $0 < \alpha \leq 1$, $0 < \beta \leq 1$.

Элемент Гаврильяк-Негами сводится к элементу Коула-Дэвидсона, когда $\alpha = 1$ и элементу Коула-Коула когда $\alpha = \beta = 1$. Первый на комплексной плоскости изображается в виде асимметричной дуги, а второй – симметричной дуги. Они часто появляются на практике, и такая аппроксимация часто используется для представления данных, которые представлены дугой с центром ниже действительной оси. Такое поведение обычно приписывается наличию распределения физической величины в пространстве, времени или по энергии. Параметры α и β часто зависят от температуры, однако пока нет теории, описывающей такую зависимость для элемента HN.

Другим важным распределенным элементом является элемент Кольрауша-Уильямса-Уоттса (KWW). Он дает растянутую экспоненту во времени, отклик подобной системы пропорционален $\exp[-t/\tau]^\psi$, где $0 < \psi \leq 1$. Опять, существует много различных теорий, описывающих такой отклик, но они не предсказывают температурную зависимость для ψ . График на комплексной плоскости представляет собой асимметричную дугу.

Еще одним важным фактором, приводящим к появлению распределенного элемента является наличие в материале распределения энергии активации. Такое распределение можно ожидать в материалах, когда есть много конкурирующих возможностей для индивидуальных носителей заряда. Гауссово и экспоненциальное распределение могут привести к симметричным или асимметричным дугам на комплексной плоскости. Но только экспоненциальное распределение приводит к элементу с постоянной фазой с дробным показателем степени ϕ . Однако этот показатель не ограничен диапазоном от

0 до 1, а удовлетворяет неравенству $-\infty < \varphi < +\infty$. Кроме того, имеются теории, описывающие температурную зависимость для φ [18].

Представление результатов ИС в виде эквивалентных схем

Много различных эквивалентных схем было предложено для ИС аппроксимации, но ни одна не является универсальной. На рисунке 3 показана одна из них. Объемные свойства материала представлены ёмкостью (геометрической) C_g и сопротивлением R_∞ (высокочастотный предел сопротивления). C_R – ёмкость электрод-материал, связанная с ёмкостью двойного слоя (в том числе ёмкость внутреннего и диффузного слоя), а R_R -сопротивление электрод-материал. Элементы C_A и R_A описывают процессы, связанные с адсорбцией на электроде.

Элементы Z_D соответствуют элементам с распределенными параметрами. В схеме могут присутствовать не все элементы.

Представленная иерархическая структура физически обоснована для однородного материала. Для поликристаллического (негомогенного) материала, однако, схемы с последовательным или параллельным соединением более подходящие, нежели иерархическая структура.

В присутствии внешних статических полей схема рисунка 3 все еще пригодна для аппроксимации, но её элементы C_R и R_R зависят от статических полей.

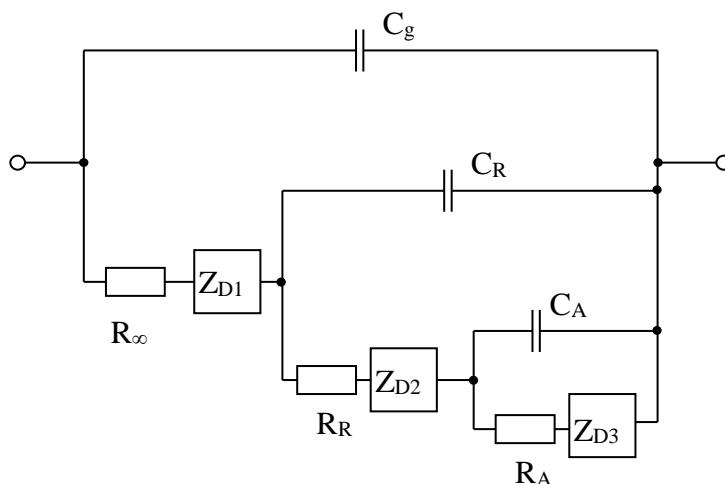


Рисунок 3. Эквивалентная схема иерархической системы для аппроксимации ИС данных.

Импедансная спектроскопия почв

Эксперименты показывают существенную зависимость электропроводности системы электрод-почва-электрод от частоты [19 - 20]. ИС, вероятно, является весьма перспективным методом оценки свойств почв. Это вызвано тем, что в них имеется ряд поляризационных процессов, которые отражают структуру почвы и легко наблюдаются на частотных характеристиках ИС. В работе [21] показано, что в области высоких частот электропроводность системы электрод-почва-электрод практически неизменна, а вот при

частотах ниже 1 кГц существенно падает. Там же предложена эквивалентная схема почвы, которая представляется в виде комбинации активного и емкостного сопротивления (см. рисунок 4). С достаточной точностью аппроксимации АЧХ рассмотренной системы можно представить в виде 6 RC-цепочек с параметрами (рисунок 5).

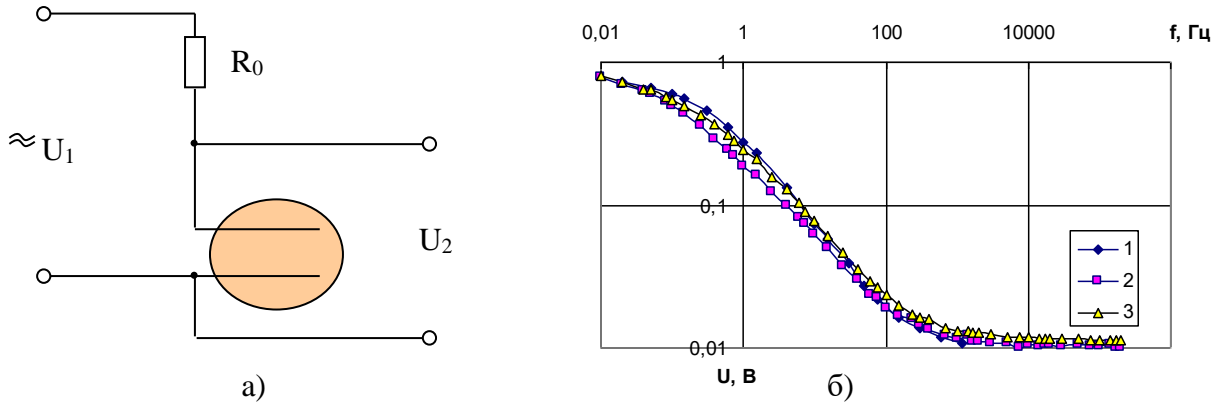
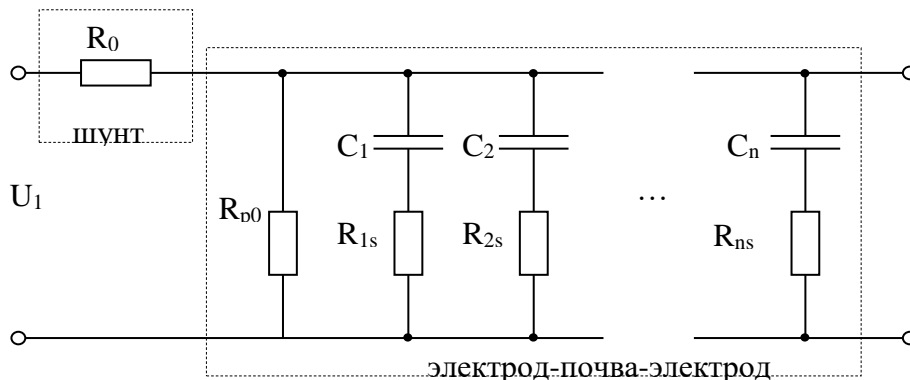


Рисунок 4. Частотная характеристика напряжения на измерительной ячейке а) схема измерения; б) зависимость измеренного напряжения от частоты (1 - влажность 10%; 2 - влажность 5%; 3 - влажность 1%).

Удельная электропроводность почвы γ существенно зависит от влажности. Зависимость $\gamma(f)$, изображенная в логарифмических координатах несколько уменьшает визуальное различие электропроводности образцов с разной влажностью, но демонстрирует неизменность характера частотной зависимости $\gamma(f)$ (см. рисунок 4). График $\gamma(f)$ имеет выраженный горизонтальный участок, начинающийся с некоторой граничной частоты f_z , практически не зависящий от влажности.



$R_{is}, \text{ Ом}$	24000	14000	4200	900	200	300
$C_i, \text{ Ф}$	0.0005	0.00006	0.000017	0.000013	0.000009	0.000001
$R_{p0}, \text{ Ом}$	75000					

Рисунок 5 – Эквивалентная схема системы электрод-почва-электрод и её параметры.

Выводы. Импедансная спектроскопия (ИС) - общий термин, который включает измерение электрического отклика изучаемого материала под воздействием малого электрического сигнала и его последующий анализ с целью получения полезной информации о физико-химические свойства системы. Как правило, анализ проводится в частотной области. ИС может включать анализ любых составляющих комплексного иммитанса. Применение ИС к исследованию почв позволит охарактеризовать поляризационные процессы, протекающие в почвах и оперативно оценивать их агротехнические характеристики.

Список литературы

1. Импедансная спектроскопия: теория и применение: уч. пособие / Ю.В. Емельянова, М.В. Морозова, З.А. Михайловская, Е.С. Буянова // Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. 2017. 156 с.
2. Macdonald, J.R., ed. Impedance spectroscopy - Emphasizing solid materials and systems. New York: Wiley-Interscience, 1987.
3. Импедансная спектроскопия твёрдых тел: уч. пособие / В.Г. Гофман, А.В. Гороховский, Н.В. Горшков, Н.Н. Ковынева, Е.В. Колоколова // Саратовский ГТУ. Т. 1. Ч. 1. Саратов, 2017. 120 с.
4. Cole K.S., Cole R.H. Dispersion and absorption indielectrics. I. Alternating current characteristics // Journal of Chemical Physics. 1941 Vol. 9. p. 341-351.
5. Pozdnyakova L.A. Electrical properties of soils. Soil Science, University of Wyoming, Laramie, 1999.
6. Поздняков А.И., Позднякова А.Д. Стационарные электрические поля в почвах. КМК Scientific Press Ltd, 1996. 358 с.
7. Елисеев П.И. Взаимосвязь некоторых свойств почвы лёгкого гранулометрического состава гумидной зоны с электрофизическими параметрами: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.03 / Павел Иванович Елисеев; МГУ им. М.В. Ломоносова. М., 2013. 25 с.
8. Безик Д.А., Гурьянов Г.В., Безик Е.И. Некоторые вопросы расчёта электропроводности почв // Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 4 (14). С. 223-228.
9. Безик Д.А., Гурьянов Г.В. Влияние состава обменных ионов на зависимость электропроводности почвы от температуры // Планирование и проведение исследований и интерпретация экспериментальных данных по изучению материалов различной природы: сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа: Изд-во ООО "Омега сайнс", 2017. С. 8-14.
10. Способ экспресс-оценки состава обменных ионов почвы по их энергии активации десорбции: Пат. 2649074 Рос. Федерация / Безик Д.А., Гурьянов Г.В., Романеев Н.А.; опубл. 29.03.2018.
11. Безик Д.А., Гурьянов Г.В. Влияние газовой фазы на электрические свойства почв // Научное обозрение. 2015. №11. С. 123-132.

12. Злочевская Р.И., Королёв В.А. Электроповерхностные явления в глинистых породах. М.: Изд-во МГУ, 1988. 177 с.
13. Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Физика почвы. М.: Наука, 1967. 584 с.
14. Friedman S. Soil properties influencing apparent electrical conductivity: a review // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2005. V. 46 (1). pp. 45-70.
15. Portela C.M., Measurement and modeling of soil electromagnetic behavior, in: *IEEE International Symposium on. Electromagnetic Compatibility*, Seattle, WA, 1999. pp. 1004–1009.
16. Macdonald J.R.; Schoonman J.; Lehen A.P. Three dimensional perspective plotting and fitting of immittance data. *Solid State Ionics* 5:137-140; 1981.
17. Macdonald J.R. Response of systems with Gaussian or exponential energy distributions. *J. Electrochem. Soc.* 135:3067-3068; 1988.
18. Portela C.M. Measurement and modeling of soil electromagnetic behavior, in: *IEEE International Symposium on. Electromagnetic Compatibility*, Seattle, WA, 1999. pp. 1004–1009.
19. Experimental study on frequency-dependent properties of soil electrical parameters / S Wang, Z. Li, J. Zhang, J. Wang, L. Cheng, T. Yuan, B. Zhu // *Electric Power Systems Research*. V.139. 2016. pp. 116-120.
20. Безик Д.А., Гурьянов Г.В. Исследование частотных характеристик электропроводности почв в условиях поляризации электродов // *Современные научно-практические решения XXI века: материалы Междунар. науч.-практ. конф / под общей ред. В.И. Орбинского, В.Г. Козлова. Воронеж: Изд-во Воронежского ГАУ им. императора Петра I, 2016. С. 330-336.*

Яковенко Николай Иванович

канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики и автоматики

Комаров Данил Сергеевич

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Майстренко Сергей Александрович

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Ситников Сергей Васильевич

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

О КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Аннотация: *Компенсация реактивной мощности, энергоэффективность, уменьшение потерь*

Ключевые слова: *реактивная мощность потребителей, индивидуальная, групповая и централизованная компенсация*

ON REACTIVE POWER COMPENSATION OF CONSUMERS

N.I. Yakovenko, D.S. Komarov, S.A. Maystrenko, S.V. Sitnikov

Abstract: *reactive power compensation, energy efficiency, loss reduction*

Keywords: *reactive power of consumers, individual, group and centralized compensation*

Реактивная мощность относится к техническим потерям в электросетях согласно Приказу Минпромэнерго РФ № 267 от 04.10.2005.

При нормальных рабочих условиях все потребители электрической энергии, чей режим сопровождается постоянным возникновением электромагнитных полей (электродвигатели, оборудование сварки, люминесцентные лампы и многое др.) нагружают сеть как активной, так и реактивной составляющими полной потребляемой мощности. Эта реактивная составляющая мощности (далее реактивная мощность) необходима для работы оборудования содержащего значительные индуктивности и в то же время может быть рассмотрена как нежелательная дополнительная нагрузка на сеть.

Для наглядности и лучшего понимания происходящих процессов, рассмотрим влияние реактивной мощности на работу сетей:

- повышенное потребление реактивной мощности электроприемниками

и уменьшенное значение коэффициента мощности $\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{P}{S}$,

что приводит к возрастанию тока, протекающего по питающей сети

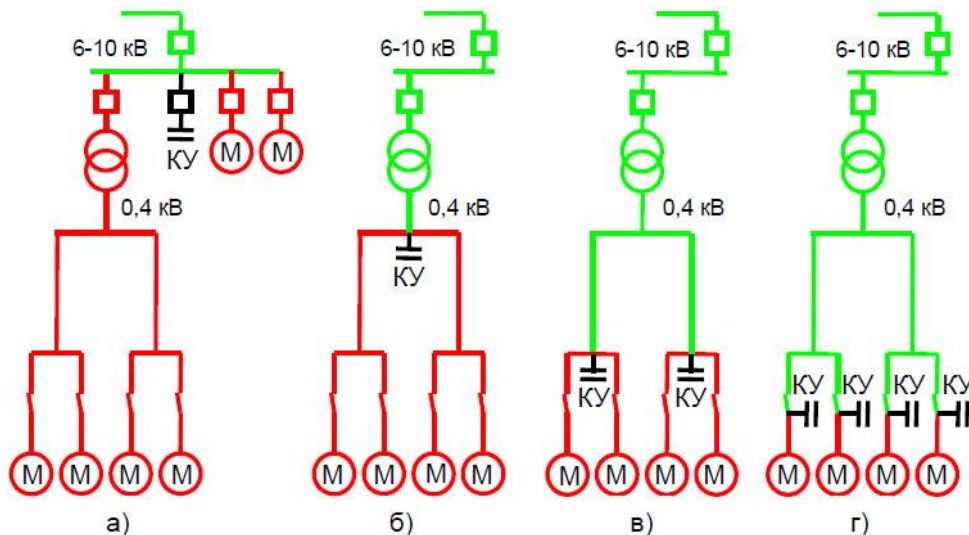
$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} \cdot U}$, снижению пропускной способности сети и, следовательно, к

увеличению сечения проводов (их удорожание) $s_{\text{ПР}} = \frac{p \cdot l \cdot P^2}{\Delta P \cdot U^2 \cdot \cos^2 \varphi}$ и, как следствие к необходимости реконструкции сетевого хозяйства (удорожание);

- увеличение потерь активной мощности $\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \cdot R$ приводит к перерасходу электроэнергии;

- увеличение потери напряжения сети $\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U}$ приводит к уменьшению напряжения на шинах электроприемников и дополнительному увеличению тока в потребительской сети.

При значительном потреблении реактивной мощности напряжение в сети понижается. В дефицитных по активной мощности энергосистемах уровень напряжения, как правило, ниже номинального. Недостаточная для выполнения баланса активная мощность передается в такие системы из соседних энергосистем, в которых имеется избыток генерируемой мощности. Обычно энергосистемы дефицитные по активной мощности, дефицитны и по реактивной мощности. Однако недостающую реактивную мощность эффективнее не передавать из соседних энергосистем, а генерировать в компенсирующих устройствах, установленных в данной энергосистеме. В отличие от активной мощности реактивная мощность может генерироваться не только генераторами, но и компенсирующими устройствами – конденсаторами, синхронными компенсаторами или статическими источниками реактивной мощности, которые можно установить на подстанциях электрической сети.



- а) централизованная на стороне высшего напряжения;
- б) централизованная на стороне низшего напряжения;
- в) групповая;
- г) индивидуальная

— часть сети, загруженная потоками реактивной мощности потребителя;

— часть сети, разгруженная от потоков реактивной мощности потребителя.

Компенсация реактивной мощности, в настоящее время, является немаловажным фактором позволяющим решить вопрос энергосбережения и снижения нагрузок на электросеть. По оценкам отечественных и ведущих за-

рубежных специалистов, доля энергоресурсов, и в частности электроэнергии занимает значительную величину в себестоимости продукции. Это достаточно веский аргумент, чтобы со всей серьезностью подойти к анализу и аудиту энергопотребления предприятия, выработке методики и поиску средств для компенсации реактивной мощности.

Средства компенсации реактивной мощности

Индуктивной реактивной нагрузке, создаваемой электрическими потребителями, можно противодействовать с помощью ёмкостной нагрузки, подключая точно рассчитанный конденсатор. Это позволяет снизить реактивную мощность, потребляемую от сети и называется корректировкой коэффициента мощности или компенсацией реактивной мощности.

Компенсацию реактивной мощности будем производить с помощью комплектных конденсаторных установок КРМ-0,4.

Конденсаторные установки серии КРМ, рассчитаны на напряжение 0,4кВ, предназначены для автоматического отслеживания изменений уровня реактивной мощности сети. Конденсаторные установки производят полную или частичную компенсацию реактивной мощности индуктивной нагрузки, используя подключение/отключение необходимого числа конденсаторных секций.

КРМ оснащенные автоматическим регулятором для компенсации реактивной мощности, помогают значительно (до 30%) сократить затраты на оплату электроэнергии, а так же снизить нагрузку и увеличить срок службы силовых трансформаторов и кабелей.

Преимущества использования конденсаторных установок, как средства для компенсации реактивной мощности

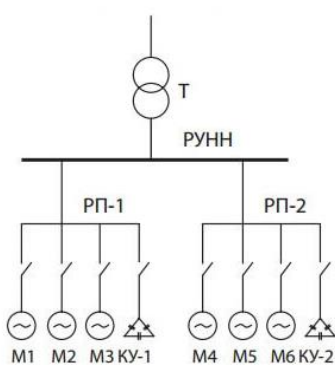
- малые удельные потери активной мощности (собственные потери современных низковольтных косинусных конденсаторов не превышают 0,5 Вт на 1000 ВАр);
- отсутствие вращающихся частей;
- простой монтаж и эксплуатация (не нужно фундамента);
- относительно невысокие капиталовложения;
- возможность подбора любой необходимой мощности компенсации;
- возможность установки и подключения в любой точке электросети;
- отсутствие шума во время работы;
- небольшие эксплуатационные затраты.

В зависимости от подключения конденсаторной установки возможны следующие виды компенсации:

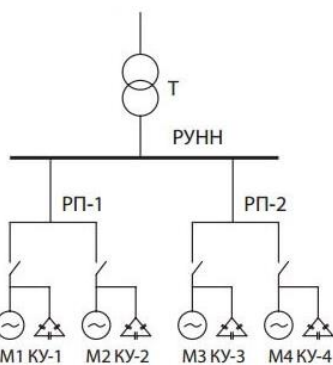
1. Индивидуальная или постоянная компенсация, при которой индуктивная реактивная мощность компенсируется непосредственно в месте её возникновения, что ведет к разгрузке подводящих проводов (для отдельных, работающих в продолжительном режиме потребителей с постоянной или относительно большой мощностью - асинхронные двигатели, трансформаторы, сварочные аппараты, разрядные лампы и т.д.).

2. Групповая компенсация, в которой аналогично индивидуальной компенсации для нескольких одновременно работающих индуктивных потребителей подключается общий постоянный конденсатор (для находящихся вблизи друг от друга электродвигателей, групп разрядных ламп). Здесь также разгружается подводящая линия, но только до распределения на отдельных потребителей.

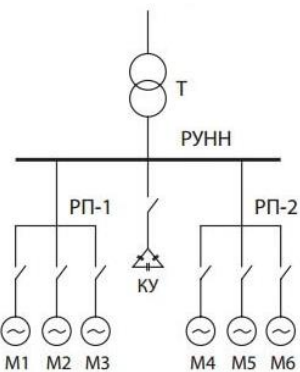
3. Централизованная компенсация, при которой определенное число конденсаторов подключается к главному или групповому распределительному шкафу. Такую компенсацию применяют, обычно, в больших электрических системах с переменной нагрузкой. Управление такой конденсаторной установкой выполняет электронный регулятор - контроллер, который постоянно анализирует потребление реактивной мощности от сети. Такие регуляторы включают или отключают конденсаторы, с помощью которых компенсируется мгновенная реактивная мощность общей нагрузки и, таким образом, уменьшается суммарная мощность, потребляемая от сети.



Групповая



Индивидуальная



Централизованная компенсация

Установка компенсации реактивной мощности состоит из определенного числа конденсаторных ветвей, которые в своём построении и ступенях подбираются исходя из особенностей каждой конкретной электросети и её потребителей реактивной мощности.

Больше других распространены ветви в 5 кВАр, 7,5 кВАр, 10 кВАр, 12,5 кВАр, 20 кВАр, 25 кВАр, 30 кВАр, 50 кВАр. Более крупные ступени включения, например, в 100 кВАр или ещё больше, достигаются соединением нескольких малых ветвей. Таким образом, снижается нагрузка на сеть, создаваемая токами включения и, следовательно, уменьшаются образующиеся от этого помехи (например, импульсы тока). Если в напряжении электросети содержится большая доля высших гармоник, то конденсаторы, обычно, защищают дросселями (реакторами фильтрующего контура).

Применение автоматических установок компенсации реактивной мощности позволяет решить ряд проблем:

1. снизить загрузку силовых трансформаторов (при снижении потребления реактивной мощности снижается потребление полной мощности);
2. обеспечить питание нагрузки по кабелю с меньшим сечением (не допуская перегрева изоляции);

3. за счет частичной токовой разгрузки силовых трансформаторов и питающих кабелей подключить дополнительную нагрузку;

4. позволяет избежать глубокой просадки напряжения на линиях электроснабжения удаленных потребителей (водозаборные скважины, карьерные экскаваторы с электроприводом, стройплощадки и т. д.);

5. максимально использовать мощность автономных дизель - генераторов (судовые электроустановки, электроснабжение геологических партий, стройплощадок, установок разведочного бурения и т. д.);

6. облегчить пуск и работу двигателя (при индивидуальной компенсации);

7. автоматически отслеживается изменение реактивной мощности нагрузки в компенсируемой сети и, в соответствии с заданным, корректируется значение коэффициента мощности - $\cos\varphi$;

8. исключается генерация реактивной мощности в сеть;

9. исключается появление в сети перенапряжения, т. к. нет перекомпенсации, возможной при использовании нерегулируемых конденсаторных установок;

10. визуально отслеживаются все основные параметры компенсируемой сети;

Установки компенсации изготавливаются из отдельных, расположенных в металлических шкафах, силовых компенсационных модулей, конструкция которых обеспечивает взаимозаменяемость идентичных элементов установки. Сборка и комплектация установок компенсации реактивной мощности производится на предприятии-изготовителе, а на месте их размещения - только монтаж и подключение к компенсируемой сети электроснабжения.

Установки компенсации реактивной мощности до 100 кВАр, обычно, выпускаются в настенном исполнении.

Размещать установки компенсации лучше всего вблизи распределительного щита, т.к. в этом случае упрощается их присоединение к электросети. При соблюдении требований ПУЭ комплектные установки компенсации реактивной мощности можно устанавливать непосредственно в производственных помещениях.

О расчете мощности конденсаторных батарей.

Реактивная мощность установки компенсации реактивной мощности

Q (кВАр) в сетях до 0,4 кВ: $Q = P_A \cdot (tg\varphi_1 - tg\varphi_2)$, где

$P_A = S \cdot \cos\varphi$ - активная мощность потребителя,

S - полная мощность(кВА), $\cos\varphi$ - коэффициент мощности,

углы φ_1 и φ_2 - соответствующие коэффициентам мощности ($\cos\varphi$) при его текущем значении и, соответственно, требуемой.

В практических расчетах можно использовать более простую формулу

$$Q = P_A \cdot k,$$

где k - расчетный коэффициент, определяемый из представленных ниже таблиц. $\cos \varphi$ - и $\operatorname{tg}(\varphi_1 + \varphi_2)$ согласуются с отдельными значениями $\cos \varphi$ в таблице.

Приведем пример определения реактивной мощности конденсаторной установки при следующих исходных данных: активная мощность двигателя - $P = 100$ кВт, действующий $\cos \varphi = 0,60$, требуемый $\cos \varphi = 0,94$.

При табличном значении коэффициента $K = 0,97$, необходимая реактивная мощности КРМ (кВАр) равна: $Q = P_A \cdot k = 100 \cdot 0,97 = 97$ кВАр.

Таблица 1 определения реактивной мощности конденсаторной установки - КРМ (кВАр), необходимой для достижения заданного $\cos(\varphi)$

Текущий		Требуемый (достижимый) $\cos(\varphi)$									
$\operatorname{tg}(\varphi)$	$\cos(\varphi)$	0,8	0,82	0,85	0,88	0,9	0,92	0,94	0,96	0,98	1,0
		Коэффициент K									
2.29	0.40	1.54	1.59	1.67	1.75	1.81	1.87	1.93	2.00	2.09	2.29
2.04	0.44	1.29	1.34	1.42	1.50	1.56	1.61	1.68	1.75	1.84	2.04
1.64	0.52	0.89	0.94	1.02	1.10	1.16	1.22	1.28	1.35	1.44	1.64
1.33	0.60	0.58	0.63	0.71	0.79	0.85	0.91	0.97	1.04	1.13	1.33
1.17	0.65	0.42	0.47	0.55	0.63	0.68	0.74	0.81	0.88	0.97	1.17
1.02	0.70	0.27	0.32	0.40	0.48	0.54	0.59	0.66	0.73	0.82	1.02
0.88	0.75	0.13	0.18	0.26	0.34	0.40	0.46	0.52	0.59	0.68	0.88
0.75	0.80	-	0.05	0.13	0.21	0.27	0.32	0.39	0.46	0.55	0.75
0.62	0.85	-	-	-	0.08	0.14	0.19	0.26	0.33	0.42	0.62
0.48	0.90	-	-	-	-	-	0.06	0.12	0.19	0.28	0.48
0.33	0.95	-	-	-	-	-	-	-	-	0.13	0.33

Список литературы

1. Кабышев А.В. Компенсация реактивной мощности промышленных предприятий: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 234 с.
2. Кочкин В.И., Нечаев О.П. Применение статических компенсаторов реактивной мощности в электрических сетях энергосистем и предприятий. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2012. 248 с.
3. Широбокова О.Е., Прыгов Н.М. К вопросу компенсации реактивной мощности в электрических сетях с вентильными преобразователями // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности природопользования в АПК: материалы Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2013. С. 81-83.
4. Широбокова О.Е., Прыгов Н.М. Компенсация реактивной мощности в электросетях с газоразрядными лампами // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природопользования: материалы IX Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2015. С. 223-227.

Яковенко Николай Иванович

*канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск*

Иванюга Михаил Михайлович

ст. преподаватель кафедры электроэнергетики и автоматики

Завьялов Илья Сергеевич

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Бурда Илья Андреевич

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация. Рассмотрены варианты защиты электродвигателей от ненормальных режимов работы.

Ключевые слова: реле, перегрузка, замыкание, токовая отсечка, дифференциальная защита, потеря питания.

MOTOR PROTECTION RELAY

N. I. Yakovenko, M. M. Ivaniuga, I.S. Zavialov, I.A. Burda

Annotation. Variants of protection of electric motors from abnormal modes of operation are considered.

Keywords: relay, overload, short circuit, current cutoff, differential protection, power loss.

Введение. В промышленности и различных бытовых приборах используется большое количество электродвигателей. Для того чтобы избежать сбоев в работе устройства и его дорогостоящего ремонта, необходимо оснастить его прибором защиты от перегрузки. В настоящее время трехфазные асинхронные электродвигатели являются основным преобразователем электрической энергии в механическую. Своему широкому распространению данные устройства обязаны простоте конструкции и эксплуатационной надежности.

Основной целью работы является обзор релейной защиты электродвигателей при их возможной работе в критических режимах.

1. Виды повреждений и ненормальных режимов работы электродвигателей

Ежегодно на долю электродвигателей приходится до 25-30% от общего числа повреждений электрооборудования высокого напряжения. Основным видом неисправности являются электрические повреждения, связанные с нарушением изоляции обмоток статора и ротора. Наиболее часто, в 80-95% всех случаев, неисправной оказывается обмотка статора, причем 70% повре-

ждений приходится на фазовую и лобовые части, а остальные 25-30% составляют перекрытия и пробой изоляции в коробках выводов.

К ненормальным режимам следует отнести симметричные и несимметричные перегрузки, кратковременный перерыв в электроснабжении, работа при пониженном напряжении.

Из причин возникновения повреждений изоляции можно выделить следующие:

- 1) заводские дефекты;
- 2) неудовлетворительно выполненный ремонт электродвигателя;
- 3) неблагоприятные условия эксплуатации;
- 4) отрицательное влияние перенапряжений, связанных с коммутационными операциями и дуговыми замыканиями на землю.

Повреждения электродвигателей

Однофазные замыкания обмотки статора на землю являются наиболее распространенным видом повреждений. Из причин возникновения однофазных замыканий следует выделить две.

Первая - связана с естественным старением изоляции, длящимся до тех пор, пока под воздействием нормального рабочего напряжения не наступит пробой.

Вторая - пробой в результате перенапряжений. Степень опасности замыкания на корпус оценивается по объему выплавленной стали статора и вероятности перехода однофазного замыкания в витковое или многофазное.

Двойные замыкания на землю возникают в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью. При этом ток в месте повреждения примерно будет равен току двухфазного короткого замыкания.

Основными причинами возникновения симметричных перегрузок по току являются:

1. Нарушение технологического процесса.
2. Неисправность приводимого механизма.
3. Понижение напряжения питающей сети.
4. Пуск или самозапуск электродвигателей при нагруженном приводном механизме, если электродвигатель на такой режим не рассчитан.

Дополнительный нагрев при перегрузке вызывает опасные деформации обмоток, появление трещин в изоляции, сокращается расчетный срок эксплуатации двигателя.

Поэтому для электродвигателей должна быть предусмотрена специальная защита от симметричных перегрузок с действием на сигнал или на разгрузку приводимого механизма или на отключение двигателя.

Стандартом на качество электроэнергии установлено допустимое значение напряжения обратной последовательности в продолжительном режиме не более 2%. Для асинхронных двигателей допустимое значение напряжения обратной последовательности составляет примерно (2,3...4,5)% Поле обрат-

ной последовательности вызывает усиленный разогрев на поверхности неявнополюсного ротора и вибрацию элементов статора и ротора.

2. Защиты электродвигателей от междуфазных замыканий

Для защиты от междуфазных коротких замыканий применяют токовую отсечку и дифференциальную защиту. Токовая отсечка рекомендуется для защиты электродвигателей мощностью до 5000 кВт, если она обладает требуемой чувствительностью к повреждениям на выводах. При недостаточной чувствительности токовой отсечки необходимо применять дифференциальную защиту. Применение дифференциальной защиты целесообразно начиная, с мощности (3500 – 4000) кВт.

2.1. Токовая отсечка

Токовая отсечка для двигателей мощностью до 2000 кВт, за исключением электродвигателей собственных нужд электростанции, выполняется по однорелейной схеме (Рисунок 1,а). На электродвигателях мощностью (2000 – 4000) кВт токовая отсечка выполняется по двухрелейной схеме (Рисунок 1,б). Если коэффициент чувствительности однорелейной схемы окажется ниже двух, то следует использовать двухрелейную схему на двигателях мощностью до 2000 кВт.

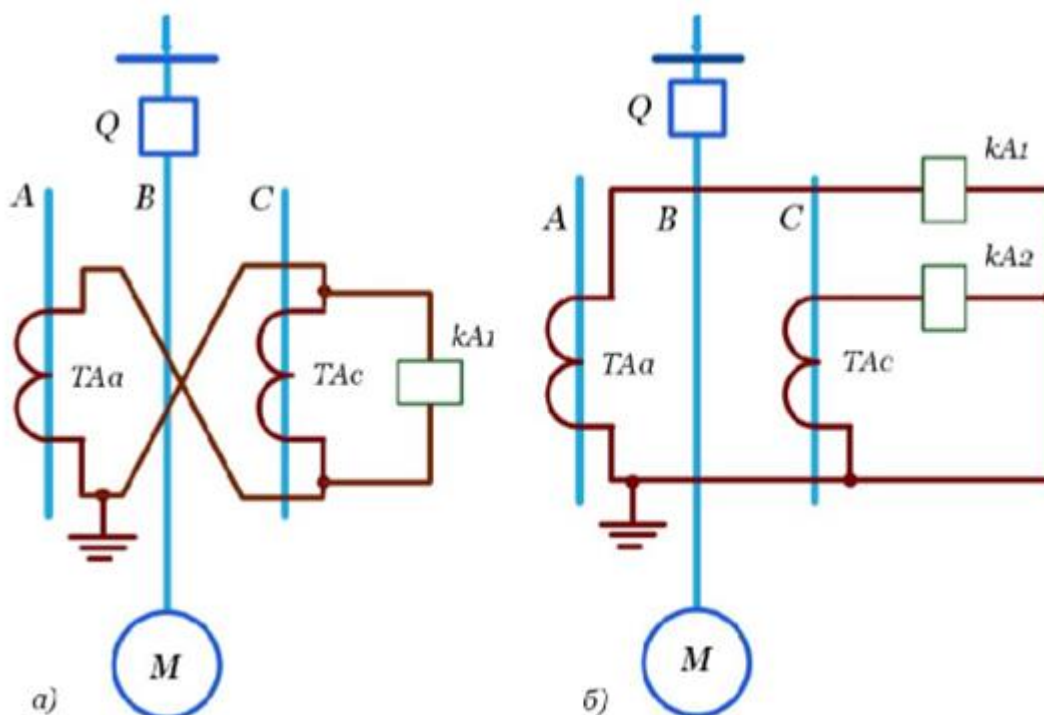


Рисунок 1. Схема токовой отсечки: а - однорелейная, б - двухрелейная

Первичный ток срабатывания отсечки $I_{\tilde{N}\zeta}$, устанавливаемой на асинхронных электродвигателях, отстраивается от пускового тока:

$$I_{\tilde{N}\zeta} = \hat{E}_f \cdot I_{i0\tilde{N}\hat{E}}$$

где \hat{E}_i – коэффициент надежности, учитывающий погрешности реле и расчета, в зависимости от типа реле может принимать значение от 1.4 до 2;
 $I_{i0\hat{N}\hat{E}}$ – пусковой ток электродвигателя.

Чувствительность защиты оценивается по току двухфазного короткого замыкания на выводах двигателя в минимальном режиме работы системы.

2.2. Дифференциальная защита

На электродвигателях мощностью от 4000 кВт и более устанавливается продольная дифференциальная защита без торможения или с торможением.

Для выполнения защиты с торможением торможение выполняется от трансформаторов тока, установленных со стороны нулевых выводов обмотки статора. При таком включении торможение практически не оказывает влияния на рабочую м.д.с. и обеспечивает наилучшую чувствительность защиты.

Ток срабатывания защиты выбирается из условия надежного несрабатывания в режимах пуска, самозапуска, внешнего короткого замыкания или несинхронного включения синхронного двигателя.

2.3. Защита от перегрузок

Защита от перегрузки устанавливается на электродвигателях, которые могут подвергаться перегрузке по технологическим причинам и для электродвигателей с особо тяжелыми условиями пуска и самозапуска с длительностью прямого пуска от 20 сек. и более.

Установка защиты предусматривается в одной фазе. Защита от перегрузки выполняется с действием на отключение при возможности неуспешного пуска, невозможности разгрузки без останова двигателя, отсутствии постоянного дежурного персонала. При возможности автоматической разгрузки защиты выполняются с двумя выдержками времени, с меньшей - на разгрузку механизма, с большей - на отключение. В остальных случаях предусматривается действие на сигнал. Ток срабатывания защиты выбирается по условию отстройки от номинального тока электродвигателей. Чувствительность защиты от перегрузки не проверяется, поскольку она не предназначена для действия при коротком замыкании. Выдержка времени выбирается из условия надежного несрабатывания при пуске или самозапуске двигателей по выражению $t_{\hat{N}\hat{C}} > \hat{E}_{i0\hat{N}\hat{E}} \cdot t_{i0\hat{N}\hat{E}}$,

$t_{i0\hat{N}\hat{E}}$ - время пуска электродвигателей.

2.4. Защита от потери питания

Защита от потери питания устанавливается для предотвращения повреждения электродвигателей, затормозившихся в результате кратковременного или длительного снижения напряжения, при восстановлении питания, а

также для обеспечения требований техники безопасности и условий технологического процесса. Защита выполняется групповой для каждой секции шин.

В зависимости от требований по быстродействию и от соотношения числа синхронных и асинхронных электродвигателей, присоединенных к одной секции шин, защиты подразделяются на две группы:

- защита минимального напряжения;
- защита минимального напряжения и минимальной частоты с блокировкой по направлению мощности.

Для правильного выбора типа защиты от потери питания все электродвигатели целесообразно разделить на две группы по степени ответственности каждого механизма, проанализировать режимы, приводящие к снижению или перерыву питания, оценить возможность самозапуска. Защита минимального напряжения, как правило, выполняется двухступенчатой (Рисунок 2).

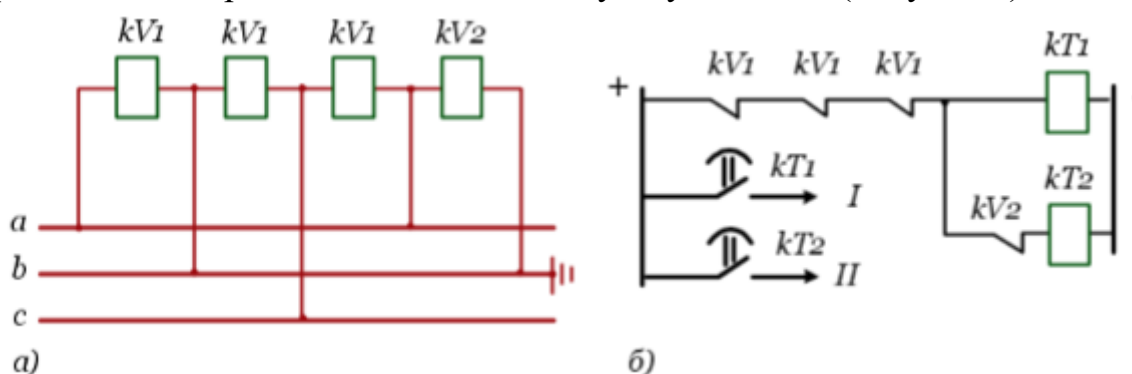


Рисунок 2. Схема защиты минимального напряжения: а - цепи переменного напряжения; б - цепи постоянного оперативного тока; KV1 реле минимального напряжения первой ступени; KV2 - реле минимального напряжения второй ступени; I - на отключение неответственных двигателей; II - на отключение ответственных двигателей

Первая ступень предназначена для ускорения и повышения эффективности самозапуска ответственных электродвигателей, а также предупреждения несинхронного включения синхронных двигателей в сеть. Обычно напряжение срабатывания первой ступени принимается равным $U^1_{\text{нс}} > 0,7 \cdot U_{\text{ин}}$, а время срабатывания $t^1 = 0,5$ сек.

Напряжение срабатывания второй ступени $U^2_{\text{нс}} \geq 0,5 \cdot U_{\text{ин}}$, время срабатывания $t^2 = (5-10)$ сек.

Защита минимального напряжения и минимальной частоты с блокировкой по направлению мощности предусматривается, если к сокращению времени перерыва питания предъявляются высокие требования. Частота срабатывания минимального реле частоты выбирается из условия отстройки от наименьшего возможного в нормальном режиме значения частоты в энергосистеме, примерно (48.5 - 49) Гц. Выдержка времени защиты выбирается из условия несрабатывания при кратковременных снижениях частоты в случае к.з., $t > 0,5$ сек. Реле направления мощности в схеме применяется для согласования действия защит и АЧР.

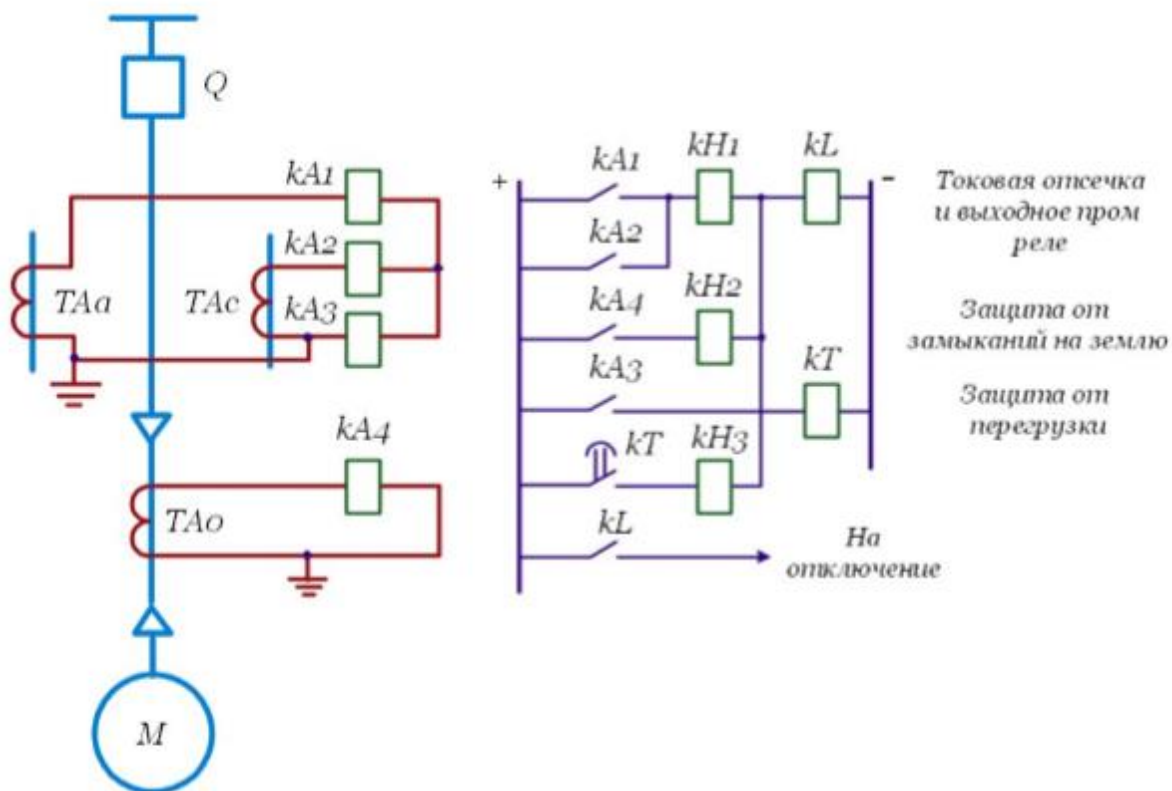


Рисунок 3. Схема защиты асинхронного электродвигателя мощностью до 4000 кВА

Выводы:

1. Принцип действия максимальной токовой защиты основан на фиксации увеличения тока при возникновении аномального режима или короткого замыкания.
2. Селективность защиты обеспечивается введением выдержки времени на срабатывание.
3. Защита отличается простотой, надежностью, невысокой стоимостью.
4. В качестве характерных недостатков следует отметить: - малое быстрое действие; - недостаточная чувствительность в сильно нагруженных и протяженных линиях; - невозможность правильной работы в кольцевых сетях и в радиальных сетях с несколькими источниками питания.
5. Токоты отсечки реагируют на увеличение тока контролируемого объекта.
6. Принцип действия продольной дифференциальной защиты основан на сравнении токов по концам защищаемого объекта.
7. По принципу действия защита не требует замедления на срабатывание.
8. В качестве основной защиты дифференциальная защита получила широкое распространение для защиты двигателей.

Список литературы

1. Федосеев А.М., Федосеев М.А. Релейная защита электроэнергетических систем: учебник для вузов. 2-е изд., М.: Энергоатомиздат, 1992. 528 с.

2. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем: учебное пособие для техникумов. М.: Энергоатомиздат, 1998. 800 с
3. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: учебное пособие для вузов. М.: Изд-во МЭИ, 2000. 199 с.
4. Копьев В.Н. Релейная защита. Принципы выполнения и применения: учебное пособие. Томск: Изд. ТПУ, 2001. 132 с.
5. Маркарянц Л.М., Безик В.А., Кирдищев Д.В. Совершенствование системы управления энергетических установок в сельском хозяйстве // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4. С. 38-40.
6. Маркарянц Л.М., Безик В.А. Причины возникновения аварийных режимов электроприводов // Сельский механизатор. 2016. № 10. С. 20-21.
7. Маркарянц Л.М., Безик В.А., Самородский П.А. Эффективность применения устройств защиты электрооборудования // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов VIII Международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2014. С. 136-140.
8. Безик В.А. Структура средств защиты электроустановок // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции. Брянск, 2012. С. 22-28.

Яковенко Николай Иванович

канд. техн. наук, доцент кафедры электроэнергетики и автоматики

Марин Игорь Михайлович

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Цыпичев Дмитрий Александрович

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Цыпичев Игорь Александрович

магистрант кафедры электроэнергетики и автоматики

Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск

РЕАКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Аннотация: эксплуатационная надежность, потребители реактивной мощности

Ключевые слова: эксплуатационная надежность, реактивная мощность, коэффициент мощности

REACTIVE POWER AND ENERGY EFFICIENCY

N.I. Yakovenko, I.M. Marin, D.A. Tsypichev, I.A. Tsypichev

Abstract: operational reliability, reactive power consumers

Keywords: operational reliability, reactive power, power factor

Реактивная мощность - часть полной мощности, затрачиваемая на электромагнитные процессы в нагрузке имеющей емкостную и индуктивную составляющие. Не выполняет полезной работы, вызывает дополнительный нагрев проводников и требует применения источника энергии повышенной мощности.

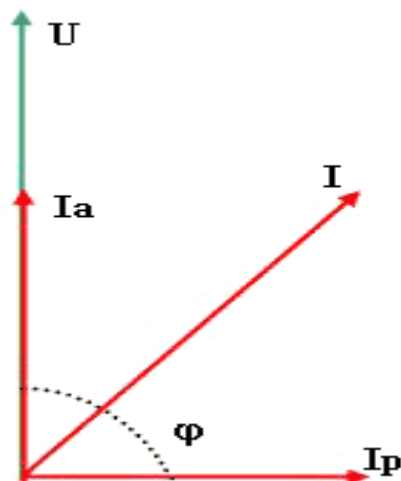
Появление термина «реактивная» мощность связано с необходимостью выделения мощности, потребляемой нагрузкой, составляющей, которая формирует электромагнитные поля и обеспечивает вращающий момент двигателя. Эта составляющая имеет место при индуктивном характере нагрузки. Например, при подключении электродвигателей. Практически вся бытовая нагрузка, не говоря о промышленном производстве, в той или иной степени имеет индуктивный характер.

В электрических цепях, когда нагрузка имеет активный (резистивный) характер, протекающий ток синфазен (не опережает и не запаздывает) от напряжения. Если нагрузка имеет индуктивный характер (двигатели, трансформаторы на холостом ходу), ток отстает от напряжения. Когда нагрузка имеет емкостной характер (конденсаторы), ток опережает напряжение.



Суммарный ток, потребляемый двигателем, определяется векторной суммой:

1. I_a - активный ток
2. I_{pi} - реактивный ток индуктивного характера



К этим токам привязаны мощности потребляемые двигателем.

1. P – активная мощность привязана к I_a (по всем гармоникам суммарно)
2. Q – реактивная мощность привязана к I_{pi} (по всем гармоникам суммарно)
3. A – полная мощность потребляемая двигателем. (по всем гармоникам суммарно)

Реактивная мощность не производит механической работы, хотя она и необходима для работы двигателя, поэтому ее необходимо получать на месте, чтобы не потреблять ее от энергоснабжающей организации. Тем самым мы снижаем нагрузку на провода и кабели, повышаем напряжение на клеммах двигателя, снижаем платежи за реактивную мощность, имеем возможность подключить дополнительные станки за счет снижения тока потребляемого с силового трансформатора.

Параметр определяющий потребление реактивной мощности называется коэффициент мощности

$$\cos \varphi = \frac{P_{1 \text{ ГАРМ}}}{S_{1 \text{ ГАРМ}}}, S = \sqrt{P^2 + Q^2},$$

где: $P_{1 \text{ ГАРМ}}$ - активная мощность первой гармоники 50 Гц и $S_{1 \text{ ГАРМ}}$ - полная мощность первой гармоники 50 Гц.

Таким образом, $\cos(\varphi)$ уменьшается, когда потребление реактивной мощности нагрузкой увеличивается. Необходимо стремиться к повышению $\cos(\varphi)$, т.к. низкий $\cos(\varphi)$ несет следующие проблемы:

1. Высокие потери мощности в электрических линиях (протекание тока реактивной мощности);
2. Высокие перепады напряжения в электрических линиях (например 330...370 В, вместо 380 В);
3. Необходимость увеличения габаритной мощности генераторов, сечения кабелей, мощности силовых трансформаторов.

Потребителями реактивной мощности, необходимой для создания магнитных полей, являются как отдельные звенья электропередачи (трансформаторы, линии, реакторы), так и такие электроприёмники, преобразующие электроэнергию в другой вид энергии которые по принципу своего действия используют магнитное поле (асинхронные двигатели, индукционные печи и т.п.).

До 80-85% всей реактивной мощности, связанной с образованием магнитных полей, потребляют асинхронные двигатели и трансформаторы. Относительно небольшая часть в общем балансе реактивной мощности приходится на долю прочих её потребителей, например, на индукционные печи, сварочные трансформаторы, преобразовательные установки, люминесцентное освещение и т.п.

Трансформатор является одним из основных звеньев в передаче электроэнергии от электростанции до потребителя. В зависимости от расстояния между электростанцией и потребителем и от схемы передачи электроэнергии число ступеней трансформации лежит в пределах от двух до шести. Поэтому установленная трансформаторная мощность обычно в несколько раз превышает суммарную мощность генераторов энергосистемы. Каждый трансформатор сам является потребителем реактивной мощности. Реактивная мощность необходима для создания переменного магнитного потока, при помощи которого энергия из одной обмотки трансформатора передаётся в другую.

Асинхронные двигатели наряду с активной мощностью потребляют до 60-65% всей реактивной мощности нагрузок энергосистемы. По принципу действия асинхронный двигатель подобен трансформатору. Как и в трансформаторе, энергия первичной обмотки двигателя – статора передаётся во вторичную – ротор посредством магнитного поля.

К крупным электроприемникам, требующим для своего действия большой реактивной мощности, прежде всего, относятся индукционные печи промышленной частоты для плавки металлов. По существу, эти печи представляют собой мощные, но не совершенные с точки зрения трансформаторостроения трансформаторы, вторичной обмоткой которых является металл (садка), расплавляемый индуктированными в нём токами.

Преобразовательные установки, преобразующие переменный ток в постоянный при помощи выпрямителей, также относятся к крупным потребителям реактивной мощности. Выпрямительные установки нашли широкое применение в промышленности и на транспорте. Так, установки большей

мощности с ртутными преобразователями используются для питания электроизоляционных ванн, например, при производстве алюминия, каустической соды и др. Железнодорожный транспорт в нашей стране почти полностью электрифицирован, причём значительная часть железных дорог использует постоянный ток преобразовательных установок.

Из всего вышеприведенного, понятно, что компенсация реактивной мощности необходима. Чего легко можно достичь применением активных компенсирующих установок. Конденсаторы в которых будут компенсировать реактивную мощность двигателей.

Использование устройств компенсации реактивной мощности позволяет уменьшить реактивные потери мощности, разгрузить кабельное и воздушные линии электропередач от реактивной составляющей переменного тока, что приведет к уменьшению падений напряжения на питающих линиях и, соответственно, повышению энергоэффективности потребителей электрической энергии.

Список литературы

1. Алексанян И.Э., Безик В.А. Анализ состава и состояния электрооборудования сельскохозяйственных потребителей Рославльского района Смоленской области // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: Сборник материалов Международной научно-технической конференции / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 7-11.

2. Безик В.А., Кубаткина О.В., Жиряков А.В. Качество электрической энергии в сетях с разрядными лампами // Актуальные проблемы энергообеспечения, автоматизации, природопользования и строительства в АПК: сборник материалов национальной научно-технической конференции. Брянск, 2018. С. 118-126.

3. Ковалев В.В., Яковенко Н.И. Основные способы экономии электроэнергии в осветительных установках // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов Международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 99-103.

4. Кабышев А.В. Компенсация реактивной мощности промышленных предприятий: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 234 с.

5. Маркарянц Л.М., Безик В.А., Кирдищев Д.В. Совершенствование системы управления энергетических установок в сельском хозяйстве // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4. С. 38-40.

6. Маркарянц Л.М., Безик В.А. Причины возникновения аварийных режимов электроприводов // Сельский механизатор. 2016. № 10. С. 20-21.

7. Широбокова О.Е., Прыгов Н.М., Прыгова В.В. О единице измерения реактивной мощности киловар (квар) // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности природопользования в АПК: VIII Международная научно-техническая конференция. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2014. С. 196-198.

Научное издание

**ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ, АВТОМАТИЗАЦИИ,
ИНФОРМАТИЗАЦИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В АПК**

**Сборник материалов
международной научно-технической конференции
(27-28 апреля 2019 г.)**

Научный редактор Ю.Е. Кисель

Редактор И.П. Павлютина



Подписано к печати 31.05.2019 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага печатная. Усл. п. л. 16,27. Тираж 550 экз. Изд. №6369.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ