

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Брянский государственный аграрный университет»**

**Проблемы энергообеспечения,
автоматизации, информатизации
и природопользования в АПК**

**Сборник материалов
международной научно-технической конференции
(19-20 марта 2020 г.)**

**БРЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ,
2020**

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. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2020. – 195 с.

ISBN 978-5-88517-338-4

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

Редакционный совет:

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

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

Безик В.А. – зав. кафедрой автоматизации, физики и математики;

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

Кисель Ю.Е. – зав. кафедрой электроэнергетики и электротехнологий.

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии института энергетики и природопользования протокол №6 от 27 марта 2020 года.

ISBN 978-5-88517-338-4

© Коллектив авторов, 2020

© Брянский ГАУ, 2020

Содержание

<i>Акименко А.А., Гурьянов Г.В., Романченко С.В.</i> ПРОБЛЕМА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	7
<i>Байдакова Е.В.</i> ОБ СУБСИДИРОВАНИИ И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ «МЕЛИОРАЦИЯ» НА ТЕРРИТОРИИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	12
<i>Безик В.А. Бухтояров А.И., Величко И.А.</i> КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТИ С ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ЛАМПОЙ	17
<i>Безик В.А.</i> КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТЯХ ТЕПЛИЧНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	20
<i>Безик В.А, Белькевич А.Р.</i> ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТЬЮ	24
<i>Гайдаржи Л.С., Франжева В.С., Байдакова Е.В.</i> СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ	30
<i>Гурьянов Г.В., Кисель Ю.Е., Романенко С.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ	37
<i>Дунаев А.И.</i> УСТАНОВЛЕНИЕ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ОТКРЫТЫМИ ОСУШИТЕЛЯМИ С УЧЁТОМ ОСАДКИ ПОДДРЕННОГО СЛОЯ ОСУШАЕМОГО ТОРФЯНИКА	45
<i>Кисель Ю.Е. Подгаецкий А.А., Саулин А.Ю.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ	49
<i>Кисель Ю.Е., Подгаецкий А.А., Шишова В.П., Мурачев С.М., Софа Бухрис</i> ФИЗИКО-ТЕРМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ	53

<i>Кисель Ю.Е., Шишова В.П., Мурачев С.М., Софа Бухрис</i> ПРИМЕНЕНИЕ МКЭ ДЛЯ РАСЧЕТА УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	57
<i>Комогорцев В.Ф., Ожерельев В.Н., Никитин В.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЦИЛИНДРА С ОБРЕЗАННОЙ КРОМКОЙ, ПОМЕЩЕННОГО НА НАКЛОННУЮ ПЛОСКОСТЬ	63
<i>Коршунов В.Я.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМНОЙ СВЯЗИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И СКОРОСТИ ИЗНОСА МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ АБРАЗИВНОГО ТРЕНИЯ	68
<i>Кирдищев Д.В.</i> ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТОПЛИВНЫХ ФОРСУНОК НА СТЕНДАХ В РЕМОНТНЫХ МАСТЕРСКИХ	73
<i>Кирдищев Д.В.</i> ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ.	77
<i>Кирдищева Д.Н., Маркарянц Л.М.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ВЫСШИХ ГАРМОНИК В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ПРЕДПРИЯТИЯ	80
<i>Конопелькин А.А., Свиридов И.Г.</i> ИСПЫТАНИЕ ШЕЛУШИТЕЛЯ СЕМЯН СОИ И ЛЮПИНА	87
<i>Курудимов Р., Филин П., Гурьянов Г.В.</i> СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СКВАЖИННОГО ПЛУНЖЕРНОГО НАСОСА ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ	91
<i>Лавров В.И., Лаптева Н.А., Маркарянц Л.М.</i> ВЛИЯНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА СОДЕРЖАНИЕ ГАРМОНИК ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ	97
<i>Лавров В.И., Лаптева Н.А., Маркарянц Л.М.</i> ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА СИСТЕМУ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	105
<i>Погоньшев В.А.</i> К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ	116

<i>Погоньшева Д.А.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЛИНГА ПЕРСОНАЛА	120
<i>Попазогло П.Н.</i> АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПО ЛЕСНОМУ ФОНДУ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	129
<i>Попазогло П.Н.</i> ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В СФЕРЕ РАДИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА	133
<i>Рыжик В.Н.</i> СВЕРХРАЗРЕШИМОСТЬ ГРУППЫ ПРИ ВЛОЖЕНИИ В НЕЕ НИЛЬПОТЕНТНОЙ ПОДГРУППЫ	137
<i>Ситников С.В., Петроченко А.В., Саулин А.Ю.</i> ДИНАМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЯ ВЫСОКИМ ПОСТОЯННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ	141
<i>Хмыз И.В.</i> ИСПЫТАНИЕ ШНЕКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ЗЕРНА	144
<i>Чолак Е.М., Валяева А.М., Байдакова Е.В.</i> МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ И РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА, В ТОМ ЧИСЛЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ИЛИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ УЧАСТКОВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА	149
<i>Шкуратов Г.В.</i> ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЕНТИЛЯЦИОННО-ОТОПИТЕЛЬНОЙ ПАНЕЛИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ	153
<i>Яковенко Н.И. Завялов И.С., Латик П.В.</i> ТЕПЛОВЫЕ ПОТОКИ АСИНХРОННЫХ КОРОТКОЗАМКНУТЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ	157
<i>Яковенко Н.И. Латик П.В. Комаров Д. С.</i> О НАГРЕВЕ ОБМОТКИ СТАТОРА ПРИ ПУСКЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ	162
<i>Яковенко Н.И. Завялов И.С. Майстренко С.А.</i> УЧЕТ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ОХЛАЖДЕНИЯ ЛОБОВЫХ ЧАСТЕЙ ОБМОТКИ СТАТОРА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	166
<i>Яковенко Н.И., Ковалев В.В., Завялов И.С., Латик П.В.</i> ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ И КПД АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	171

<i>Яковенко Н.И. Латик П.В. Марин И.М.</i> ОСНОВЫ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ	176
<i>Яковенко Н.И. Завялов И.С.</i> ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ	182
<i>Яковенко Н.И., Иванюга М.М., Котляров Е.А., Латик П.В.</i> ПРЕОБРАЗОВАНИЕ В ОПТИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ	189

УДК 621.316

Акименко Александр Алексеевич
студент

Гурьянов Геннадий Васильевич
докт. техн. наук, профессор

Романенко Сергей Викторович
магистрант

Брянский государственный аграрный университет

ПРОБЛЕМА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация: В статье рассмотрены некоторые вопросы истории направления развития электроэнергетики.

Ключевые слова: энергоэффективность, трёхфазный ток, однопроводниковая система, электрическая энергия, бестопливная электростанция.

THE PROBLEM OF INCREASING THE EFFICIENCY OF THE POWER SUPPLY SYSTEM

AKIMENKO A. A., GURYANOV G. V., ROMANCHENKO S. V.

Summary: The article discusses some issues of the history of the direction of development of the electric power industry.

Key words: energy efficiency, three phase current, single-conductor system, electrical energy, fuel-free power plant

Проблема повышения эффективного и рационального расходования ресурсов требует комплексного подхода к управлению энергосбережением и энергоэффективностью, основными составляющими которых являются энергосбережение, энергоаудит и мониторинг [1,2]. Основные нормы энергосбережения и энергоэффективности установлены ГОСТ 32144-2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», который введен в России взамен ГОСТ 13109-97 с 1.07.2014г. [3,4]. Стандарт ГОСТ Р 51317.3.3-99 устанавливает нормы изменений напряжения, которые могут быть созданы техническими средствами (ТС) при испытаниях в регламентированных условиях, и содержит указания по методам оценки.

На уровень энергоэффективности способны повлиять качество электроснабжения и способ использования энергии. По данным Международного энергетического агентства, к 2035 году будет наблюдаться удвоение производства электрической энергии, которое будет достигнуто за счет дальнейшего развития использования нефти, природного газа, угля, ядерной энергии. И только небольшой вклад дадут возобновляемые источники энергии. Это касается также и первичной энергии. Очевидно, что наши международные энергетические власти планируют дальше сжигать уголь, нефть, газ и так далее. Конечно, это приведет к тому, что на 21% увеличатся выбросы парниковых газов до 2035 года. [5]

В настоящее время трехфазная система служит основой большинства электрических систем, которые включают генерацию, передачу и потребление энергии. Это одно из самых важных нововведений, внесенных Николаем Теслой (1856-1943), потому что оно позволило более эффективно и упростить производство и передачу энергии. Никола Тесла вместе с другими учёными изобрёл переменный ток, а затем и трёхфазную систему генерации тока с шестью проводами. Он расположил три катушки (фазы) вокруг магнита на равном расстоянии под углами 120 градусов, если за центр углов принять ось вращения магнита. (рис. 1). Число катушек может быть любым, но для получения всех тех преимуществ, которыми обладает многофазная система генерации тока достаточно трёх [6].

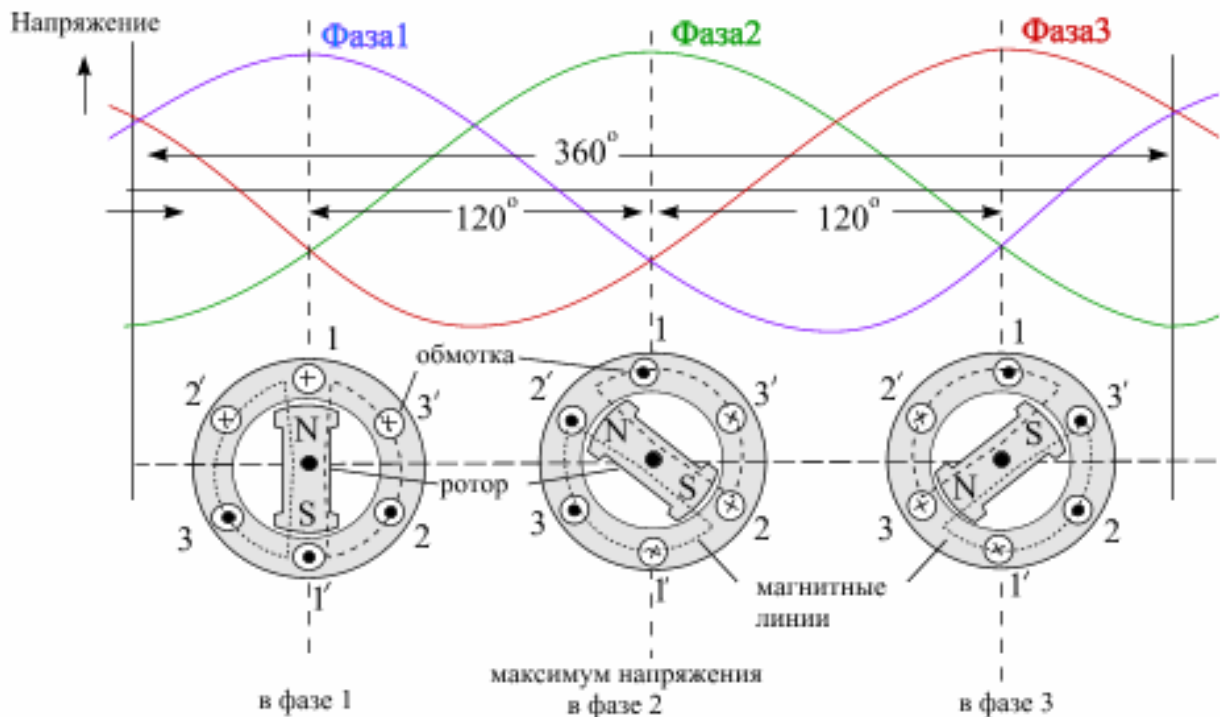


Рисунок 1. Три фазы генератора трехфазного тока

Русский учёный электротехник Михаил Осипович Доливо-Добровольский предложил трёх - и четырёхпроводную систему передачи трёхфазного переменного тока. Он предложил соединить концы всех трёх обмоток генератора в один проводник и передавать электроэнергию всего по четырём проводам. Оказалось, что при симметричной нагрузке каждой фазы, если они имеют равное сопротивление, ток в этом общем проводе равняется нулю. Потому что при алгебраическом суммировании, сдвинутых по фазе на 120 градусов токов они взаимно уничтожаются. Этот общий провод назвали нулевым. Поскольку ток в нём возникает только при неравномерной нагрузке фаз. Численно он небольшой, гораздо меньше фазных токов. Поэтому стало возможным использовать в качестве «нулевого» провод меньшего сечения, чем для фазных проводов. По этой же причине (сдвиг фаз на 120 градусов) трехфазные трансформаторы получились значительно менее материалоемкими, так как в магнитопроводе трансформатора

происходит взаимопоглощение магнитных потоков и его можно делать с меньшим сечением. Сегодня трёхфазная система электроснабжения осуществляется четырьмя проводами. Три из них называются фазными и обозначаются латинскими буквами: на генераторе - А, В и С, у потребителя - L1, L2 и L3. Нулевой провод обозначается – Н. Напряжение между нулевым проводом и любым из фазных проводов называется – фазным и составляет в сетях потребителей 220 В [6].

При неравномерной нагрузке в створонах «треугольника» на генератор будут действовать разрушающие его нагрузки, поэтому данную систему можно применять при большом количестве потребителей, когда неравномерности нагрузок нивелируются. Передача электроэнергии от больших электростанций при высоких линейных напряжениях (110-1150 кВ) так и осуществляется. Почему же применяется такое высокое напряжение? Ответ простой – чтобы уменьшить потери в проводах на нагрев. Так как нагрев проводов (потери энергии) по закону Джоуля-Ленца пропорционален квадрату протекающего тока, желательно чтобы протекающий ток был минимален. А для передачи необходимой мощности при минимальном токе нужно повышать напряжение [6].

Преимущество трёхфазной системы генерации и электроснабжения заключается в экономии количества проводов, необходимых для передачи электроэнергии. Учитывая немалые расстояния (сотни и тысячи километров) и то, что для проводов используют цветные металлы с малым удельным электрическим сопротивлением, экономия получается весьма существенной.

Трёхфазные трансформаторы, при равной мощности с однофазными, имеют значительно меньшие размеры магнитопровода. Что позволяет получить существенную экономию.

Очень важно, что трёхфазная система передачи электроэнергии создаёт при подключении потребителя к трём фазам как бы вращающееся электромагнитное поле вследствие сдвига фаз. Это свойство позволило создать чрезвычайно простые и надёжные трёхфазные электродвигатели, у которых нет коллектора, а ротор, по сути, представляет собой простую «болванку» в подшипниках, к которой не нужно подсоединять никакие провода. Это так называемые трёхфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Они широко распространены сегодня в качестве силовых установок. Замечательное свойство таких двигателей – это возможность менять направление вращения ротора на обратное простым переключением двух любых фазных проводов.

Возможность получения в трёхфазных сетях двух рабочих напряжений. Другими словами, менять мощность электродвигателя или нагревательной установки путём простого переключения питающих проводов.

Возможность значительного уменьшения мерцаний и стробоскопического эффекта светильников на люминисцентных лампах путём размещения в светильнике трёх ламп, питающихся от разных фаз [6].

Н. Тесла рассматривал свою резонансную однопроводниковую систему передачи электрической энергии как альтернативу системе передачи энергии на постоянном токе, предложенной Т. Эдисоном. Конкуренция между системами

передачи электрической энергии на постоянном и переменном токе продолжается до настоящего времени. Однако все это происходит в рамках классических двух-трехпроводных замкнутых линий электропередач. Показано экспериментально, что однопроводниковая линия с высокочастотным резонансным трансформатором Тесла в начале линии может передавать электрическую энергию на любой, в том числе и на нулевой частоте, то есть на выпрямленном токе [7].

Для повышения эффективности использования электрической энергии с целью минимизации потерь в условиях ограничений на максимальную потребляемую мощность большая роль отводится новым техническим средствам, позволяющим улучшить энергетические характеристики: повысить $\cos \varphi$ до заданных значений и уменьшить содержание гармоник в питающем напряжении [8].

Недавно предложили новые энергетические технологии, которые могут изменить мир уже в этом столетии [6]. Дмитрий Семенович Стребков предложил шесть стратегических проектов для будущего мира, которые позволят увеличить энергетическую безопасность и создать новое электроэнергетическое снабжение Земли, не основанное на сжигании ископаемого топлива, что приведет и к стабилизации обстановки в мире, потому что, по большому счету, все войны, которые прошли и которые могут быть, обусловлены дележом земли, энергетических ресурсов, в первую очередь нефти и природного газа.

Установленная мощность бестопливных электростанций в 2011 году превысила установленную мощность атомных электростанций и составила порядка 388 ГВт. В настоящее время (примерно на 60 ГВт в год) мощность бестопливных электростанций ежегодно возрастает, увеличивается мощность атомных станций. Бестопливные, «чистые» электростанции используют энергию Солнца, а атомные электростанции энергию распада урана и других радиоактивных элементов.

Для создания глобальной солнечной энергосистемы надо научиться передавать тераваттные потоки мощности, что в свое время пытался сделать Никола Тесла. Стребков Д.А. с сотрудниками, развивая технологии Н. Теслы предлагает создание защищенных местных, региональных и глобальных энергосистем с заменой воздушных линий на кабельные подземные волноводные линии передач, что по его мнению позволит значительно сократить количество аварий в электроснабжения и сократить потери электрической энергии. В перспективе возможно создание беспроводных технологий, которые позволят передавать электрическую энергию в космическом пространстве и в атмосфере Земли. Например, электрическим ракетным двигателем, что позволит значительно увеличить полезную массу транспортных ракет [8].

Все, что добавляется к той энергии, которую Земля получает от Солнца, ведет к тепловому загрязнению Земли и, в конечном счете, к повышению температуры атмосферы. Поэтому, говоря о чистой энергетике будущего, о глобальной энергетике, необходимо иметь в виду, что эта энергетика должна основываться на энергетическом балансе между поступающей энергией от Солнца и тепловым излучением Земли [6].

Список литературы

1. Об энергосбережении и о повышении энергоэффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ: федер. закон от 23 ноября 2009 г. № 261.
2. Энергоэффективность и развитие энергетики: госпрограмма РФ, утв. распоряжением Правительства РФ от 3 апреля 2013 г. № 512-р.
3. Лепеш Г.В. Энергосбережение в системах жизнеобеспечения зданий и сооружений. СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2014. 437 с.
4. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
5. Стребков Д.С. Перспективы современной энергетики // Стратегическое общественное движение «Россия 2045» Интернет-журн. 26.07.2012. URL: <http://2045.ru/expert/253.html> (дата обращения: 14.01.2020).
6. Трёхфазный ток. Преимущества при генерации и использовании / Пергам. URL: <https://www.pergam.ru/articles/trehfazny-tok.htm> (дата обращения: 14.01.2020).
7. Электрооборудование для резонансной системы освещения / А.И. Некрасов, Л.Ю. Юферев, О.А. Рошин, А.А. Михалев // Энергобезопасность и энергосбережение. 2009. № 4 (28). С. 22-25.
8. Лепеш Г.В., Потемкина Т.В. Повышение эффективности использования электроэнергии // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2017. № 2 (40). С. 60–72.
9. Купреенко А.И. Разработка метода оптимизации энергосберегающих технологий и средств механизации приготовления кормов: дис. ... д-ра техн. наук. Брянск, 2006.
10. Купреенко А.И. Разработка метода оптимизации энергосберегающих технологий и средств механизации приготовления кормов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Рязань: Рязанская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Костычева, 2006.
11. Купреенко А.И. Экологичность технологического процесса - фактор энергосбережения // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005. № 6. С. 20-21.
12. Основы энергетики, энергосбережения и электробезопасности: учеб. пособие / Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, В.И. Лавров. Брянск, 2012.

УДК 631.6 (470.333)

Байдакова Елена Валентиновна
канд. техн. наук., доцент
Брянский государственный аграрный университет

ОБ СУБСИДИРОВАНИИ И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ «МЕЛИОРАЦИЯ» НА ТЕРРИТОРИИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация: В настоящее время в Брянской области из 1840 тыс. га сельскохозяйственных угодий около 530 тыс. га требуют проведения мелиоративных мероприятий для вовлечения их в интенсивный сельскохозяйственный оборот посредством строительства новых и реконструкции действующих оросительных и осушительных систем, проведению культуртехнических работ по удалению древесно-кустарниковой растительности, камней, планировке микрорельефа поверхности почвы, а также проведению химических мелиораций (известкованию, внесению минеральных удобрений).

ABOUT SUBSIDIZING AND IMPLEMENTATION OF THE PROGRAM "RECLAMATION" ON THE TERRITORY OF THE BRYANSK REGION

BAYDAKOVA E. V.

Summary: Currently, in the Bryansk region from 1840 thousand hectares of agricultural land about 530 thousand hectares require reclamation activities to involve them in intensive agricultural turnover through the construction of new and reconstruction of existing irrigation and drainage systems, carrying out cultural works to remove trees and shrubs, stones, planning of the microrelief of the soil surface, as well as chemical reclamation (liming, application of mineral fertilizers).

Поддержка сельхозтоваропроизводителей. Как отмечает заместитель начальника отдела растениеводства департамента сельского хозяйства Брянской области Андрей Волков, мелиорация земель одно из важнейших средств повышения культуры земледелия и увеличения объёмов производства и рентабельности сельского хозяйства в России.

Мощная государственная поддержка сельхозтоваропроизводителей при этом осуществляется с помощью государственной программы «Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия.

Брянской области» (2017 - 2020 годы), утверждённой постановлением Правительства Брянской области от 26.12.2016 № 729-п.

В рамках этой госпрограммы в Брянской области успешно реализуется подпрограмма «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Брянской области» (2017 - 2020 годы).

Субсидии из средств областного бюджета, включая целевые межбюджетные трансферты из федерального бюджета, предоставляются на возмещение части фактически осуществленных затрат по двум направлениям:

1. Гидромелиоративные мероприятия (строительство, реконструкция и техническое перевооружение оросительных и осушительных систем общего и

индивидуального пользования и отдельно расположенных гидротехнических сооружений, принадлежащих на праве собственности (аренды) сельскохозяйственным товаропроизводителям, приобретение машин, установок, дождевальных и поливальных аппаратов, насосных станций, включенных в сводный сметный расчет стоимости строительства, реконструкции, технического перевооружения, за исключением затрат, связанных с проведением проектных и изыскательских работ и (или) подготовкой проектной документации в отношении указанных объектов);

2. Культуртехнические мероприятия на мелиорированных землях (расчистка мелиорируемых земель от древесной и травянистой растительности, кочек, пней и мха, а также от камней и иных предметов, рыхление, пескование, глинование, землевание, плантаж и первичная обработка почвы, внесение мелиорантов, понижающих кислотность почв).

Компенсация части затрат при выполнении вышеуказанных мероприятий может достигать 70%.

В первый этап государственной программы (2014-2017 гг.) за счет проведения гидромелиоративных и культуртехнических мероприятий было просубсидировано 114 сельхозтоваропроизводителей разных форм собственности (за исключением личных подсобных хозяйств), из них около 40% – крестьянские (фермерские) хозяйства.

В 2018 году, в рамках реализации программы, освоено 114,5 миллионов рублей, просубсидировано строительство и реконструкция оросительных систем в двух сельхозпредприятиях на общей площади 1332,5 га. Просубсидированы культуртехнические мероприятия выполненные в 35-ти сельхозпредприятиях области, где вовлечено в сельскохозяйственный оборот 7756 га мелиорированных земель.

В 2019 году на проведение гидромелиоративных и культуртехнических мероприятий в Брянской области выделено более 147 млн. рублей. Для освоения выделенных средств

необходимо провести культуртехнические мероприятия на площади не менее 12000 га сельскохозяйственных угодий, а так же провести строительство оросительной системы и (или) реконструкцию дренажной системы на площади не менее 800 га.

Одним из главных факторов в осуществлении данных мероприятий является подготовка проектно-сметной документации отражающей основные статьи затрат.

За консультацией по субсидированию данных направлений, обсуждению вариантов проведения работ, организационных вопросов и прочее, можно обращаться в «Управление «Брянскмелиоводхоз» и, конечно, в Департамент сельского хозяйства Брянской области.

Обслуживание мелиоративных систем. Директор ФГБУ «Управление «Брянскмелиоводхоз» - Махновский Сергей Николаевич рассказал, чего удалось добиться в регионе за последние несколько лет, каковы особенности климата Брянской области и какие первоочередные мероприятия, которые необходимо

проводить на полях, чтобы добиваться высоких и устойчивых урожаев для сельхозтоваропроизводителей области.

Брянская область находится в зоне достаточного увлажнения со средним количеством осадков, выпадающих за год около 670 мм, но в отдельные годы с повторяемостью один раз в 4-5 лет наблюдаются засухи и требуется проведение орошения, в избыточные по влажности годы требуется водоотведение, чтобы не допустить повторного заболачивания сельскохозяйственных угодий.

- Каковы масштабы работ по улучшению сельскохозяйственных земель?

- По состоянию на 01.01.2018 года в Брянской области 8,54 тыс. гектаров орошаемых земель и 233 мелиоративных внутрихозяйственных осушительных систем (построены с 1950 по 1992 годы) с обслуживаемой площадью 108,2 тыс. гектаров. Из них, по результатам ежегодного мелиоративного обследования ФГБУ «Управление «Брянскмелиоводхоз», находятся в неудовлетворительном состоянии 28,6 тыс. га (26,4%), в удовлетворительном 47,4 тыс. га (43,8%). На этих мелиорированных сельскохозяйственных угодьях необходимо проведение комплекса работ по реконструкции, мелиоративному улучшению, известкованию, комплексному окультуриванию и проведению культуртехнических работ.

В 2018 году полив сельскохозяйственных культур производился на площади более 3 тысяч гектаров.

ФГБУ «Управление «Брянскмелиоводхоз» выполняет множество задач по проведению мелиоративных работ на своей территории, справиться с которыми помогает тесное сотрудничество с правительством Брянской области и агропромышленными предприятиями региона.

- Много ли удалось сделать за последние годы.

- Благодаря мероприятиям целевой подпрограммы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014 - 2020 годы» в Брянской области за период 2014 - 2018 гг. были вновь вовлечены в сельскохозяйственный оборот более 85 тыс. га мелиорированных земель, из них 73,6 тыс. га за счёт проведения культуртехнических работ и 3,736 тыс. га за счёт строительства оросительных систем.

В рамках гидромелиоративных мероприятий наиболее крупные инвестиционные проекты были осуществлены в 2018 году. Так, в ООО «Фермерское хозяйство Пуцко» строительство оросительной системы с применением широкозахватных дождевальных машин импортного производства Valley, Reinke на площади 630 га со строительством пруда потребовало более 65 млн. рублей, при этом урожайность картофеля в зависимости от сорта составила 50-70 т/га. В ООО «Дружба» стоимость строительства оросительных систем на площади 696,6 га составила около 30 млн. рублей, урожайность картофеля – 50 т/га, моркови – 80 т/га.

Наряду с импортными дождевальными машинами для отдельных сельхозпредприятий с небольшими площадями орошения применяются отечественные дождевальные установки ДДН 70ВН, КИ-5, КИ-10.

Культуртехнические мероприятия в период 2014 - 2018 годов в Брянской области осуществили более 100 крестьянско-фермерских хозяйств и сельскохозяйственных предприятий. Наиболее крупные инвестиционные проекты были

осуществлены в ООО «Брянская мясная компания» общей площадью более 27 тыс. га, ООО «Агропромышленный холдинг «Добронравов-Агро» общей площадью более 3,6 тыс. га и ООО «Дружба» на общей площади около 2,4 тыс. га. В рамках противопаводковых мероприятий выполнена расчистка от наносов и зарастания древесно-кустарниковой растительностью и мелколесьем каналов федеральной собственности протяженностью 29,9 километров, что позволило защитить от подтопления земли сельскохозяйственного назначения на площади более 2000 тысяч гектаров.

Также завершена реконструкция мелиоративной системы в пойме реки Маковье в Климовском районе площадью 2215 гектаров.

- Планируется ли продолжать работу по мелиорации земель в следующем году.

- За последние пять лет мы наблюдаем в регионе положительную динамику, в том числе за счет расширения внутрихозяйственных мелиоративных систем и возврата в севооборот ранее мелиорированных земель и, как следствие, высоких устойчивых урожаев возделываемых культур.

Поэтому работу продолжим и в 2019 году. Совместно с департаментом сельского хозяйства Брянской области мы планируем строить новые оросительные системы и реконструировать осушительные системы, проводить культуртехнические мелиоративные мероприятия.

Кроме того, будут увеличены объемы очистки магистральных каналов, чтобы не допустить повторного заболачивания внутрихозяйственных мелиоративных систем.

Научный подход в повышении эффективности мелиоративных работ.

По вопросам развития мелиорации земель в Брянской области регулярно проходят семинары, рабочие совещания и научно-практические конференции на которых освещают насущные проблемы отрасли, результаты работы развития мелиорации в регионе и пути дальнейшего развития.

19 декабря в Брянском государственном аграрном университете (с. Кокино, Выгоничский район) состоялась научно-практическая конференция на тему «Повышение эффективности проведения культуртехнических и мелиоративных работ и вовлечение в сельскохозяйственный оборот неиспользованных земель». Особый интерес вызвали выступления ведущих специалистов. В выступлении директора ФГБУ «Брянскагрохимрадиология» Петра Прудникова акцентировалось внимание на важности внесения агроメリорантов для повышения плодородия земельных угодий и соответственно урожайности сельскохозяйственных культур. Доктор технических наук, профессор Брянского государственного аграрного университета Валерий Федорович Василенков выступил с докладом об организации системы регулирования почвенной влаги и подбору поливных машин. Повышенное внимание привлекла выставочная экспозиция ЗАО «Новый век агротехнологий», посвященная опыту применения систем капельного орошения в открытом грунте. По итогам конференции подготовлены рекомендации по различным вариантам проведения культуртехнических и мелиоративных работ, актуальных для текущих условий в нашем регионе.

Правительство Брянской области уделяет особое внимание развитию мелиорации в регионе. За счет государственной поддержки в рамках федеральной программы «Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Брянской области» многие сельхозтоваропроизводители получают помощь для ведения сельскохозяйственного производства.

Список литературы

1. 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.
2. 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.
3. Природообустройство Полесья. Кн. 4. Полесья Юго-Западной России / М.Н. Абадонова, Л.Н. Анищенко, Л.М. Ахромеев, Е.В. Байдакова, Н.М. Белоус, А.Д. Булохов, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, В.Т. Демихов, Ю.А. Ключев, Г.В. Лобанов, О.В. Мельникова, Н.Н. Панасенко, С.Н. Поцепай, И.Л. Прокофьев, Е.В. Просянкин, Ю.А. Семенищенков, М.В. Семьшев, В.Е. Ториков, А.В. Харин и др. Рязань, 2019.

УДК 631.171:631.544

*Безик Валерий Александрович**канд. техн. наук., доцент,**Бухтояров Андрей Игоревич**магистрант**Брянский государственный аграрный университет***КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТИ С ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ЛАМПОЙ**

Аннотация: Проведены экспериментальные исследования формы тока в газоразрядной лампе с различными балластами, выполнена оценка коэффициентов несинусоидальности тока.

Ключевые слова: показатели качества электроэнергии, коэффициент несинусоидальности, фаза, коэффициент несимметрии.

POWER QUALITY IN THE NETWORK WITH GAS-DISCHARGE LAMP*BEZIK V.A., BUKHTOYAROVA I.*

Annotation: Experimental studies of the current form in a gas-discharge lamp with different ballasts were carried out, the estimation of the current non-sinusoidal coefficients was performed.

Key words: indicators of quality electric energy, the coefficient of non-sinusoidal, phase, asymmetry coefficient.

Значительная часть электроэнергии, потребляемая тепличными хозяйствами, расходуется на досвечивание растений газоразрядными источниками света – ртутными ДРЛ или натриевыми лампами ДНаТ.

При синусоидальной форме напряжения $U_c(t)$, кривая тока через лампу $i_d(t)$ отличается от синусоидальной формы.

Для анализа влияния типа балласта на форму потребляемого тока и показатели качества электрической энергии были сняты осциллограммы протекающего тока через газоразрядную лампу с индуктивным балластом (ПРА) и электронным балластом (ЭПРА).

Для удобства проведения расчетов, осциллограммы представлены в относительных величинах на рис. 1.

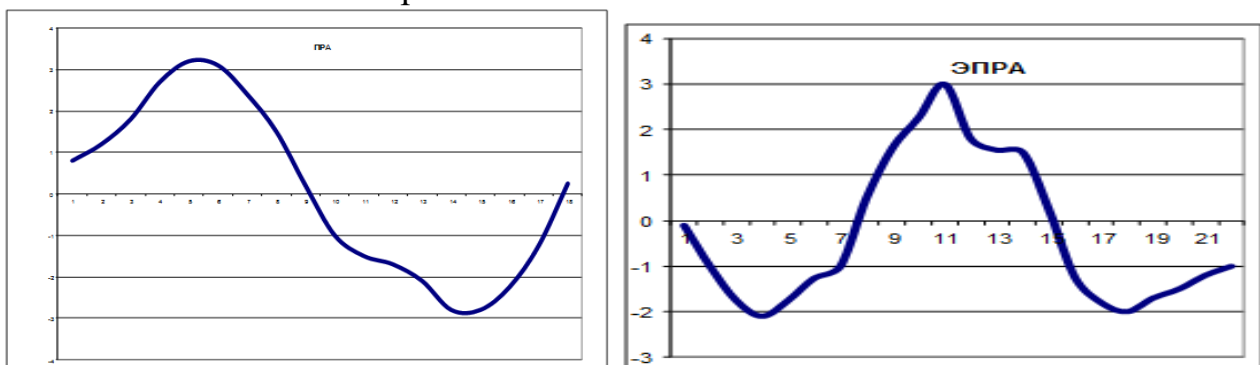


Рис. 1. Экспериментальные кривые тока $i_d(t)$ газоразрядной лампы ДРЛ-400 с индуктивным балластом (а), электронным балластом (б).

По горизонтальной оси располагаются периоды времени, по вертикальной оси - относительная величина тока. Т.к. целью вычислений являются коэффициенты несинусоидальности – безразмерные величины, находимые как отношения абсолютных значений тока, обратный перевод не потребуется.

Для нахождения гармоник разложений кривых тока в ряд Фурье, применяли графоаналитический метод [1] с расчетом их в пакетах Excel и MathCAD.

Параметры амплитуд A_{km} , B_{km} , C_{km} рассчитывались по формулам:

$$A_{km} = \sqrt{B^2_{km} + C^2_{km}}; \quad (1)$$

$$C_{km} = \frac{2}{n} \sum_{p=1}^{p=n} y_p \cos\left(kp \frac{2\pi}{n}\right); \quad (2)$$

$$B_{km} = \frac{2}{n} \sum_{p=1}^{p=n} y_p \sin\left(kp \frac{2\pi}{n}\right); \quad (3)$$

$$\psi_k = \arctg \frac{C_{km}}{B_{km}}, \quad (4)$$

где ψ_k - начальная фаза гармоник,

$y_1, y_2, y_3, \dots, y_p$; ординаты разложения кривой тока,

p - порядковый номер ординаты разложения кривой тока;

$k = 1, 3, 5, \dots, 17$ - порядковый номер гармоники;

$n = 18$ – число разбиений периода несинусоидальной функции тока.

Коэффициент несинусоидальности тока рассчитывали по формуле [2]:

$$K_{nc} = \frac{\sqrt{I_{1m}^2 + I_{3m}^2 + I_{5m}^2 + \dots}}{I_{1m}} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где I_{1m}, I_{3m}, \dots - амплитуды гармоник при симметрии кривой тока лампы относительно оси абсцисс.

В трехфазных сетях с газоразрядными лампами помимо нелинейных искажений появляется также несимметрия, так как гармоники $n = 1, 7, 13, \dots$ образуют симметричные составляющие прямой последовательности, гармоники $n = 5, 11, 17, \dots$ - обратной последовательности, а гармоники $n = 3, 9, 15, \dots$ - нулевой последовательности. Для оценки качества электрической энергии в сети определяли коэффициент несинусоидальности и коэффициент обратной последовательности.

Расчетные коэффициенты несинусоидальности тока составили в сети с индуктивным балластом $K_{ncIPPA} = 15,7\%$ и с электронным балластом $K_{ncЭППА} = 18,7\%$, что значительно больше допустимого значения по ГОСТ $K_{nc.дон} = 2\%$.

Коэффициенты обратной последовательности, рассчитанные по формуле

$$K_{нс2} = \frac{I_{2m}}{I_{1m}} \cdot 100\% , \quad (6)$$

где $I_{2m} = \sqrt{I_{5m}^2 + I_{11m}^2}$ - амплитуда тока обратной последовательности, составили для лампы с индуктивным балластом $K_{нс2.ИПА} = 2,9\%$ и для лампы с электронным балластом $K_{нс2.ЭПА} = 4,9\%$, что также превышает допустимое значение по ГОСТ $K_{нс2.дон} = 2\%$.

Из приведенным расчетов можно сделать выводы, что несимметрия токов, а значит, возможно м напряжения, существенно превышают допускаемые значения по ГОСТу и в этом случае необходимы мероприятия, направленные на снижение несимметрии в сети предприятия.

Из результатов измерений и расчетов видно, что применение современных технических средств, таких как электронные балласты не обязательно приводит к повышению качества электроэнергии. В данном случае показатели качества электроэнергии оказались хуже с электронным балластом, что может объясняться отсутствием технических решений для снижения высших гармоник тока в схеме балласта. В тоже время в индуктивном балласте происходит сглаживание тока.

Список литературы

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. Бессонов В.А. Теоретические основы электротехники. М.: Высшая школа, 2000. Ч. 1. 421 с.
3. Плис А.И., Сливина Н.А., MathCAD: математический практикум для экономистов и инженеров: учеб. пособие. М.: Финансы и статистика, 1999. 656 с.
4. Бельченко С.А., Белоус И.Н., Наумова М.П. Развитие АПК Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2015. № 2-2. С. 32-36.
5. Бельченко С.А., Наумова М.П., Ковалев В.В. Технологическая модернизация – основа эффективности АПК // Вестник Курской ГСХА. 2018. № 7. С. 127-132.
6. 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.
7. Ториков В.Е., Подобай Н.В. Анализ и перспективы развития экономики Брянской области // Агроконсультант. 2017. № 4. С. 45-48.
8. Широбокова О.Е., Кирдищев Д.В. Общая энергетика: учеб.-метод. пособие для бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Брянск, 2018.
9. Прыгов Н.М., Широбокова О.Е., Маркарянц Л.М. Практикум по теоретическим основам электротехники: метод. пособие. Ч. 2. Брянск, 2014.

УДК 631.171:631.544

Безик Валерий Александрович
канд. техн. наук., доцент
Брянский государственный аграрный университет

КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТЯХ ТЕПЛИЧНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация: Рассмотрены результаты экспериментальных исследований показателей качества электрической энергии и сети тепличного блока с осветительной нагрузкой.

Ключевые слова: показатели качества электроэнергии, коэффициент несинусоидальности, фаза, коэффициент несимметрии.

THE QUALITY OF ELECTRIC POWER IN NETWORKS OF GREENHOUSE ENTERPRISES

BEZIK V.A.

Annotation: The results of experimental studies of the quality indicators of electric energy and the network of the greenhouse unit with lighting load are considered.

Key words: indicators of quality of electric energy, the coefficient of non-sinusoidal, phase, asymmetry coefficient.

Тепличные предприятия способны круглый год выращивать овощи, домашние растения, цветы и саженцы даже в местах с суровым климатом.

Значительная часть электроэнергии в теплицах расходуется на освещение (досвечивание) растений газоразрядными источниками света – ртутными ДРЛ или натриевыми лампами ДНаТ с дроссельными (ПРА) или электронными пускорегулирующими аппаратами (ЭПРА).

Несмотря на быстрое развитие современных светодиодных светильников [5], крупные агрохозяйства с огромным опытом, считающие деньги, до сих пор используют натриевые светильники по множеству объективных и субъективных причин.

Ток разрядных ламп нелинейно зависит от напряжения. Нелинейная нагрузка преобразует синусоидальное напряжение в несинусоидальный ток, что приводит к искажениям в питающей сети предприятия и служит причиной преждевременного повреждения электроустановок, нарушения синхронизации и других нежелательных эффектов. Большая мощность осветительной нагрузки способна значительно снизить показатели качества электроэнергии.

Экспериментально исследовались показатели качества электроэнергии в сети тепличного блока, содержащего 27 газоразрядных ламп ДНаТ-400 тепличного комбината СПК «Агрофирма КУЛЬТУРА» Брянского района. Измерения проводились в течение 24 часов с помощью прибора ЭРИС-КЭ.04, который USB-интерфейсом был связан с компьютером.

Измерялись коэффициенты несинусоидальности напряжений $K_{нс}$, и коэффициенты несимметрии напряжения K_{2U} по обратной последовательности и нулевой последовательности K_{0U} в соответствии с ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [1]. Основные результаты экспериментальных исследований сведены в таблицы 1 и 2.

Таблица 1

Коэффициент несинусоидальности междуфазных напряжений

Показатель	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}
$K_{нс}$	2,75	12,02	2,35
$T_1, \%$	0,00	0,57	0,00
$T_2, \%$	0,00	0,02	0,00
Погрешность измерений $\Delta K_{нс} = \pm 5,0\%$ при нормативном $\pm 10,0\%$			

Таблица 2

Коэффициенты несимметрии напряжения по обратной K_{2U} и нулевой K_{0U} последовательностям

Показатель	Значение	Норматив, %	$T_1, \%$	$T_2, \%$
$K_{2U}, \%$	7,15	2,0	3,30	1,34
$K_{0U}, \%$	7,39	2,0	14,22	1,53
Погрешность измерения, $\Delta K_U / \Delta K_{U, \text{норм}}, \%$			$\pm 0,20 / \pm 0,50$	

В соответствие с ГОСТ [1] должны выполняться условия:

$$K_{2U} \leq K_{2U}^{(\text{норм})} \text{ и } K_{0U} \leq K_{0U}^{(\text{норм})} \text{ при } T_1 \leq 5\% \text{ и } T_2 = 0\%;$$

Здесь T_1 – длительность выхода коэффициента за нормально допустимую границу $K^{\text{норм}}$ по отношению к длительности измерений, в процентах, а T_2 – соответственно за предельно допустимую границу $K^{\text{пред}}$.

Как следует из таблицы 1, измеренный коэффициент несинусоидальности междуфазного напряжения U_{BC} значительно превышает допустимое значение. В других фазах также наблюдается превышение нормируемого значения коэффициента несинусоидальности. Измеренные значения коэффициентов несимметрии, как видно из данных таблицы 2, значительно превышают нормируемые значения.

Экспериментальные временные зависимости междуфазных напряжений и напряжений в фазах приведены на рисунках 1 и 2.

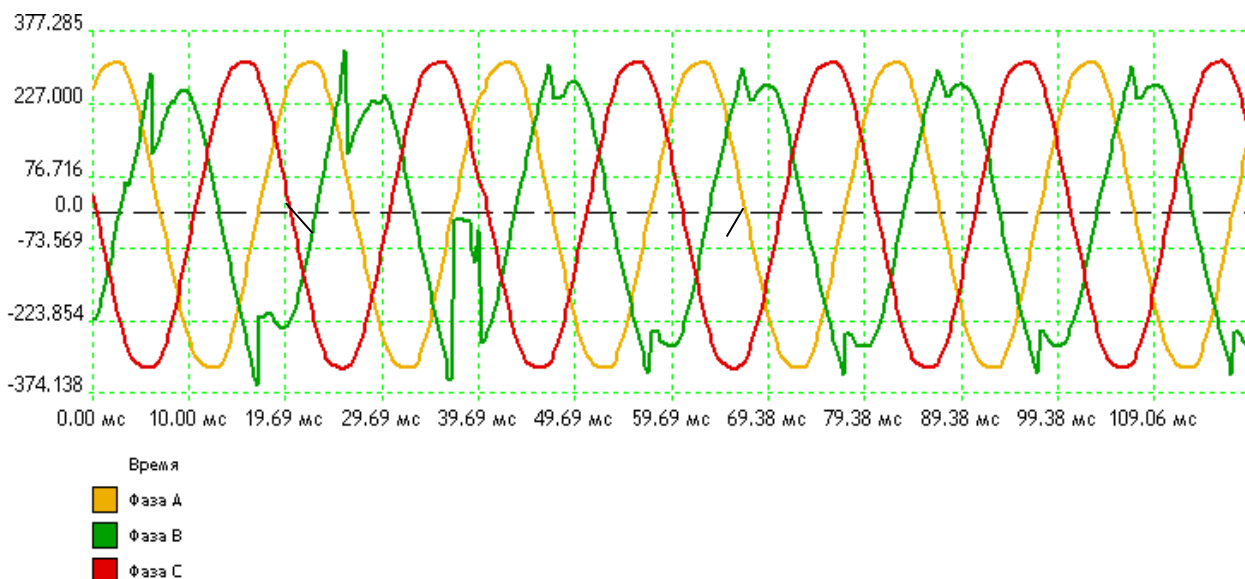


Рис. 1. Осциллограммы фазных напряжений

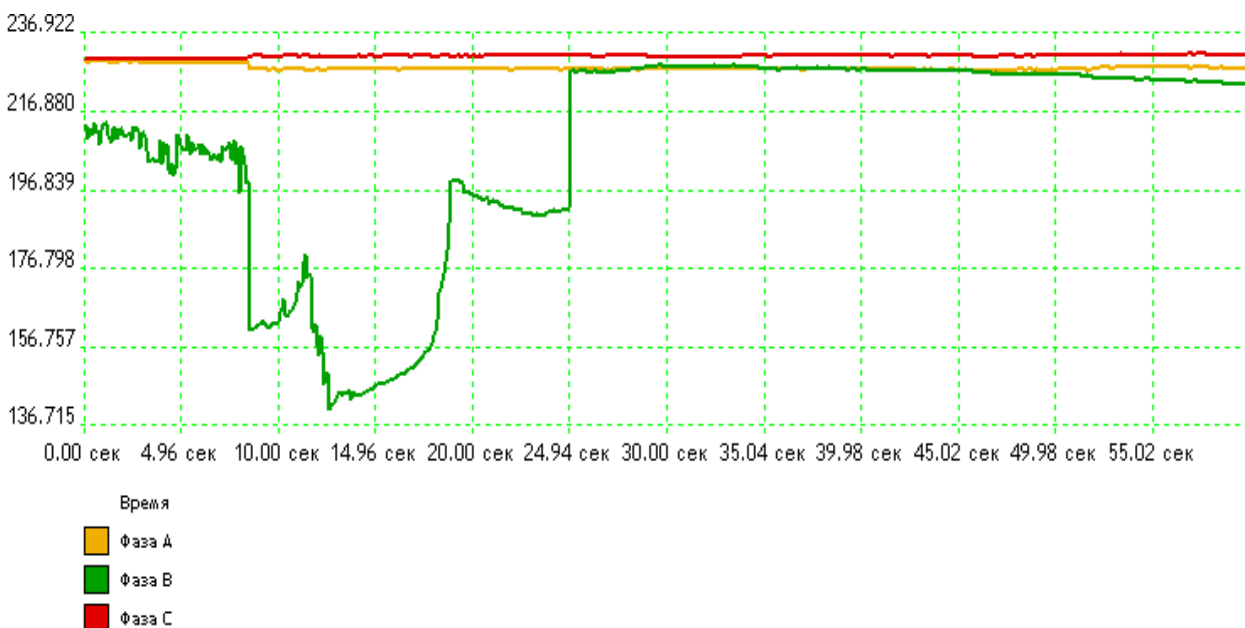


Рис. 2. Графики фазных напряжений

Графическое представление полученных зависимостей также свидетельствует о значительных нарушениях качества электроэнергии в исследуемой электрической сети.

Значительные отклонения показателей качества от нормативных в одной из фаз и приведенные осциллограммы позволяют сделать вывод о ненормативном режиме работы осветительного оборудования в этой фазе, что приводит более чем в пятикратному увеличению коэффициента несинусоидальности. Таким образом, использование традиционных технических средств и решений, направленных на повышения качества электрической энергии должно сопровождаться и качественной эксплуатацией электрооборудования, без чего невозможно достижения нормативных показателей качества электрической энергии.

Список литературы

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. [Руководство по эксплуатации ЭРИС-КЭ.04.](#)
3. Бельченко С.А., Белоус И.Н., Наумова М.П. Развитие АПК Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2015. № 2-2. С. 32-36.
4. 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.
5. Особенности светодиодного освещения / В.В. Ковалев, А.М. Давыдов, А.А. Подгаецкий, И.В. Кузин // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф., 27-28 апреля. Брянск, 2019. С. 123-127.
6. Ториков В.Е., Подобай Н.В. Анализ и перспективы развития экономики Брянской области // Агроконсультант. 2017. № 4. С. 45-48.
8. Широбокова О.Е., Кирдищев Д.В. Общая энергетика: учеб.-метод. пособие для бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Брянск, 2018.
9. Прыгов Н.М., Широбокова О.Е., Маркарянц Л.М. Практикум по теоретическим основам электротехники: метод. пособие. Ч. 2. Брянск, 2014.

УДК 631.171

*Безик Валерий Александрович**канд. техн. наук., доцент**Белькевич Андрей Романович**магистрант**Брянский государственный аграрный университет*

ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТЬЮ

Аннотация: В работе рассмотрены основные требования по электромагнитной совместимости преобразователя частоты с сетью и возможные способы подавления высших гармоник

Ключевые слова: показатели качества электроэнергии, фильтр, коэффициент искажения тока, гармоника

QUESTIONS OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF THE FREQUENCY CONVERTER WITH THE ELECTRIC NETWORK

BEZIK V.A., BELKEVICH A.R.

Annotation: The paper considers the main requirements for electromagnetic compatibility of the frequency Converter with the network and possible ways to suppress higher harmonics

Key words: indicators of quality electric energy, filter, current distortion coefficient, harmonic

Для выбора параметров линейных дросселей и пассивных фильтров необходимо определять порядок и частоту вредных гармоник, а также знать требования по высшим гармоникам, содержащиеся в нормативных документах.

Согласно ГОСТ 32144-2013 (EN 50160:2010) «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» несинусоидальность напряжения характеризуется следующими показателями:

- коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения;
- коэффициентом n-ой гармонической составляющей напряжения.

Определяются нормы показателей, в частности:

1. Нормально допустимые и предельно допустимые значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения в точках общего присоединения к электрическим сетям с разным номинальным напряжением.

2. Нормально допустимые значения коэффициента n-ой гармонической составляющей напряжения в точках общего присоединения к электрическим сетям с разным номинальным напряжением $U_{ном}$.

Для частотных преобразователей характерно использование трехфазной

мостовой схемы выпрямления, для которой порядковые номера и частоты гармонических составляющих

$$N_{\text{гарм}} = k \cdot m \pm 1, \quad (1)$$

где m – коэффициент схемы, для трехфазной мостовой схемы $m=6$;

k – целое натуральное число, $k=1,2,3,4,5,6\dots$

Для низковольтных сетей до 1000 В международные стандарты (МЭК, IEEE) развитых европейских стран на качество электрической энергии содержат требования по высшим гармоникам до 40-ой, т.е. до 2 кГц.

Тогда для трехфазного выпрямителя контролируемые гармоники:

$$k=1, N_{\text{гарм}} = 5, N_{\text{гарм}} = 7;$$

$$k=2, N_{\text{гарм}} = 11, N_{\text{гарм}} = 13;$$

$$k=3, N_{\text{гарм}} = 17, N_{\text{гарм}} = 19;$$

$$k=4, N_{\text{гарм}} = 23, N_{\text{гарм}} = 25;$$

$$k=5, N_{\text{гарм}} = 29, N_{\text{гарм}} = 31;$$

$$k=6, N_{\text{гарм}} = 35, N_{\text{гарм}} = 37.$$

Для подавления гармоник используют индуктивные и более сложные фильтры. На рисунке 1 представлено последовательное включение линейных дросселей, что является простейшим фильтром для подавления попадания высших гармоник тока во внешнюю сеть. Такой дроссель имеет малое значение индуктивного сопротивления на основной частоте 50 Гц и значительные величины сопротивлений для высших гармоник, что приводит к их ослаблению. При этом снижается коэффициент амплитуды (кросс-фактор) K_A и коэффициент искажения K_I входного тока.

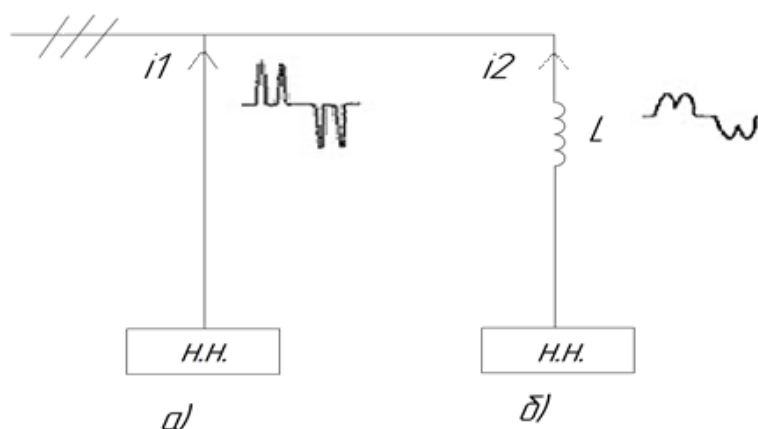


Рис. 1. Подключение дросселя во входную цепь и кривые токов в сети: а) без дросселя; б) при последовательном включении дросселя

Индуктивное сопротивление дросселя:

$$x_{\text{гар}} = \omega \cdot L_{\text{гар}} = 2 \cdot \pi \cdot L_{\text{гар}} \quad (2)$$

Выбор значения индуктивности дросселя $L_{\text{ДР}}$ производится по следующему условию:

$$q \cdot \omega_N \cdot L_{\text{ДР}} > \omega_N \cdot L_C \quad (3)$$

где q – число полупериодов выпрямления, для трехфазной мостовой схеме $q=2$;

В таблице 1 приведены значения коэффициента искажения тока на входе трехфазного мостового выпрямителя при различных значениях относительного индуктивного сопротивления дросселя на основной частоте ($x_{\text{ДР}}$).

Таблица 1

Коэффициент искажения тока на входе трехфазного мостового выпрямителя

$x_{\text{ДР}},\%$	1	2	3	4	5	8
$K_{\text{И}},\%$	75	52	45	40	35	28

Применение последовательно включенных линейных дросселей в ряде случаев не позволяет уменьшить гармонические искажения тока до требуемых пределов. В этом случае целесообразно применение пассивных LC-фильтров, настроенных на определенный порядок гармоник.

Различают следующие разновидности пассивных фильтров:

- некомпенсированный LC-фильтр;
- скомпенсированный LC-фильтр;
- некомпенсированный LC-фильтр с коммутатором.

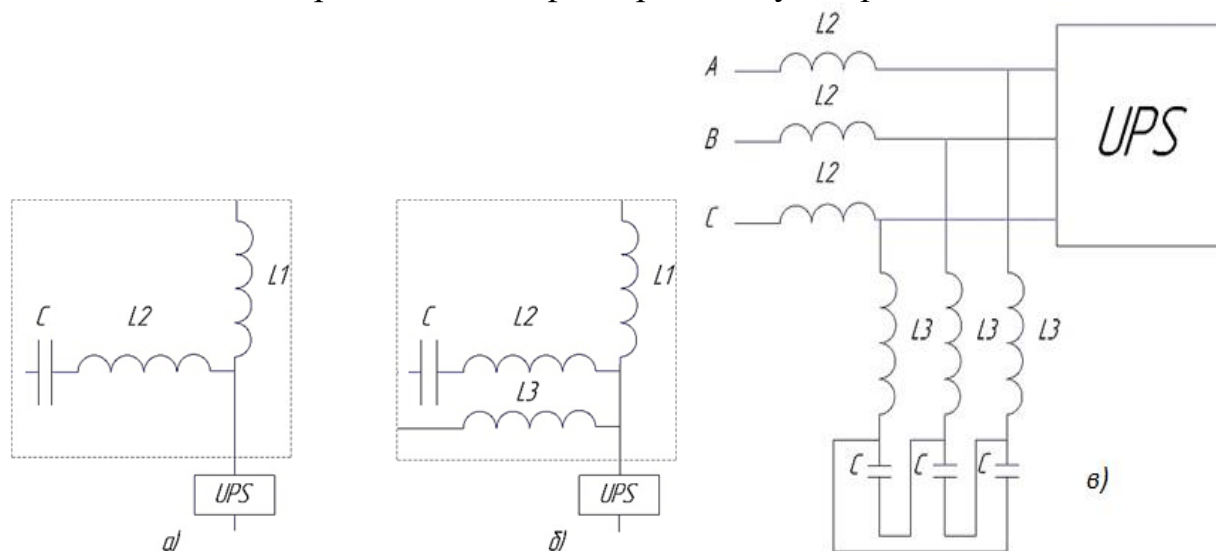


Рис. 2. Пассивные фильтры: а) некомпенсированный LC-фильтр; б) компенсированный LC-фильтр; в) трехфазный вариант LC фильтра

На рисунке 2,а представлен некомпенсированный фильтр, который содержит продольную индуктивность L_1 и поперечную цепь, состоящую из последовательно включенных индуктивности L_2 и емкости C , настроенных на определенную гармонику. Если фильтр настроен на 5-ую гармонику, то сопротивление

поперечной цепи близко к нулю и ток, потребляемый от источника, не будет содержать эту гармонику.

На рисунке 2,б представлен скомпенсированный фильтр, который содержит дополнительную поперечную индуктивность L_3 , отличие которого в том, что фильтр по отношению к генератору имеет индуктивный характер. Это снижает емкостную составляющую потребляемого тока. Однако наличие $D_{р3}$ приводит к снижению коэффициента мощности системы в целом.

Фильтр выбирается так, чтобы он гасил высшую гармонику с наименьшей частотой, т.е. для выпрямителя пятую гармонику.

$$x_c = \frac{1}{j\omega c}. \quad (4)$$

Емкостной фильтр выбирается по нескольким условиям:

$$x_c = \frac{1}{j2\pi f_N C},$$

$$\cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot N \cdot C \leq Z_c,$$

где Z_c - комплексное сопротивление питающей сети.

И конечно, значение амплитуд высших гармоник не должны превышать нормированных значений.

Полученные осциллограммы потребляемого преобразователем тока приведены на рисунке 3, разложение этого тока в спектр на рисунке 4.

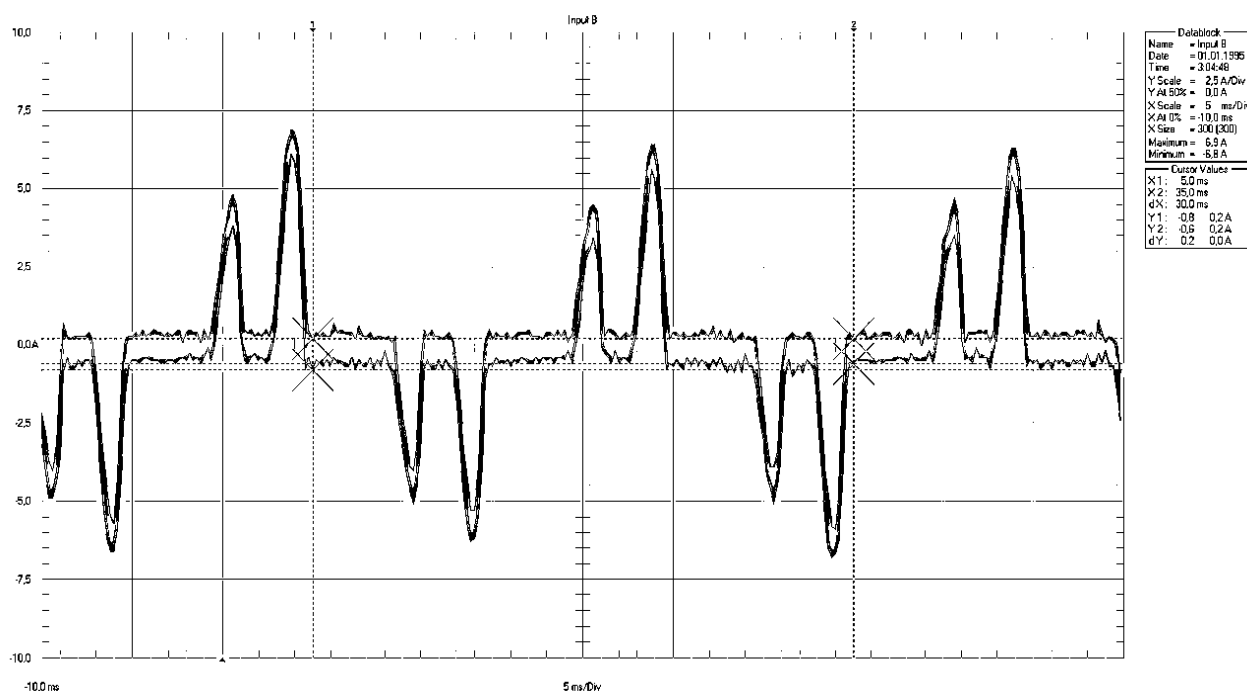


Рис. 3. Осциллограмма тока сети

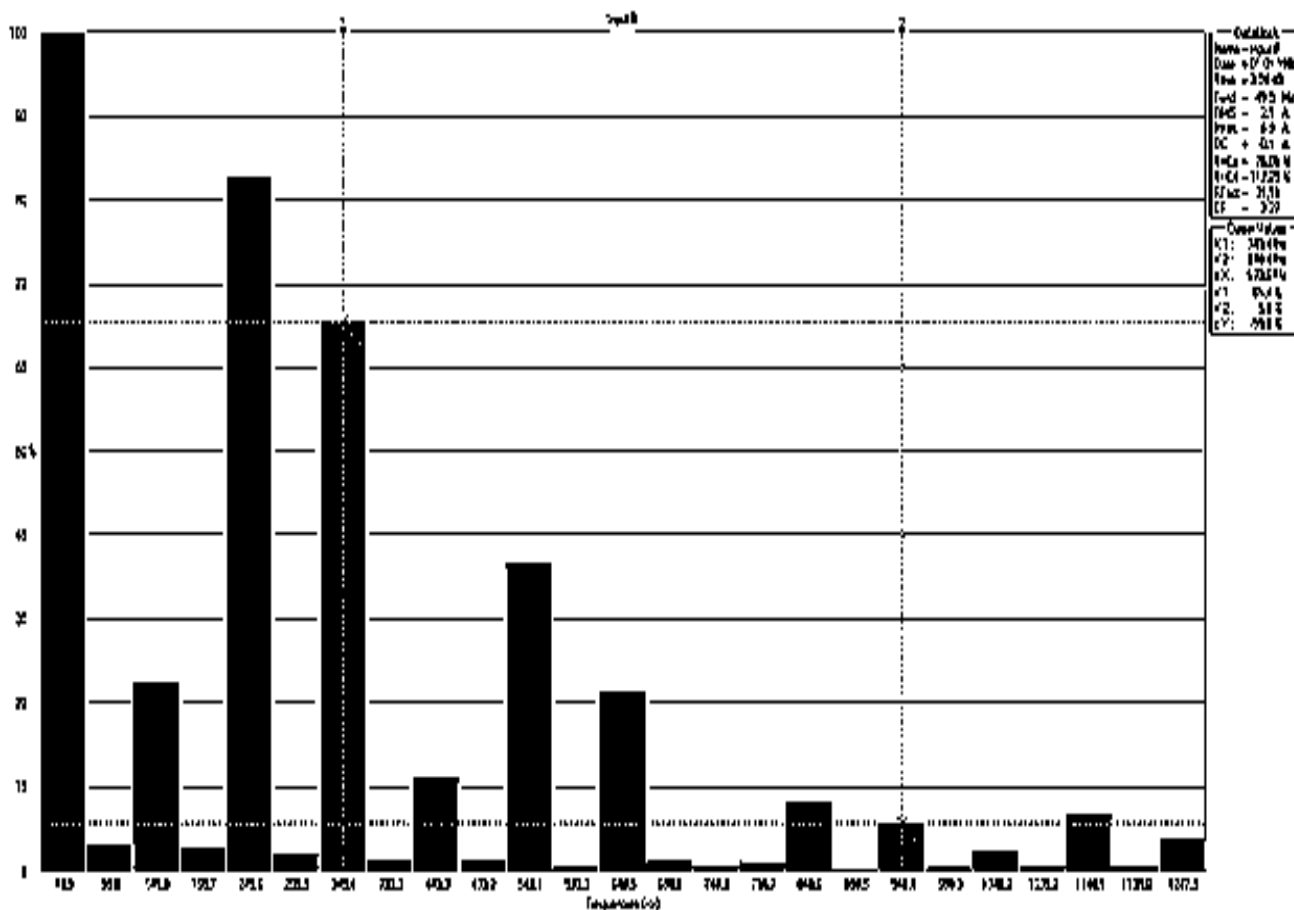


Рис. 4. Спектр высших гармоник тока сети

Численные значения полученных гармонических составляющих в сравнении с максимально допустимыми по ГОСТ Р 51317.3.2-99 (МЭК 61000-3-2-95) для наглядности рассчитанные на номинальный ток преобразователя приведены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнение значений тока сети с нормативными значениями по ГОСТ Р 51317.3.2-99 (МЭК 61000-3-2-95)

Порядок гармонической составляющей	Максимально допустимое значение гармонической составляющей тока, А	Значение гармонической составляющей тока, А
5	1,14	1,722
7	0,77	1,373
11	0,33	0,845
13	0,21	0,43
17	0,132	0,34
19	0,118	0,28
23	0,098	0,20
25	0,09	0,25

Полученные значения значительно выходят за рамки допустимых, что приводит к необходимости использования фильтров, а превышение значений по всем гармоникам спектра вносит дополнительные сложности.

Список литературы

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

2. Бельченко С.А., Белоус И.Н., Наумова М.П. Развитие АПК Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2015. № 2-2. С. 32-36.

3. 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.

4. Ториков В.Е., Подобай Н.В. Анализ и перспективы развития экономики Брянской области // Агроконсультант. 2017. № 4. С. 45-48.

5. Прыгов Н.М., Маркарянц Л.М., Широбокова О.Е. Электротехника и электроника: учеб.-метод. пособие для выполнения контрольной работы студентами инженерно-технологического факультета очной и заочной форм обучения. Брянск, 2012.

6. Прыгов Н.М., Широбокова О.Е. Биологическое воздействие электромагнитных полей // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: междунар. науч.-техн. конф. Брянск, 2012. С. 137-141.

УДК 631.6

Гайдаржи Лилия Сергеевна
магистрант*Франжева Валентина Степановна*
магистрант*Байдакова Елена Валентиновна*
канд. техн. наук., доцент*Брянский государственный аграрный университет***СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЛИОРИРУЕМЫХ
ЗЕМЕЛЬ**

Аннотация. Последние годы еще и еще раз подтверждают, что без комплекса мелиоративных мероприятий не поднять плодородия почв, не возродить сельское хозяйство, которое переживает не лучшие времена. Нет сейчас задачи важнее, чем сохранить все, что создано в мелиоративно-водохозяйственном комплексе: осушении, орошении, водоснабжении, эффективно использовать мелиорированные земли. Понимание этого и искреннее стремление сделать все возможное в современных условиях, наша активная позиция во всех делах — залог успеха. Впервые в истории нашей страны принят Закон «О мелиорации земель». Действовавшие до этого нормативные акты в области мелиорации не имели юридической силы. Закон основан на статье 9 Конституции РФ, которая провозглашает, что земля и другие природные ресурсы используются и охраняются как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории. Закон учитывает как опыт законодательного регулирования мелиорации в зарубежных странах, так и исторический опыт России.

AGRICULTURAL USE OF RECLAIMED LAND***GAYDARZHI L.S., FRANJEVA V.S., BAYDAKOVA E.V.***

Summary. Recent years have again and again confirmed that without a set of reclamation measures will not raise soil fertility, not to revive agriculture, which is experiencing bad times. There is now no task more important than to preserve everything that has been created in the reclamation and water management complex: drainage, irrigation, water supply, efficient use of reclaimed land. Understanding this and sincere desire to do everything possible in modern conditions, our active position in all matters is the key to success. For the first time in the history of our country, the Law "on land reclamation" was adopted. The regulations in the field of land reclamation, which were in force before, had no legal force. The law is based on article 9 of the Constitution of the Russian Federation, which proclaims that land and other natural resources are used and protected as the basis of life and activities of the peoples living in the relevant territory. The law takes into account both the experience of legislative regulation of land reclamation in foreign countries and the historical experience of Russia.

Выбор посева первых сельскохозяйственных культур на мелиорируемых землях связан с хозяйственно-экономическими условиями: близостью объектов к населенным пунктам, транспортным магистралям, рынкам сбыта и местам потребления растениеводческой продукции, потребностями и специализацией хозяйства и состоянием его экономики.

На мелиорируемых землях вводят полевые, кормовые, овощные и лугопастбищные севообороты.

Для ускорения процесса окультуривания мелиорируемых земель первыми высевают пропашные культуры, так как они оказывают наибольшее влияние на повышение плодородия почвы.

Специфическими особенностями севооборотов на торфяных почвах являются: недопустимость чистого пара; рискованность выращивания теплолюбивых культур (томаты, тыквенные, кукуруза) и поздних сортов картофеля.

Примерные схемы севооборотов на торфяных почвах:

травопольно-зерновой: 1–3 – многолетние травы, 4 – рожь озимая после первого укоса трав, 5 – яровые зерновые (ячмень, овес, пшеница), 6 – пропашные (картофель, капуста, корнеплоды), – яровые зерновые, – викоовсяная смесь на зеленую массу с летним посевом многолетних трав или ранневесенний посев трав в смеси с райграсом однолетним; травопольно-пропашной: 1–4 – многолетние травы, 5 – картофель, капуста, 6 – яровые зерновые, 7 – картофель, корнеплоды, – вико-горохо-овсяная смесь на зеленую массу с летним посевом многолетних трав или весенний посев трав в смеси с райграсом однолетним; травопольно-пропашной интенсивного направления: 1–3 – многолетние травы, 4 – картофель, 5 – капуста, корнеплоды, 6 – яровые зерновые, 7 – пропашные (картофель, силосные, корнеплоды), 8 – вико-горохово-овсяная смесь на зеленую массу с летним посевом многолетних трав или весенний посев трав в смеси с райграсом однолетним; лугово-кормовой: 1–7 – многолетние травы, 8 – озимая рожь после первого укоса трав, 9 – яровые зерновые, 10 – вико-горохово-овсяная смесь на зеленую массу или сено с летним посевом многолетних трав или весенний посев трав в смеси с райграсом однолетним.

Севообороты на низинных, затапливаемых паводковыми водами торфяниках вводят без озимых культур, а при длительном паводке и позднем просыхании почвы – и без ранних яровых зерновых культур, отдельно для центральной и при-террасной частей поймы.

Небольшие по размеру участки торфяных почв, на которых не может быть введен самостоятельный севооборот, используют как одно или несколько полей севооборота ближайшего торфяного массива, по типу плодосмена или как выводные клинья для постоянных сенокосов и пастбищ.

В условиях высокой специализации и концентрации производства на минеральных землях допускают бессменное выращивание отдельных сельскохозяйственных культур (зерновые, кормовые, технические) в течение ряда лет на одном поле при строгом соблюдении мер борьбы с сорняками, вредителями и болезнями растений, без снижения эффективного плодородия почвы.

Во всех типах севооборотов на мелиорируемых землях широкое распространение получили поукосные и пожнивные посевы, а в овощных севооборотах – и уплотненные посевы.

На осушаемых землях под сельскохозяйственные культуры ранних сроков посева основную обработку почвы проводят вдоль склона или под острым углом

к нему (в пределах недопущения развития водной эрозии), а под культуры поздних сроков сева, если необходимо удержать и накопить влагу, – поперек склона. Обработка почвы после многолетних трав преследует задачу – прекратить жизнедеятельность дернины и создать условия для разложения растительных остатков. Основная обработка включает дискование тяжелой дисковой бороной в два-три следа в перекрестных направлениях и отвальную вспашку. На мало-окультуренных почвах проводят углубление пахотного слоя, а если почвогрунт глинистый или суглинистый, то выполняют глубокое (на 50–70 см) рыхление.

При обработке почвы после стерневых культур сплошного сева (зерновые, однолетние травы, лен и др.) проводят лущение стерни и дна перекрестных следа на глубину 6–8 и 10–12 см с последующей вспашкой, а при необходимости – и с углублением пахотного слоя.

После пропашных культур проводят вспашку с углублением пахотного слоя или без углубления. На незасоренных торфяных почвах под культуры сплошного рядового сева отвальную обработку заменяют поверхностной – дискование, фрезерование. Поверхностную обработку, без оборота пласта, проводят также на малогумусированных почвах.

Предпосевная обработка состоит из культивации и боронования на почвах легкого механического состава, дискования – на торфяных почвах и перепашки зяби с дискованием и боронованием – на тяжелых почвах.

При подготовке почвы для сельскохозяйственных культур раннего срока сева все работы по разделке пласта (дискование, культивация, боронование) проводят с осени. Перед посевом весной проводят только боронование зяби. Под культуры позднего срока сева эти работы проводят весной. При необходимости в разделку пласта включают эксплуатационное выравнивание поверхности почвы.

Легкие незаплывающие суглинистые и торфяные почвы прикатывают водоналивными катками до и после посева.

В ряде случаев пропашные культуры возделывают на грядах и гребнях, нарезаемых при предпосевной обработке. Под культуры раннего посева (морковь, раннюю капусту, ранний картофель, зеленые овощи и др.) гряды или гребни напахивают с осени. Перед посевом (посадкой) рыхлят гряды и углубляют борозды.

Наиболее интенсивной система удобрений должна быть на землях с регулированием водного режима в овощных и других севооборотах с высокой экономической эффективностью. Примерные дозы органических и минеральных удобрений под основные культуры севооборотов на минеральных почвах приведены в таблице 1.

Торфяные почвы, как правило, не обеспечены калием, иногда фосфором. Поэтому калийные удобрения вносят под все культуры на планируемый урожай с поправкой на коэффициент их использования, а фосфорные – с учетом картограмм и вида возделываемой культуры. При затяжной и холодной весне вносят и азотные удобрения по 20–30 кг/га действующего вещества.

На низинных слаборазложившихся и переходных торфяниках для усиления жизнедеятельности почвенной микрофлоры применяют навоз или фекалии по 10–30 т/га. Если на торфяных почвах не хватает микроэлементов (медь, бор, марганец и др.), то вносят микроудобрения: медный купорос, пиритные огарки, борно-датолитовую соль, борный суперфосфат, марганцевые шлаки, марганизированный гранулированный суперфосфат.

Таблица 1. Примерные дозы удобрений под основные культуры севооборотов на мелиорируемых минеральных почвах

Культура	Уровень окультуренности почв							
	высокий				средний			
	органические, т/га	минеральные, кг/га*			органические, т/га	минеральные, кг/га*		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Многолетние травы	20–30	40–70	50–80	60–90	30–40	50–70	70–90	70–100
Зерновые одно-летние травы	–	30–40	60–70	60–80	–	40–50	60–70	80–100
Гречиха	20–30	30–40	60–70	50–60	30–40	40–50	70–90	60–70
Горох	–	–	50–70	90–100	–	–	70–90	100–120
Кукуруза	40–50	70–100	60–80	80–120	50–60	90–120	70–100	100–130
Подсолнечник	–	40–70	40–70	50–80	20–30	40–70	40–70	50–80
Лен	–	40–50	40–60	60–70	–	50–70	50–70	70–90
Картофель, кормовые корнеплоды	30–40	30–60	50–70	70–90	40–50	40–70	60–70	80–100
Столовые корнеплоды	–	40–60	50–70	70–100	20–30	50–80	60–80	80–120
Капуста	40–50	70–110	60–90	110–120	50–60	100–130	70–90	120–140
Огурцы	60–80	60–90	60–90	60–90	70–90	80–100	90–110	90–110
Помидоры	20–40	40–60	60–80	60–80	30–50	60–70	80–100	90–110
Зеленые овощи	0–20	50–70	40–60	50–70	20–40	50–70	50–80	60–80

* Действующего вещества.

Минеральные удобрения применяют незадолго до посева туковыми сеялками или с самолета. Заделывают их тяжелыми дисковыми боронами или лущильниками. При подъеме грунтовых вод зимой и весной не выше 50–60 см, а также на почвах, не затапливаемых паводковыми водами, под яровые культуры ранних сроков сева минеральные удобрения вносят и осенью. При необходимости удобрения дают в подкормку культиваторами-растениепитателями или с поливной водой. Органические удобрения применяют под зяблевую вспашку или весеннюю перепашку.

Мелиорируемые почвы с повышенной кислотностью известкуют, рассчитывая дозу известкового материала по полной гидролитической кислотности под наиболее требовательные к реакции почвенной среды сельскохозяйственные культуры. 65–75% рассчитанной дозы извести вносят под основную обработку, а остальную часть – во время предпосевной обработки.

Культурные сенокосы и пастбища на мелиорируемых землях создают как посредством коренного улучшения (с полной заменой естественного травостоя сеяным), так и путем окультуривания существующего травостоя. Культурные луга должны иметь выровненную поверхность, условия для полной механизации работ по эксплуатации травостоя, высокую продуктивность с преобладанием ценных кормовых трав.

На пойменных землях, затапливаемых паводком, не высевают ежу сборную и все виды райграсов, а на землях, заливаемых паводком на 10–15 дней, – люцерну и клевер красный. Овсяница луговая способна выдержать двадцатидневные паводки, тимофеевка – двадцатипятидневные, лисохвост, полевица и мятлик болотный – тридцати-тридцатипятидневные. Для залужения особо долгопоемных земель (затопление на 40 дней и более) пригодны лишь канареечник и бекмания. Костер безостый способен выдержать тридцатидневные паводки при условии быстрого сброса поверхностных вод после схода паводка. При снижении уровня грунтовых вод летом ниже 100–120 см подбирают глубоко-укореняющиеся виды трав (костер безостый, люцерна, овсяница луговая и др.), а при более высоких уровнях на залужаемой площади – мелкоукореняющиеся (лисохвост луговой, мятлик болотный, полевица белая и др.). На орошение дождеванием наиболее отзывчивы ежа сборная, овсяница луговая, лисохвост луговой, клевер белый.

Залужение проводят для краткосрочного или долгосрочного пользования лугом путем посева многолетних трав в чистом виде или в смеси. Посев одного вида практикуют. Для краткосрочного пользования, на семена и в зависимости от складывающихся условий на мелиорируемой площади: ежу сборную высевают для раннего стравливания скоту, бекманию – на явно недосушенных или особо долгопоемных низинах.

На культурных пастбищах создают «зеленый конвейер», включающий раннеспелую травосмесь (с преобладанием ежи сборной), среднеспелую (с преобладанием овсяницы луговой) и позднеспелую (с преобладанием тимофеевки луговой).

При создании сенокосов используют, прежде всего типично верховые злаки: костер безостый, канареечник тростниковидный, тимофеевку луговую; в травосмесь пастбищ в основном включают полуверховые злаки: овсяницу луговую, ежу сборную. Для прочности дернины добавляют также мятлик луговой. Краткосрочные (до пяти–семи лет) луга создают посевом рыхлокустовых быстроразвивающихся злаков (тимофеевка луговая, овсяница луговая, ежа сборная) в смеси с бобовыми (клевер красный или розовый) или без них. В долгосрочные травосмеси (более десяти лет) наряду с рыхлокустовыми злаками включают и корневищные (лисохвост луговой, костер безостый). В первые включают два–четыре, а во вторые – четыре–пять видов. Залужение проводят без покрова либо под покров однолетних трав или зерновых. Покровную культуру убирают на зеленый корм не позднее стадии колошения (во избежание угнетения травосмеси).

Примерные дозы минеральных удобрений для орошаемых пастбищ на почвах со средней степенью обеспеченности элементами питания приведены в таблице 2.

На пастбищах азотные удобрения применяют равными частями под каждый цикл использования травостоя, кроме последнего.

На сенокосах 60–70% дозы азота вносят под первый укос, а остальную часть – под второй. Если бобовые компоненты в травостое составляют более 20–25%, то внесение азотных удобрений нецелесообразно. Дозы удобрений уточняют по картограммам обеспеченности почв подвижными питательными элементами.

Таблица 2. Примерные дозы минеральных удобрений на орошаемых пастбищах и почвах со средней обеспеченностью элементами питания

Типы почв	Уровень планируемого урожая зеленой массы, ц/га	Дозы удобрений, кг/га действующего вещества		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Аллювиальные (пойменные) дерновые слоистые маломощные супесчаные	350	140	45	120
	500	270	90	200
	600	400	120	260
Аллювиальные (пойменные) дерновые тяжелосуглинистые	400	240	90	180
	500	360	120	220
Дерново-подзолистые суглинистые	400	240	120	180
	500	360	180	240
Дерново-подзолистые супесчаные	400	260	140	200
	500	380	200	260

На орошаемых лугах удобрения применяют вместе с поливной водой или перед поливом.

Для заготовки сена вводят сенокосообороты, то есть системы чередования сроков скашивания отдельных участков травостоя по годам. В сенокосообороте с пятилетней ротацией на каждом из пяти «полей» лугового массива сроки первого скашивания по годам чередуют в такой последовательности (по фазам развития травостоя): начало колошения, колошение, начало цветения, полное цветение, плодоношение.

На долголетних культурных пастбищах выпас начинают на второй год после залужения и при уровнях грунтовых вод не выше 60–65 см, при влажности корнеобитаемого слоя почвы не более 70% от полной влагоемкости. При более высоких уровнях грунтовых вод или влажности почвы травостой скашивают на сено, силос или травяную муку. На пастбищах допустима только порционная система использования, при которой ежедневно стравливают свежие порции травостоя. Стравливание проводят не позднее фазы трубкования верховых злаковых травостоев. Порции трав выделяют (огораживают) с помощью электропастухов. После стравливания обязательно подкашивают нестравленные остатки.

Порядок стравливания порций (загонов) травостоя в рамках пастбищеоборота ежегодно меняют. Прекращают использование трав на пастбищах за 10–15 дней до среднемноголетнего конца периода вегетации.

Дополнительным увлажнением (орошением) поддерживают оптимальную для роста трав влажность почвы в слое сосредоточения основной массы активных водопоглощающих корней. Основной способ орошения лугов – дождевание. Подпочвенное увлажнение применяют на минеральных и торфяных почвах, если коэффициент фильтрации подпахотного слоя составляет не менее 1,0–1,5 м/сутки. При этом поднимают уровни грунтовых вод в периоды между стравливаниями и опускают ко времени стравливания. На сенокосах поддерживают постоянные уровни грунтовых вод в соответствии с нормой осушения. На пойменных землях возможен поверхностный полив затоплением.

Поливы проводят сразу же после укоса или через два-три дня после стравливания. Их прекращают за два–шесть дней до выпаса или укоса.

Список литературы

1. 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.
2. 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.
3. Байдакова Е.В., Ляхова Л.А. Выбор оптимальных трудоохранных мероприятий в мелиорации // Проблемы природообустройства и экологической безопасности: материалы XVI межвуз. науч.-практ. конф. Брянск, 2003. С. 47-49.
4. Кровопускова В.Н., Байдакова Е.В. Правовой режим водоохраных зон // Актуальные проблемы экологии: материалы междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2017. С. 42-46.
5. Байдакова Е.В. Мероприятия, ускоряющие поверхностный, внутрпочвенный и грунтовый сток // Проблемы энергетики и природопользования. вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии сборник материалов междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2010. С. 25-28.
6. Природообустройство Полесья. Кн. 4. Полесья Юго-Западной России / М.Н. Абадонова, Л.Н. Анищенко, Л.М. Ахромеев, Е.В. Байдакова, Н.М. Белоус, А.Д. Булохов, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, В.Т. Демихов, Ю.А. Ключев, Г.В. Лобанов, О.В. Мельникова, Н.Н. Панасенко, С.Н. Поцепай, И.Л. Прокофьев, Е.В. Просянкин, Ю.А. Семенищенков, М.В. Семьшев, В.Е. Торикиев, А.В. Харин и др. Рязань, 2019.
7. Байдакова Е.В., Ляхова Л.А. Выбор оптимальных трудоохранных мероприятий в мелиорации // Проблемы природообустройства и экологической безопасности: материалы XVI межвуз. науч.-практ. конф. Брянск, 2003. С. 47-49.

УДК 621.351:631.3

*Гурьянов Геннадий Васильевич**докт. техн. наук, профессор**Кисель Юрий Евгеньевич**докт. техн. наук, доцент**Романенко Сергей Викторович**магистрант**Брянский государственный аграрный университет*

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация: Показана целесообразность применения композиционных электрохимических покрытий для повышения износостойкости быстроизнашиваемых деталей сельскохозяйственной техники. Показано, что гальванический способ нанесения композиционных покрытий на детали с целью восстановления их размеров и повышения износостойкости обладает такими достоинствами, как возможность создание КЭП с заданными свойствами, простота нанесения равномерного слоя регулируемой толщины, отсутствие термического воздействия на деталь и покрытие, возможность исключения последующей механической обработки, низкая себестоимость. Процесс легко управляем, относительно просто регулируется и допускает автоматизацию.

Ключевые слова: Композиционные электрохимические покрытия, износостойкость, микротвердость, дисперсная фаза

WEAR RESISTANCE INCREASE OF CARS' DETAILS BY COMPOSE ELECTROCHEMICAL COVERINGS

GURJANOV G.V., KISEL J.E., ROMANENKO S.V.

Abstract: The expediency of application of composite electrochemical coatings to increase wear resistance of wearing parts of agricultural machinery. It is shown that galvanic method of applying a composite coating on the workpiece in order to restore their size and improve the wear resistance has such advantages as the possibility of creation of the CEP with desired properties, ease of applying a uniform layer of variable thickness, the absence of thermal effects on the workpiece and the coating, the ability to exclude subsequent machining, low cost. The process is easy to control, is regulated by relatively simple and allows automation.

Keywords: composite electrochemical coatings, resistance increase, microhardness, dispersed phase.

Композиционные материалы находят все большее применение для восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники [1-20].

Формирование износостойких слоев гетерогенного материала на поверхности углеродистых сталей, используемых для изготовления деталей, возможно за счет выделения твердых включений при последующей их термомеханической, химико-термической обработке или других видов технологий (борирование, науглероживание, карбонитрирование и другие), или нанесения покрытий, содержащих твердые включения, сцементированные пластичной матрицей (ручная сварка и наплавка, газо-плазменное, гальваника и другие).

Наиболее эффективным, ввиду существенных преимуществ перед другими способами, является гальванический метод получения композиционных электрохимических покрытий (КЭП). Разработка данного направления, исследования свойств электрохимических композитов, вопросы теории и практики их получения и применения отражены в статьях и монографиях: Л.И. Антропова, М.И. Быковой, А.И. Борисенко, А.Ф. Иванова, С.С. Кругликова, Н.Т. Кудрявцева, Т.П. Конжиной, Ю.Ю. Матулиса, М.А. Мицкуса, В.Ф. Молчанова, Ю.Н. Петрова, Г.В. Гурьянова, Р.С. Сайфуллина, Ю.М. Полукарова, И.М. Федорченко, Г.А. Астахова, Е.М. Юдиной, Д.М. Кроитору и других, а также в работах зарубежных исследователей Т.У. Томашевски, Г. Брауна, Д.К. Визерса, Н. Гуглиelmi, В. Метцера, Т. Флориана и других.

КЭП совмещают в себе положительные свойства металлов и жаропрочность, химическую стойкость, твердость, износостойкость неметаллических веществ. Гальванический способ нанесения КЭП на детали с целью их восстановления и повышения износостойкости или упрочнения имеет ряд достоинств: возможность регулирования состава, структуры и свойств покрытий; простота нанесения равномерного слоя требуемой толщины; отсутствие термического воздействия на деталь и покрытие; возможность исключения последующей механической обработки; низкая себестоимость. Процесс получения КЭП легко управляем, относительно просто регулируется и допускает автоматизацию. Однако внедрение КЭП в практику машиностроительных и ремонтных предприятий сдерживается ограниченностью сведений об условиях получения и свойствах композиционных покрытий.

Большинство исследований износостойкости КЭП посвящено покрытиям на основе железа и его сплавов, никеля, меди и хрома. Несмотря на то, что испытания проводились при различных режимах трения и принципиально отличающихся друг от друга условиях с применением в качестве контртела различных материалов, все авторы показывают относительную износостойкость КЭП, значительно большую (в десятки раз) в сравнении с «чистыми» покрытиями. Наибольшее распространение на ремонтных предприятиях получил процесс получения КЭП на основе железа и его сплавов. Процесс получения КЭП из таких электролитов имеет высокую производительность, экономичность, экологичность в сравнении с другими покрытиями. Вместе с тем, ряд важнейших свойств покрытий практически не изучен. Крайне мало исследованы прочность покрытий при растяжении, ударная вязкость, внутреннее трение, электропроводность, модуль упругости, отражающие связь структуры и свойств покрытий.

Основной целью разработки КЭП являлось повышение износостойкости деталей сельхозтехники. Износостойкость КЭП на основе железа исследовали в основном при трении со смазкой, без смазки, при повышенных температурах, тогда как работы по определению долговечности в условиях изнашивания нежесткозакрепленным абразивом практически отсутствуют. Первые поисковые исследования Г.В. Гурьянова, Е.М. Юдиной, Д.М. Кроитору по применению КЭП на основе железа для восстановления деталей сельхозмашин работающих в массе абразива

показали перспективность применения покрытий для повышения износостойкости таких деталей, как плужные лемеха, лапы культиваторов и другие.

Износостойкость КЭП зависит от природы компонентов материала и их взаимодействия, размеров ДФ, объемного содержания ДФ в КЭП. Для того, чтобы получение композиций на стадии технологического конструирования материала было доступно производству и управляемо, необходимо развитие принципов создания износостойких материалов, критериев выбора составляющих КЭП фаз и связи компонентов структуры материала с его свойствами.

В работах Р.С. Сайфуллина, Г.В. Гурьянова и других авторов, посвященных износостойкости КЭП с включением частиц второй фазы различной природы, различных размеров и содержания, проведены исследования по изучению влияния дисперсных частиц на износостойкость и другие физико-механические свойства КЭП. Твердость частиц второй фазы в этих покрытиях изменялась от 1.0 до 50.0 ГПа, размер - от 0.5 до 40 мкм. Для получения износостойких КЭП используют самые разнообразные химические соединения – от полимерных порошков до алмазов. В работе [3] для повышения износостойкости в условиях абразивного изнашивания использовали наночастицы. Такое разнообразие применяемых дисперсных частиц объясняется тем, что в настоящее время нет единых критериев их выбора по физико-механическим свойствам, размерами, содержанию частиц второй фазы для получения наиболее износостойких покрытий.

Вместе с тем, для формирования износостойких КЭП, работающих в условиях абразивного изнашивания, ввиду особых требований к материалу дисперсной фазы (высокая твердость и прочность; химическая стойкость по отношению к компонентам электролитам; частицы должны смачиваться раствором; высокая агрегативная и седиментационная устойчивость) наибольшее применение нашли дисперсные частицы электрокорунда и карбида бора.

На стадии проектирования для априорной оценки прочности КЭП часто пользуются теориями дисперсного упрочнения, в соответствии с которыми частицы упрочняют матрицу, стабилизируя ее субструктуру и лимитируя предельный свободный путь дислокаций. Наш опыт использования для оценки прочностных свойств дисперсно-упрочненных КЭП показал их неприемлемость. Действительно, в КЭП ДФ выступает еще и как активная часть гетерогенного материала, воспринимающая основную нагрузку и распределяющая ее в матрице. Авторы работ, посвященных теоретическому анализу причин высокой износостойкости КЭП и исследованиям взаимосвязи их триботехнических свойств со структурой и свойствами материалов, оптимальный состав связывают с прочностью матрицы и способностью удерживать частицы ДФ. В работе [8] предполагается, что оптимальная концентрация ДФ формируется на поверхности в зависимости от условий трения. В ряде работ в качестве первопричины выдвигается формирование твердыми включениями благоприятного рельефа поверхности контртела. Вместе с тем, расчеты оптимального состава КЭП на основе железа с включением электрокорунда и карбида бора, отвечающего наивысшей износостойкости, в литературе имеют очень широкий диапазон: оптимальное объемное содержание ДФ в КЭП – 10...40%(об.); оптимальный размер частиц – 1...40 мкм.

Таким образом, до настоящего времени не установлены теоретические зависимости, определяющие основные требования, предъявляемые и к структуре и оптимальному составу износостойких КЭП, работающих в условиях абразивного изнашивания. В связи с этим задача определения оптимального состава износостойких КЭП и установление его взаимосвязи с условиями эксплуатации деталей остается весьма актуальной.

Динамические условия работы некоторых восстановленных КЭП деталей машин не могут быть охарактеризованы только усталостной прочностью и износостойкостью. Статистика показывает, что большое количество поломок и аварий в технике является результатом непогашенных колебаний, которые упругие системы не могут погасить. Особую роль играет рассеяние энергии в процессе колебаний, связанное с явлением резонанса. По причине плохих демпфирующих свойств для изготовления валов двигателей и других ответственных деталей не нашли применения многие высокопрочные легированные стали. Имеющиеся в литературе данные о влиянии пористого хрома, серебра и олова указывает на существенное влияние покрытий на демпфирование упругих колебаний. Вместе с тем, влияние железа и композиционных электрохимических покрытий на их основе, несмотря на его широкое применение в ремонтном производстве, практически не изучено.

Упругие характеристики композиционных материалов обычно определяются в результате механических испытаний. Получение таких данных во многих случаях представляет достаточно трудоемкую задачу, что делает актуальным развитие методов расчета упругих свойств композитов. Широкое распространение получили приближенные методы, точность которых не вполне удовлетворяет исследователей. В то же время вопрос о применении метода конечных элементов, который принципиально позволяет уточнить вычисление упругих характеристик и установить характер распределения напряжений в КЭП еще не нашел достаточного отражения в литературе.

Одним из ярких показателей, характеризующих процесс трения и изнашивания, является шероховатость поверхности. Трение и изнашивание КЭП во многом определяется субмикроструктурными характеристиками. Твердые частицы способствуют накоплению дислокационных петель, рассеиванию текстуры, что уменьшает число участков активного адгезионного взаимодействия при трении. Развитая за последние десятилетия теория контактирования, трения и изнашивания твердых тел позволяет установить связь между некоторыми параметрами шероховатости поверхности и важнейшими эксплуатационными свойствами.

Специфичность строения композиционных покрытий (высокая твердость частиц и относительно низкая твердость матрицы) должна сказываться на развитии особого эксплуатационного рельефа при трении, так как различные по твердости фазы композиций оказывают не одинаковое сопротивление деформации и изнашиванию. В случае малого содержания ДФ в КЭП шероховатость будет определяться упруго-пластическими свойствами матрицы. При большом объемном содержании, когда всю нагрузку воспринимают твердые включения, профиль будет

формироваться за счет неровностей, образуемых твердыми включениями, разрушающимися под нагрузкой. Необходимо учесть третий случай формирования установившейся шероховатости КЭП в процессе изнашивания, когда происходит выкрашивание частиц ДФ в связи с ограниченной прочностью матрицы и недостаточным их сцеплением с матрицей. Таким образом, анализ рельефа поверхности КЭП может служить методом определения оптимального содержания частиц ДФ. Однако работы в данной области практически отсутствуют.

Микротвердость матрицы КЭП зависит от параметров субмикроструктуры, изменение которых определяется главным образом влиянием частиц дисперсной фазы (ДФ) на процесс электроосаждения металла и выделения водорода. Априори наличие ДФ в покрытии повышает рассеяние значений микротвердости матрицы, так как отпечатки могут попадать как в основу, так и в твердые включения, скрытые под слоем металла. Рассеяние измеряемой величины вокруг среднего значения математически выражают через коэффициент ее вариации. Представляет практический интерес исследовать влияние содержания ДФ в КЭП на коэффициент вариации микротвердости матрицы, с целью поиска связи между ним и объемным содержанием ДФ в КЭП.

Образование прочных физико-химических связей между частицами ДФ и матрицей должно изменить характер разрушения покрытий и улучшить их физико-механические свойства. Вместе с тем, влияние прочности связи ДФ и матрицы на износостойкость КЭП практически не изучено. технология формирования связи ДФ и матрицы в износостойком покрытии практически не изучена. Методики, позволяющие определить момент формирования связи, практически отсутствуют.

Образование новых фаз, прочных химических связей между компонентами композиции возможно в случае сообщения извне материалу определенного количества энергии. Последнее условие в связи с функциональным назначением покрытий и, как правило, некогерентностью сочетания кристаллических решеток материала матрицы и дисперсной фазы может быть выполнено различными технологическими приемами, в частности нагревом детали с покрытием, например ТВЧ, ЛИ и другими методами. В процессе термохимических реакций между составляющими гетерогенного материала можно получить на поверхности детали новый материал с заданными свойствами. Вместе с тем, работ, посвященных теоретическому обоснованию и практическому применению электротехнологий к формированию взаимосвязи ДФ и матрицы (для повышения физико-механических свойств композитов) и активизации диффузионных процессов на границе фаз (для получения из компонентов КЭП новых материалов на поверхности деталей), крайне недостаточно или они носят поисковый характер.

В последние годы произошло значительное расширение сферы использования электротехнологий (лазерных, ТВЧ, плазменных, электроннолучевых и других) в производстве. В промышленности методы модификации поверхности с помощью таких технологий наиболее широкое распространение нашли для упрочнения деталей авиационной, автотракторной, сельскохозяйственной техники, оборудования химических, нефтехимических, металлургических и других производств.

Электротехнологии модификации поверхностей деталей используют для

улучшения их износостойкости, жаропрочности, коррозионной стойкости и других свойств. Основными преимуществами способа являются: возможность получения покрытий с заданным составом; высокая скорость обработки; возможность обработки деталей со сложной конфигурацией; независимость конечной толщины таких покрытий от режима химико-термической обработки и возможность ее регулирования; возможность получения покрытий на металлах и сплавах, не подлежащих модификации химико-термическими методами.

Модификацию гальванических покрытий выполняют их насыщением легирующими элементами с последующей термической обработкой для активации физико-химических процессов между наполнителем и матрицей. Насыщение покрытий легирующими элементами осуществляют в процессе электролиза (добавлением солей легирующих металлов, органических соединений, дисперсных частиц) или последующей химико-термической обработки (азотирование, цементация, борирование и другие). Для активации физико-химических реакций используют большое количество разнообразных способов: ТВЧ, электронно-лучевой, лазерное излучение (ЛИ), концентрированные энергетические световые потоки, нагрев в жидких теплоносителях и другие. Ввиду существенных технико-экономических преимуществ наиболее широкое применение для модификации гальванических покрытий нашли обработка ТВЧ и ЛИ.

К преимуществам ТВЧ можно отнести их широкое распространение на производстве и относительно невысокую стоимость установок. Нагрев ТВЧ достаточно производителен, допускает автоматизацию. К недостаткам можно отнести то, что при нагреве ТВЧ решающее значение приобретают размеры, форма и материал изделия. Неравномерный зазор между индуктором и деталью часто приводит к неравномерности нагрева.

Анализ работ по модификации покрытий с применением ТВЧ показал, что для термической обработки можно использовать установки серийного изготовления со встроенными пирометрами. Частота тока индуктора определяется из теплового расчета технологического процесса нагрева. При расчете задается глубина нагреваемого слоя, равная толщине наносимого слоя покрытия, температура поверхности и глубина нагрева. В приближенных расчетах параметров индуктора и глубины проникновения тока в металл можно пользоваться усредненные характеристики стали. Вместе с тем, при разработке технологии модификации покрытий с применением ТВЧ необходимо уточнение ряда параметров, например, необходимой температуры обработки КЭП, длительности термического воздействия и другие.

Широкое применение получил метод поверхностного нагрева с использованием лазера. Большинство лазерных технологических процессов основывается на тепловом воздействии лазерного излучения на поверхность металлов. Процесс взаимодействия излучения с различными веществами, в том числе с и электролитическим железом, изучен в работах. С помощью лазерного излучения можно осуществлять контролируемый нагрев металла, осуществляя процессы модификации в твердой фазе или с равномерным переплавлением тонкого поверхностного слоя. Лазерный луч для получения необходимой плотности мощ-

ности излучения может фокусироваться с помощью специальной оптической системы в пятно небольших размеров. Высокая плотность лазерного излучения дает возможность избежать нагрева металла на значительную глубину и почти полностью исключает деформацию деталей. Кроме того, большая глубина фокусировки лазерного луча позволяет упрочнять изделия неправильной формы, например, шейки и кулачки коленчатых и распределительных валов тракторов и автомобилей, без подстройки оптической системы. Высокие скорости нагрева и охлаждения сталей с различным содержанием углерода способствуют получению модифицированного слоя твердостью выше, чем при закалке ТВЧ. К недостаткам лазерной обработки можно отнести высокую стоимость лазерных установок. В связи с этим применение установок эффективно только в массовом и крупносерийном производстве.

Модификацию гальванических покрытий с применением ЛИ и ТВЧ изучали на примере КЭП железо-углерод, железо-бор и железо-карбид бора. Анализ работ по модификации КЭП с включением частиц ДФ показывает, что их целью было совершенствование свойств матрицы (повышение износостойкости, жаропрочности и других) без сохранения гетерофазности материала. В качестве ДФ использовали коллоидные (0,05...0,1 мкм) или высокодисперсные (0,1...1,0 мкм) частицы. Повышение износостойкости в разнообразных условиях составляло 1.5...2 раз в сравнении с «чистыми» покрытиями. Вместе с тем, исследования по модификации КЭП с дисперсными частицами диаметром 10...20 мкм и более, обеспечивающими наибольшую износостойкость в условиях абразивного изнашивания, не проводились. Не исследовано влияние методов электромодификации покрытий на важнейшие физико-механические свойства и работоспособность в условиях динамического нагружения. Хотя во многих работах отмечается, что модифицированные покрытия обладают более высоким уровнем внутренних напряжений.

Таким образом, можно сделать следующие выводы: обработка ЛИ КЭП возможна и приводит к общему изменению структуры покрытий, частичному растворению частиц ДФ и образованию новых химических соединений; позволяет повысить микротвердость поверхностных слоев изделия (детали) и основы до 9...10 ГПа, что возможно за счет образования карбидов железа, боридов железа и других соединений, обладающих высокой твердостью; покрытия после обработки лазером не отслаиваются, в случае неполной обработки всего слоя покрытия будут иметь прочность сцепления на уровне «чистых» покрытий.

Список литературы

1. Надежность и ремонт машин / под ред. В.В. Курчаткина. М.: Колос, 2009. 776 с.
2. Курчаткин В.В. Техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственных машин. М.: ИЦ «Академия», 2003. 464 с.
3. Батищев А.Н., Голубев И.Г., Лялякин В.П. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники. М.: Инфорагротех, 1995. 294 с.
4. Бабусенко СМ. Проектирование ремонтно-обслуживающих предприятий. М.: Агропромиздат, 1990. 352 с.

5. Васильев В.В., Протасов В.Д. Композиционные материалы. М.: Машиностроение, 1990. 512 с.
6. Молодык Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин: справочник. М.: Машиностроение, 1989. 480 с.
7. Тененбаум М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию. М.: Машиностроение, 1976. 271 с.
8. Батищев А.Н. Ресурсосберегающая технология восстановления деталей гальваническими покрытиями: дис. ... д-ра техн. наук. М.: 1992. 53 с.
9. Гурьянов Г.В. Электроосаждение износостойких покрытий. Кишинев: Штиитца, 1985. 237 с.
10. Гурьянов Г.В., Кисель Ю.Е. Антифрикционные и износостойкие электрохимические покрытия. Брянск: Изд-во БГИТА, 2006. 121 с.
11. Таратута А.И. Сверчков А.А. Прогрессивные методы ремонта машин. Мн: Урожай, 1986. 375 с.
12. Бородин И.Н. Упрочнение деталей композиционными покрытиями. М.: Машиностроение, 1982. 141 с.
13. Ковалев В.В., Маркарянц Л.М., Е.Ф. Маловастая. Электротехнические материалы в конструкциях электрических машин и аппаратов: метод. указания по выполнению лабораторных работ для студентов агроинженерных специальностей. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2006. 50 с.
14. Композиционные материалы: справочник / под ред. Д.М. Карпиноса. Киев: Наукова думка, 1985, 592 с.
15. Мелков В.Е., Швецов А.Н., Мелкова И.М. Восстановление автомобильных деталей твердым железом. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Транспорт, 1982. 198 с.
16. Петров Ю.Н., Косов В.П., Стратулат М.П. Ремонт автотракторных деталей гальваническими покрытиями. Кишинев: Изд-во «Катя молдовенскэ», 1976. 149 с.
17. Структура, физико-механические и эксплуатационные свойства композиционных покрытий на основе железа и его сплавов / М.В. Гузун и др. // Электронная обработка материалов. 2006. № 5. С. 20-27.
18. Дамаск А., Динс Дж. Точечные дефекты в металлах. М.: Мир, 1966. 282 с.
19. Борцой Т.В. Износостойкость и оптимальный состав гальванических композиций // Электронная обработка материалов. 2005. № 4. С. 19-23.
20. Борцой Т.В. Структурная оценка электрохимических композиционных материалов // Электронная обработка материалов. 2005. № 5. С. 20-23.
21. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: справочник / под ред. Л.С. Ляховича. М.: Металлургия, 1981.
22. Влияние прочности компонентов электрохимических композитов на их износостойкость / Г.В. Гурьянов, Ю.Е. Кисель, Е.М. Юдина, М.О. Юдин // Тр. Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 43. С. 303-306.
23. Лазерное упрочнение композиционных электрохимических покрытий / Е.М. Юдина, Г.В. Гурьянов, Ю.Е. Кисель, А.Н. Лысенко // Сельский механизатор. 2015. № 2. С. 38-39.

УДК 626.826

Дунаев Александр Иванович
ст. преподаватель
Брянский государственный аграрный университет

УСТАНОВЛЕНИЕ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ОТКРЫТЫМИ ОСУШИТЕЛЯМИ С УЧЁТОМ ОСАДКИ ПОДДРЕННОГО СЛОЯ ОСУШАЕМОГО ТОРФЯНИКА

Аннотация: При проектировании гидромелиоративных систем всегда существует проблема прогнозирования изменений свойств торфа (вследствие его осадки) и учёта этих изменений при обосновании параметров мелиоративной сети. Основной целью проводимых исследований является совершенствование и развитие существующих методов расчёта основных параметров осушительной сети. В данном случае рассматриваются вопросы учёта изменения свойств и параметров поддренной толщи торфа – при определении расстояний между открытыми осушителями. Приводится методика исследований, математическая основа исполнения расчётов и их графическая иллюстрация.

SETTING DISTANCES BETWEEN OPEN DEHUMIDIFIERS TAKING INTO ACCOUNT THE DRAUGHT OF THE LEEWARD LAYER OF THE DRAINED PEATLAND

DUNAEV A. I.

Summary: When designing hydro-reclamation systems, there is always a problem of predicting changes in the properties of peat (due to its precipitation) and taking these changes into account when justifying the parameters of the reclamation network. The main goal of the research is to improve and develop existing methods for calculating the main parameters of the drainage network. In this case, we consider the issues of taking into account changes in the properties and parameters of the subsurface peat thickness - when determining the distances between open dehumidifiers. The research methodology, the mathematical basis for performing calculations, and their graphic illustration are presented.

При гидромелиорации торфяников, а особенно в процессе их осушения, происходит осадка торфа и значительно изменяются водно-физические и другие свойства торфяной залежи [1]. Из-за этих изменений многие цифровые показатели свойств и параметров торфяника, получаемые при проведении предпроектных изысканий, оказываются непригодными для обоснования проектных решений. Поэтому у проектировщиков всегда существует проблема прогнозирования изменяющихся свойств торфа (как минимум, на период основной осадки – для первых 3...5 лет эксплуатации) и учёта этих изменений при определении параметров осушительной сети.

Существующие в настоящее время методы расчётов расстояний между осушителями охватывают либо весь слой торфяника, либо только его наддренную область – не учитывая того, что поддренный слой торфа также изменяется, хотя и в меньшей степени. При таких подходах к исполнению расчётов обычно занижается конечный результат (величина междренного расстояния), так как

прогнозируемые водно-физические показатели торфа --коэффициенты фильтрации, водоотдачи и пр. могут многократно отличаться от исходных величин, получаемых при проведении предпроектных изысканий.

Суть данного предлагаемого метода расчёта заключается в следующем:

1. Мелиорируемая торфяная залежь условно разбивается на два расчётных слоя (см. рис. 1а) -- по уровню расположения дна осушителей -- см. рис.1б), а именно:

-*наддренный слой* -- подвергается значительной осадке и существенным изменениям водно-физических свойств;

-*поддренный слой* – изменяющийся в меньшей степени.

На рис.1 изображена наиболее распространённая в практике мелиорации расчётная фильтрационная схема – когда под торфяником имеется в наличии подстилающий пласт из хорошо водопроницаемых и водоносных минеральных грунтов (песчаных, супесчаных).

2. Полученная после условной разбивки трёхслойная грунтовая среда (рис. 1а) упрощается -- посредством перевода её в двухслойную (рис. 1б), используя правило сохранения суммарной водопроницаемости пластов [2]. Это правило реализуется основе соотв. формулы, а именно:

$$T = \sum (k_i \cdot h_i), \text{ м}^2 / \text{сут} \quad (1)$$

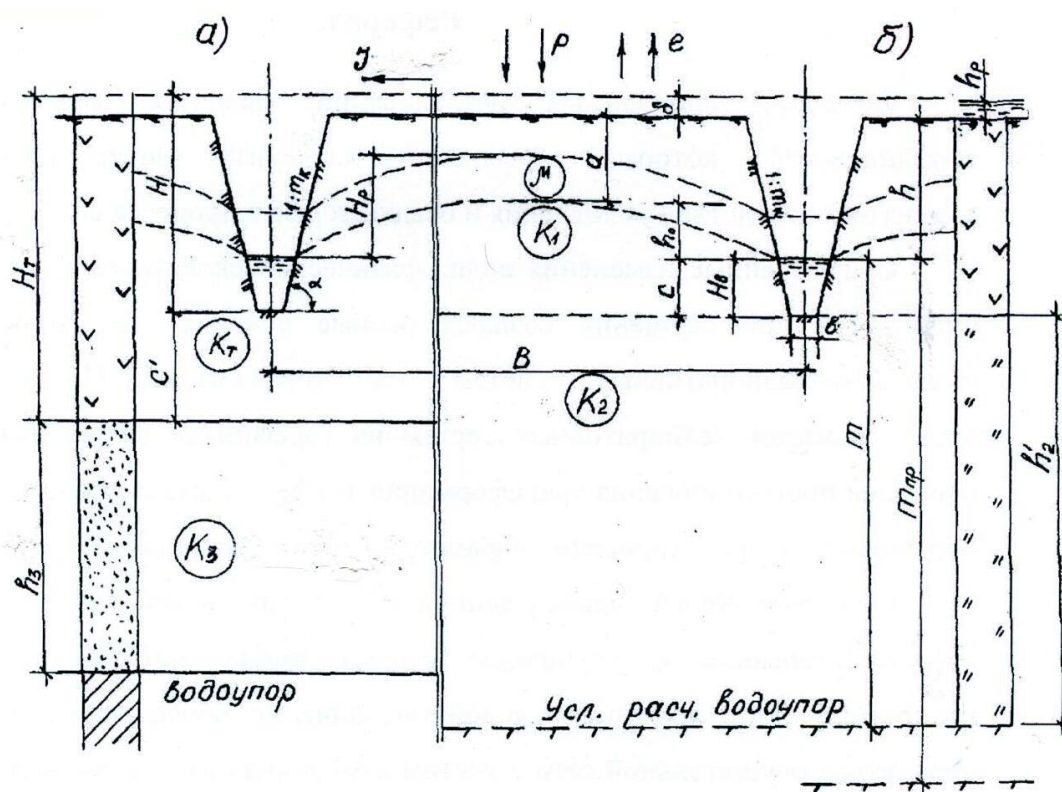


Рис.1 Расчётная фильтрационная схема к определению расстояний между открытыми осушителями на торфяниках (в грунтовых условиях двухслойной среды):

а – исходный фрагмент схемы (на основе данных изысканий);

б – фрагмент схемы, приведённый к расчётному виду

3. В дальнейшем расчёты производятся по соотв. методике и формулам – как для условий двухслойной фильтрационной среды -- при грунтовом и грунтово-атмосферном водном питании [2] и при расположении осушителей в верхнем слое (см. рис.1б).

В данном случае были использованы методика и расчётные формулы, рекомендуемые соотв. СНиП [3]. Проработанная данная методика позволила:

1. Получить соотв. формулу для определения размера условного подстилающего поддренного пласта -- на основе формулы (1), т.е. размера эквивалентного пласта – с учётом свойств поддренной толщи торфа (см. рис.1б), а именно:

$$m_{np}(m) = \frac{K_2 \cdot C + K_3 \cdot h_3}{K_2}, м \quad (2)$$

2. Существенно упростить расчётную формулу для определения фильтрационных сопротивлений [3] – посредством сведения к «0» размера «С» -- поддренной толщи торфа. После осуществления соотв. преобразований (при $C=0$) расчётная формула для установления общих фильтрационных сопротивлений грунтовой среды будет иметь вид:

$$L_f = \beta \cdot \frac{K_2}{K_1} \cdot \frac{m}{\pi} \cdot \left[\ln\left(\frac{2 \cdot m}{\pi \cdot d}\right) + \frac{2 \cdot h_0}{m} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot h_0}{\pi \cdot d}\right) + \left(1 + \frac{2 \cdot h_0}{m}\right) \cdot L_i \right] + \frac{K_1 - K_2}{K_1} \times \\ \times \frac{2 \cdot h_0}{\pi} \cdot \left[\ln\left(\frac{4 \cdot h_0}{\pi \cdot d}\right) + L_i \right], м, \quad (3)$$

где в приведенных выше формулах ключевые расчётные показатели:

- K_1, K_2 -- прогнозируемые на осадку торфа коэффициенты его фильтрации – соответственно: для наддренной и поддренной его частей [4], м/сут;

- K_3 – коэффициент фильтрации для минерального грунта, подстилающего торф (по данным предпроектных изысканий), м/сут;

- d – условный дренажный диаметр для открытых осушителей (каналов), который определяется по соотв. формуле – на основе проектных параметров каналов [3]:

$$d = 0,53 \chi = 0,53 \cdot (\varepsilon + 2 \cdot H_{\varepsilon} \sqrt{1 + m_{\kappa}^2}), м \quad (4)$$

Практическая апробация данного метода расчёта производилась на основе проектных и изыскательских материалов проектного института ОАО «Брянскгипроводхоз» [5] – рабочих проектах (РП) -- в т.ч. и периода работы института в структуре Брянского отделения «Мосгипроводхоз».

В результате проведенных исследований (посредством выполнения соотв. расчётов -- согласно методике, рекомендуемой СНиП [3]) были получены более крупные цифровые показатели расстояний между осушителями (на 10...16м -- в

среднем на 14м). Это касается в основном рабочих проектов с проектными расстояниями между каналами 100...120м - в зависимости от мощности осушаемых торфяников и типов их водного питания. Конечный итог результатов исследований показал на существующие возможности увеличения проектных расстояний между открытыми осушителями -- на величину в пределах: от 10 до 16%.

Заключение и выводы:

1. Использование данной проработанной методики на практике позволит:
а) частично упростить расчёты – вследствие соотв. преобразований расчётных формул (по параметрам поддренного слоя торфяника);

б) существенно повысить точность расчётов -- за счёт дополнительного учёта факторов, отражающих свойства поддренного слоя торфа.

2. Сравнение итоговых показателей результатов исследований с проектно-практическими показателями рабочих проектов [5] указывает на существенную возможность увеличения проектных расстояний между открытыми осушителями (т.е. снижения «густоты» дренажной сети на величину до 15%). Это является положительным фактором для оценки экономической эффективности проектов гидромелиоративных систем (за счёт снижения их сметной стоимости).

Список литературы

1. Лундин К.П. Водные свойства торфяной залежи. Мн: Урожай, 1964. 240 с.
2. Мелиорация и водное хозяйство. Осушение: справочник / под ред. Б.С. Маслова. М: Агропромиздат, 1985. 447 с.
3. СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения.
4. Дунаев А.И. Оценка изменения коэффициента фильтрации торфа при его осушении // Вестник Брянской ГСХА. 2013. № 5. С. 36-37.
5. Материалы РП ОАО «Брянскгипроводхоз» по гидромелиоративным системам Брянской области.
6. Дунаев А.И. Оценка воздействия и природоохранные мероприятия при осушении с/х земель: учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки (специальностям) – «Мелиорация, рекультивация и охрана земель». Брянск, 2013.

УДК 621.311.1

Кисель Юрий Евгеньевич

докт. техн. наук, доцент

Подгаецкий Анатолий Александрович

магистрант

Саулин Александр Юрьевич

магистрант

Брянский государственный аграрный университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Аннотация: Показано снижение потерь электроэнергии в электрических сетях за счет применения устройств компенсации реактивной мощности

Ключевые слова: качество электроснабжения, качество электрической энергии, показатели качества электрической энергии, методы повышения качества электроснабжения, потери электрической энергии.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF POWER SUPPLY TO AGRICULTURAL ENTERPRISES THROUGH THE USE OF COMPENSATING DEVICES

KISEL YU.E., PDGAECKIY A.A., SAULIN A.YU.

Abstract: reduction of power losses in electric networks due to the use of reactive power compensation devices is Shown

Keywords: quality of power supply, quality of electric energy, indicators of quality of electric energy, methods of improving the quality of power supply, loss of electric energy.

Доля технических потерь энергии в сельских электрических сетях напряжением до 1000 В составляет 20...25 %. Половина из них обусловлена низким коэффициентом мощности, то есть потреблением реактивной мощности, которая значительно ухудшает характеристики сетей. Поэтому становится важным разработка мероприятий по компенсации потребления реактивной мощности в сельских электрических сетях до 1000 В

Проблема компенсации реактивной мощности рассматривалась в ряде работ. Вместе с тем, несмотря на большое количество исследований, задачи оптимального выбора компенсирующих конденсаторов, а также использование поллярных конденсаторов в качестве компенсирующих устройств остается не решенной.

Поэтому целью работы было исследование возможности снижения потерь электроэнергии в электрических сетях за счет применения целевой компенсации реактивной мощности.

В сельхозпроизводстве существуют такие процессы, где работа электроприводов осуществляется поочередно (перемешивание и раздача кормов, электроприводы насосов водоснабжения, агрегаты переработки зерна и т.п.). Для таких режимов можно использовать одно устройство компенсации реактивной мощности для нескольких электродвигателей плакат при условии одинаковой или близкой к одинаковой их мощности.

Работает предлагаемая схема следующим образом (рис.1). При включении автоматического выключателя и кнопки пуск электродвигателя №1 (ЭД1) замыкается цепь катушки МП №1 все его контакты. ЭД1 включается в работу. Одновременно питается катушка МП №2, который замыкает свои контакты и включается батарея конденсаторов. Процесс компенсации реактивной мощности осуществляется для ЭД1.

При включении второго электродвигателя №2 (ЭД2), компенсация осуществляется для первого ЭД1, так как переключатель МП №1 механически разрывает цепь катушки МП №4 и его контакты разомкнуты, чтобы не допустить короткого замыкания цепи.

При отключении ЭД1, автоматически разрывается цепь катушки МП №2 и замыкается цепь катушки МП №4, который замыкает свои контакты. Осуществляется компенсация для ЭД2

На рисунке 2 представлено устройство индивидуальной компенсации на основе полярных электролитических конденсаторов.

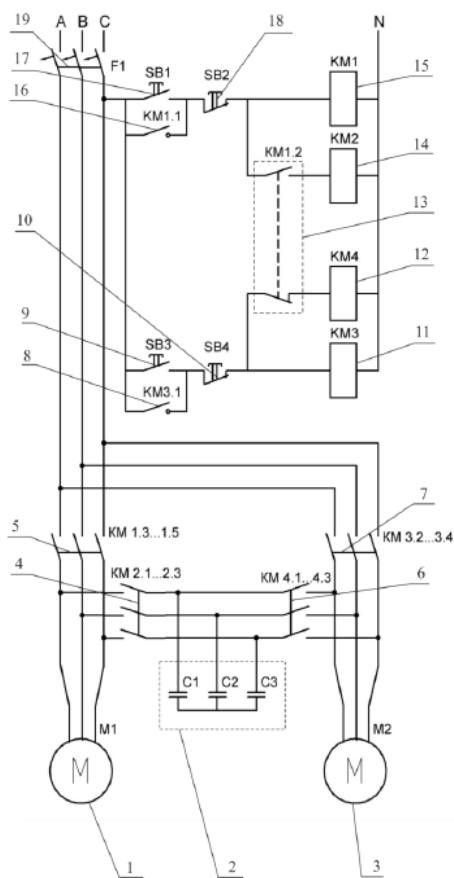


Схема целевой компенсации реактивной мощности:

- 1 – электродвигатель №1;
- 2 – батарея конденсаторов;
- 3 – электродвигатель №2;
- 4 – контакты магнитного пускателя №2;
- 5 – контакты магнитного пускателя №1;
- 6 – контакты магнитного пускателя №4;
- 7 – контакты магнитного пускателя (МП) №3;
- 8 – нормально разомкнутый (НР) контакт МП №3;
- 9, 10 – кнопки пуск, стоп электродвигателя №2;
- 11, 12 – МП №3 и МП №4;
- 13 – переключатель МП №1;
- 14, 15 – МП №2 и МП №1;
- 16 – НР контакт МП №1;
- 17, 18 – кнопки пуск, стоп электродвигателя №1;
- 19 – автоматический выключатель

Рисунок 1. Схема целевой компенсации реактивной

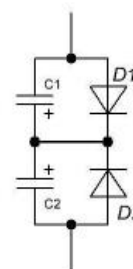
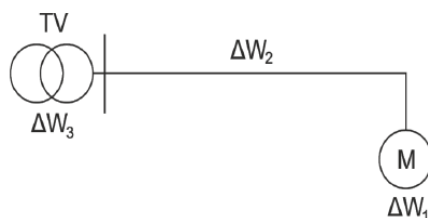


Рисунок 2. Устройство индивидуальной компенсации

Использование устройства компенсации реактивной мощности дает эффект в виде повышения коэффициента мощности. Это происходит потому что, емкостной ток, опережающий по фазе напряжение, компенсирует индуктивный ток, отстающий по фазе от напряжения. Оценку экономической эффективности использования компенсирующего устройства для объекта исследования в виде сети 0,4 кВ, в которую входит питающий трансформатор мощностью 250 кВА и три отходящие от него линии со смешанной нагрузкой. Исходные данные для расчета представлены на рисунке 3.

Экономический эффект (Э) от применения компенсирующего устройства заключается в прямом снижении потерь электроэнергии за счет уменьшения тока в линии и, соответственно, повышение пропускной способности линии.



№ п/п	Показатели	Значения
1	Номинальная мощность электродвигателя, кВт	2,2
2	Фактическая мощность электродвигателя, кВт	1,58
3		
4	Мощность трансформатора 10/0,4, кВА	250
5	Длина воздушной линии, м	500
6	Марка провода воздушной линии (алюминий)	A16
7	Сечение провода воздушной линии, мм ²	16
8	Число часов использования электродвигателя, ч/год	700
9	Емкость компенсирующего устройства, мкФ	44
10	Габариты компенсирующего устройства, ммхммхмм	100x100x40
11	Количество отходящих линий от трансформатора, шт.	1*
12	Суммарная мощность нагрузки, кВт	1,58**
13	Исходный коэффициент мощности ($\cos\varphi_1$)	0,77
14	Коэффициент мощности ($\cos\varphi_2$) после компенсации (на одном электроприемнике)	0,98

Рисунок 3. Схема и исходные данные для расчета эффективности устройства

Таким образом, экономический эффект от годового использования устройства в качестве индивидуальной компенсации для системы: трансформатор 10/0,4 кВ мощностью 250 кВА с тремя отходящими линиями с осветительной, производственной и смешанной нагрузкой, составляет 13794 руб. Срок окупаемости устройства равен 2,3 года.

Список литературы

1. Компенсация реактивной мощности с фильтрацией токов высших гармоник – реальный путь повышения энергоэффективности передачи и распределения электроэнергии / В.В. Аксенов, Д.В. Быстров, В.Э. Воротницкий и др. // Электрические станции. 2012. № 3. С. 57-60.
3. Айзенберг Б.Л., Дмитриев В.М., Клебанов Л.Д. Вопросы методики определения и снижения потерь электроэнергии в электрических сетях / под ред. Б.А. Константинова // Тр. Ленингр. Инж. экон. ин-та. Л.: НИС-ЛИЭИ, 1958. Вып. 21. 119 с.
4. Артюхов И.И., Коротков А.В., Степанов С.Ф. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях до 1000 В: учеб. пособие. Саратов: Саратовский ГТУ, 2007. 64 с.
5. Особенности светодиодного освещения / В.В. Ковалев, А.М. Давыдов, А.А. Подгаецкий, И.В. Кузин // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф., 27-28 апреля. Брянск, 2019. С. 123-127.
6. Буторин В.А., Банин Р.В. Экономическая эффективность оптимизации количества запасных элементов к электроприводам в птицеводстве // Науч. тр. Костанайского ГУ. Костанай, 2001. 43 с.
7. Бородин И.Ф., Сердешнов А.П. Потери электроэнергии в сельских сетях и пути их снижения // Техника в сельском хозяйстве. 2002. № 1. С. 23-26.
8. Прыгов Н.М., Широбокова О.Е. К вопросу определения экономии электроэнергии при улучшении коэффициента мощности // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природопользования: материалы IX междунар. науч.-техн. конф.; под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2015. С. 227-230.
9. Широбокова О.Е., Кирдищев Д.В. Общая энергетика: учеб.-метод. пособие для бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Брянск, 2018.

УДК 621.3.038.8

Кисель Юрий Евгеньевич

докт. техн. наук, доцент

Подгаецкий Анатолий Александрович

магистрант

Брянский государственный аграрный университет

Шишова Виктория Петровна

студент

Мурачев Сергей Михайлович

аспирант

Софа Бухрис

аспирант

Брянский государственный инженерно-технологический университет, г. Брянск

ФИЗИКО-ТЕРМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Аннотация: Исследовано влияние электротермической обработки на механические свойства гальванических композитов. Показано, что электротермическая обработка приводит к изменению структуры, механических свойств композитов, увеличению их прочности и износостойкости. Установлено, что термическое воздействие имеет оптимизационный характер.

Ключевые слова: гальванические композиты, композиционные электрохимические покрытия, структура, прочность, износостойкость, микротвердость, внутренние напряжения

PHYSICAL AND THERMAL PROCESSES IN THE TREATMENT OF GALVANIC COMPOSITES BY LASER RADIATION

*KISEL YU.E., PDGAECKIY A.A., SHISHOVA V.P., MURACHEV S.M.,
SOFA BUCHRIS*

Abstract: The effect of electrothermal treatment on the mechanical properties of galvanic composites is investigated. It is shown that electrothermal treatment leads to a change in the structure, mechanical properties of composites, an increase in their strength and wear resistance. It is established that the thermal effect has an optimization character.

Keywords: galvanic composites, composite electrochemical coatings, structure, strength, wear resistance, microhardness, internal stresses.

Основным результатом воздействия лазерного излучения (ЛИ) является нагрев поверхности КЭП [1, 2 и др.]. В зависимости от условий обработки (температуры, длительности нагрева) и состава композиционного покрытия могут быть реализованы различные виды модификации поверхности: улучшение свойств матрицы, повышение прочности связи ДФ и матрицы, получение нового материала за счет физико-химических процессов взаимодействия компонентов КЭП в твердом и расплавленном состоянии. Характер модификации, определя-

ющийся временем достижения определенной температуры, скоростью изменения температуры и другими параметрами, зависит от свойств компонентов КЭП, условий обработки и вида воздействия. Определение основных характеристик температурного воздействия в КЭП в процессе нагрева и охлаждения позволит прогнозировать состав покрытия после обработки.

При рассмотрении теплофизических процессов, развивающихся в КЭП при воздействии ЛИ необходимо знать энергетические характеристики: поглощенную долю падающего потока излучения, плотность потока на поверхности покрытия (q), пространственное распределение плотности потока (q_0), длительность импульса (τ), длину волны излучения для лазеров, глубину проникновения лазерного излучения в объем вещества.

В большинстве практических случаев распределение плотности потока ЛИ на поверхности (q) можно определить в виде [1]:

$$q = A \varphi(t) q_0(x, y), \quad (1)$$

где A – поглощающая способность поверхности, зависящая от ее состояния;

$\varphi(t)$ – функции, описывающая временную структуру импульса;

$q_0(x, y)$ – пространственное распределение плотности потока лазерного излучения.

Требуемая плотность потока ЛИ для достижения на поверхности (в единице объема) КЭП заданной температуры можно определить с помощью выражения [2]:

$$q = 0,885 T \lambda_k / (a \tau)^{1/2}. \quad (2)$$

где λ_k – теплопроводность композиционного материала.

Тогда время достижения заданной температуры (t) на поверхности покрытия определяют [2]:

$$t = 0,79 (T \lambda_k)^2 / (q_0 a). \quad (3)$$

Для оценки скорости нагрева (v_n) и охлаждения (v_o) объема материала покрытия [117]:

$$v_n = q_0 (\lambda_k c_k \gamma \pi t)^{-1/2}, \quad (4)$$

$$v_o = (q_0 (\lambda_k c_k \gamma \pi t)^{-1/2}) \times (t^{1/2} - (t - \tau)^{1/2}). \quad (5)$$

Для определения зависимости глубины слоя от параметров пользуются приближением, заключающимся в нахождении распределения температуры в металле в результате действия плоского поверхностного теплового источника постоянной мощности в течении времени t .

Распределение температур для точек, отстоящих от поверхности на расстоянии [2]:

$$T(Z, t) = \frac{\eta P}{\pi a c_k r^2 \rho_k} \left(\sqrt{4at / \pi} - Z \right). \quad (6)$$

Считая, что модификация происходит при достижении температуры фазовых превращений T_ϕ , получим глубину модифицированного покрытия:

$$Z_m = \sqrt{4at / \pi - \pi a c_k r^2 T_\phi \rho_k / \eta P}, \quad (7)$$

где удельную теплоемкость и плотность КЭП можно определить, как:

$$c_k = c_m V_m + c_{\phi\phi} V_{\phi\phi}, \quad (8)$$

$$\rho_k = \rho_m V_m + \rho_{\phi\phi} V_{\phi\phi}. \quad (9)$$

Максимальная толщина модифицированного слоя будет при условии достижения на поверхности температуры плавления. Для этого мощность излучения должна составлять

$$P_{nl} = \frac{T_{nl} \lambda_k \pi^2 r^2}{\eta 4at}, \quad (10)$$

а глубину модифицированного слоя:

$$Z_m = \sqrt{\frac{4at}{\pi} \frac{(T_{nl} - T_\phi)}{T_{nl}}}, \quad (11)$$

где T_{nl} и T_ϕ – температура плавления матрицы и начала фазовых превращений в КЭП, соответственно.

Таким образом, с помощью лазерной обработки можно обеспечить необходимое термическое воздействие на покрытие, управляя мощностью ЛИ и расстоянием между пятнами обработки в двух измерениях. О желаемой структуре можно сделать вывод по результатам металлографических исследований и испытаний износостойкости КЭП. Для повышения износостойкости необходимо получение структуры композита, отвечающей структуре второго слоя, как наиболее полно отвечающей правилу Шарпи для антифрикционных материалов. При этом обработкой ЛИ обеспечивается прочная поверхностная связь между компонентами, а взаимная диффузия ограничена [3].

Для инженерных расчетов величины модифицированного слоя при импульсной обработке ЛИ представляет практический интерес зависимость глубины слоя от параметров обработки, так и от исходной структуры материала. Для определения зависимости глубины слоя фазовых превращений от параметров пользуются приближением, заключающимся в нахождении распределения температуры в металле в результате действия плоского поверхностного теплового источника постоянной мощности в течение времени t . Анализ существующих в литературе мнений, посвященных данной проблеме [1, 2], показал, что наиболее адекватной является зависимость, предложенная в работе [2]. Модифицируя ее в соответствии с [2], получим соотношение, связывающие параметры обработки ЛИ со структурными параметрами обрабатываемого материала. При условии, что модификация материала происходит при достижении температуры

фазовых превращений (T_ϕ), получим зависимость, имеющую вид:

$$Z_\phi = 3,8 \exp\left(-3,3 \frac{T_\phi}{T_\Pi}\right) \sqrt{\frac{\lambda_\kappa}{C_\kappa \rho_\kappa} \tau}, \quad (12)$$

где Z_ϕ – глубина модифицированного слоя;

T_Π – температура поверхности;

τ – длительность импульса ЛИ;

λ_κ , C_κ , ρ_κ – теплопроводность, теплоемкость и плотность обрабатываемого композита, соответственно.

Теплопроводность, теплоемкость и плотность КЭП в первом приближении определим с помощью правила смесей. Тогда глубина модифицированного слоя гетерогенной композиции может быть установлена из зависимости:

$$Z_\phi = 3,8 \exp\left(-3,3 \frac{T_\phi}{T_\Pi}\right) \sqrt{\frac{\lambda_m V_m + \lambda_{\text{ДФ}} V_{\text{ДФ}}}{(C_m V_m + C_{\text{ДФ}} V_{\text{ДФ}})(\rho_m V_m + \rho_{\text{ДФ}} V_{\text{ДФ}})} \tau}, \quad (13)$$

где $V_m, V_{\text{ДФ}}$ – объемное содержание матрицы и ДФ в КЭП, соответственно;

λ_m, C_m, ρ_m – теплопроводность, теплоемкость и плотность матрицы, соответственно;

$\lambda_{\text{ДФ}}, C_{\text{ДФ}}, \rho_{\text{ДФ}}$ – теплопроводность, теплоемкость и плотность ДФ, соответственно.

Таким образом, используя выражения (12) и (13), можно установить режимы обработки КЭП ЛИ для создания необходимого температурного воздействия на их поверхность при электронагреве.

Список литературы

1. Структура и прочность материалов при лазерных воздействиях / М.С. Бахарев, Л.И. Миркин, С.А. Шестериков, М.А. Юмашева. М.: Изд-во Моск. унта, 1988. 224 с.
2. Олейников В.С., Масычев В.И. Лазеры на окиси углерода. М.: Радио и связь, 1990. 312 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. Кисель Ю.Е. О взаимосвязи электрофизических свойств электрохимических покрытий с фазовыми превращениями при их термической обработке // Упрочняющие технологии и покрытия. 2012. № 2 (86). С. 13-16.
5. Лазерное упрочнение композиционных электрохимических покрытий / Е.М. Юдина, Г.В. Гурьянов, Ю.Е. Кисель, А.Н. Лысенко // Сельский механизатор. 2015. № 2. С. 38-39.

УДК 631.3.004.67:621.35.035.4

Кисель Юрий Евгеньевич

докт. техн. наук, доцент

Брянский государственный аграрный университет

Шишова Виктория Петровна

студент

Мурачев Сергей Михайлович

аспирант

Софа Бухрис

аспирант

Брянский государственный инженерно-технологический

университет, г. Брянск

ПРИМЕНЕНИЕ МКЭ ДЛЯ РАСЧЕТА УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: Разрабатывается конечно-элементная модель для оценки упругих свойств композиционных материалов с дисперсными включениями. Сопоставление результатов расчета композита кобальт – карбид вольфрама с экспериментальными данными показало достаточно высокую точность предлагаемого подхода к теоретическому анализу деформаций материалов такого типа

APPLICATION OF FEM FOR CALCULATION OF ELASTIC CHARACTERISTICS OF COMPOSITE MATERIALS

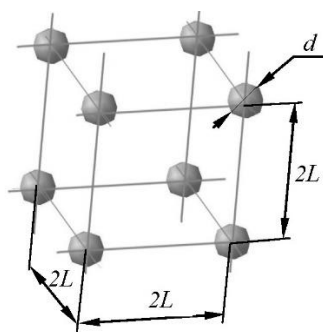
KISEL YU. E., SHISHOVA V. P., MURACHEV S.M. BUCHRIS S.

Abstract: a finite element model is Developed for evaluating the elastic properties of composite materials with dispersed inclusions. Comparison of the results of the calculation of the cobalt – tungsten carbide composite with experimental data showed a fairly high accuracy of the proposed approach to the theoretical analysis of deformations of materials of this type

Упругие характеристики композиционных материалов обычно определяются в результате механических испытаний [1-3]. Получение таких данных во многих случаях представляет достаточно трудоемкую задачу, что делает актуальным развитие методов расчета упругих свойств композитов.

Теоретические методы оценки упругих характеристик композиционных материалов с различными видами включений (дисперсные частицы, волокна и другие) рассматривались в ряде работ [4-8]. Широкое распространение получили приближенные методы («правило смесей», энергетический метод, метод Рейли и др.), точность которых не вполне удовлетворяет исследователей. В то же время вопрос о применении в данном случае метода конечных элементов, который принципиально позволяет уточнить вычисление упругих свойств характеристик, еще не нашел достаточного отражения в литературе.

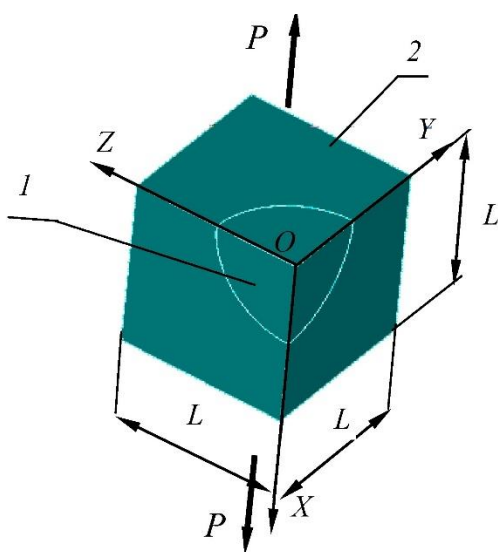
В настоящей работе представляется схема применения метода конечных элементов для определения упругих свойств композиционных материалов с дисперсными включениями с объемным содержанием дисперсной фазы $V_d \leq 52,36\%$ об. Считалось, что на макроуровне материал является изотропным и линейно упругим. На микроуровне мы разделяли композит на основу и включения, описывая их как изотропные линейно-упругие среды. Дисперсные частицы представлялись в форме одинаковых шаров, расположенными в простой кубической решетке (рисунок 1).



$2L$ – сторона куба; d – диаметр частиц

Рисунок 1. Структура композита в виде кубической решетки

Допустим, прямолинейный стержень, изготовленный из данного композиционного материала, растягивается под действием двух сил, равномерно распределенных по его торцам. Считаем, что одна из систем однонаправленных ребер решетки композита параллельна оси стержня. В силу приближенной циклической симметрии такой задачи мы ограничились расчетом области композита в виде куба со стороной L , один из углов которого расположен в центре включения (рисунок 2). Выделенная часть композита находится под действием растягивающей силы P .



1 – включение; 2 – матрица

Рисунок 2. Рассматриваемый объем композиционного материала

Из условия циклической симметрии следует, что грани куба при деформации остаются плоскими, и углы между ними не изменяются. На каждой грани OXY , OXZ и OYZ задавались нулевые перемещения по нормали к плоскости. На грани $X=L$ вводилось перемещение ΔL_x (рисунок 3). На гранях $Y=L$ и $Z=L$ при этом должны получаться постоянные по всей площади перемещения $\Delta L_y = \Delta L_z$. Связь между растягивающей силой P и деформацией ΔL_x можно представить в виде следующего выражения:

$$\Delta L_x = \frac{PL}{E_k A}, \quad (2)$$

где E_k – приведенный модуль упругости композита; $A=L^2$ – площадь грани куба. Задав перемещение ΔL_x и вычислив для него усилие P с помощью метода конечных элементов, можно найти значение E_k с учетом формулы (2). Коэффициент Пуассона композиционного материала μ_k при этом будет определяться следующей зависимостью:

$$\mu_k = \frac{\Delta L_z}{\Delta L_x}. \quad (3)$$

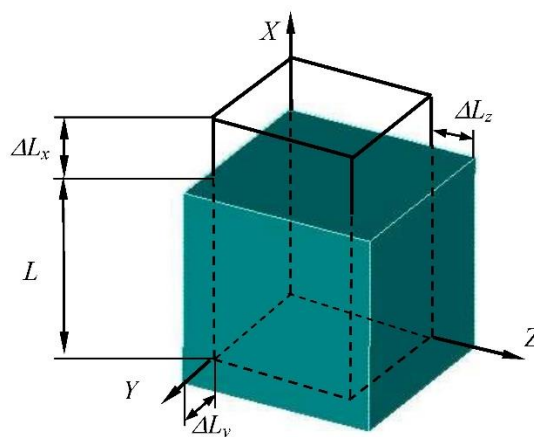
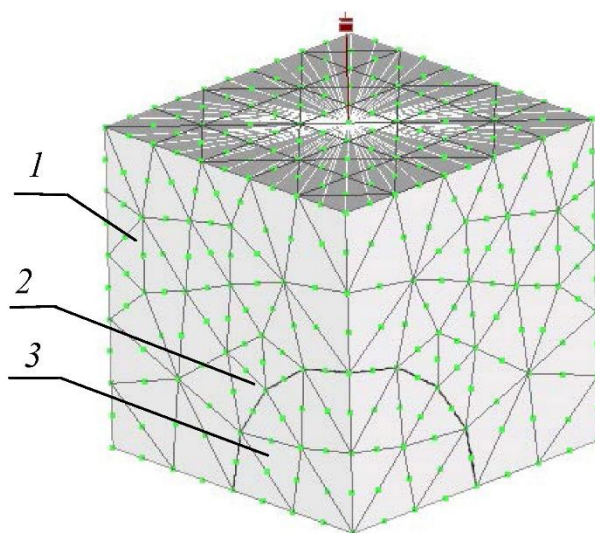


Рисунок 3. Условия деформирования модели композита

Создание твердотельных геометрических объектов (Solid) и выполнение операций над ними осуществлялось с помощью процедур и функций твердотельного моделирования программного комплекса свободно распространяемой версии программы MSC/NASTRAN for Windows [4]. На рисунке 4 представлена конечно-элементная модель композита с объемным содержанием дисперсной фазы $V_d = 6,2\%$ об.

Так как вводилось допущение, что сцепление дисперсной фазы с матрицей композита является идеальным, стыкующиеся конечные элементы шаровидного включения и основы композита имели общие узлы на границе раздела (см. рисунок 4). На каждой из граней $X=L$, $Y=L$ и $Z=L$ (рисунок 5) с помощью элементов типа Rigid (жесткий) объединялись все узлы по степени свободы, связанной с перемещениями по нормали к поверхности [4].



1 – основа; 2 – граница раздела основы и включения;
3 – твердое включение

Рисунок 4. Конечно-элементная модель композита

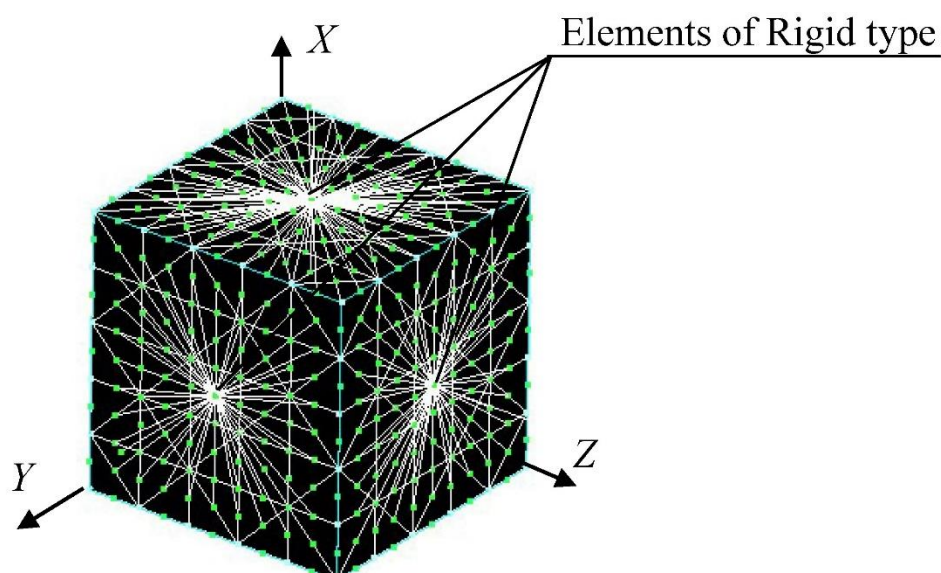


Рисунок 5. Применение элемента типа Rigid для связывания узлов на грани модели

В качестве примера приведем некоторые результаты расчета композиционного материала кобальт (основа) – карбид вольфрама (дисперсная фаза). Для материала основы принимался модуль упругости $E_m=211000$ МПа, коэффициент Пуассона $\mu_m=0,25$; для материала дисперсной фазы – модуль упругости $E_d=430000$ МПа, коэффициент Пуассона $\mu_d=0,3$ [2].

Полученный характер распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{эkv}$ при $V_d=6,2\%$ об. показан в виде изолиний напряжений (рисунок 6), где напряжения представлены величиной $\sigma_o=\sigma_{эkv}/\sigma_m$. Здесь $\sigma_m=P/L^2$ – среднее значение нормальных напряжений σ_x . Эквивалентные напряжения при этом вычисляются в соответствии с гипотезой Мизеса [5].

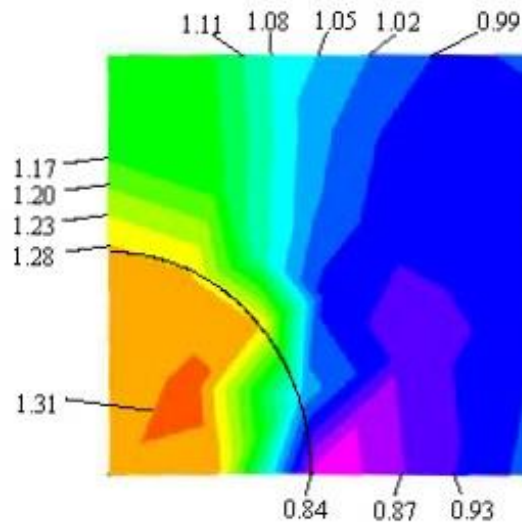
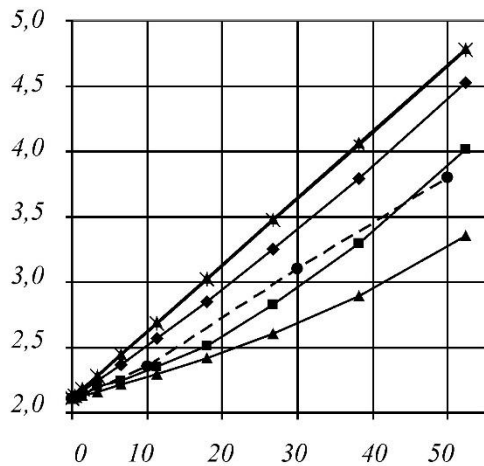


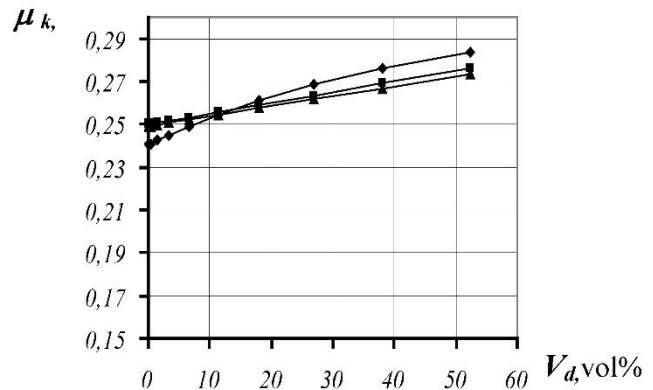
Рисунок 6. Изолинии относительных напряжений σ_0 на грани $Y=L$ модели композита

Для нахождения упругих характеристик материала рассматривался ряд моделей с объемным содержанием дисперсной фазы от 0,05% об. до 52,35 %об. Сопоставление результатов расчета модуля упругости композиционного материала по методу конечных элементов с результатами, установленными другими теоретическими методами, и экспериментальными данными показано на рисунке 7,а. На рисунке 7,б приведены некоторые расчетные значения коэффициента Пуассона.

$E_k, \times 10^5 \text{ МПа}$



а



б

- ◆— - Rayleigh's method;
- ▲— - power method (top and lower borders);
- ×— - rule of mixtures;
- - finite element method;
- experimental values

Рисунок 7. Значения модуля упругости (а) и коэффициента Пуассона (б) композита в зависимости от объемного содержания дисперсной фазы

Из рисунка 7а видно, что наиболее близкие к экспериментальным данным результаты расчета модуля упругости композита получены с помощью метода конечных элементов. Отклонение от опытных значений величины E_k при $V_d=30\%$ об. составляло для этого метода 5%, при $V_d=50\%$ об. – 2%. Значения коэффициента Пуассона композиционного материала, полученные различными теоретическими методами, имеют несущественные отличия.

Таким образом, представленная схема использования метода конечных элементов для расчета композиционных материалов с дисперсными включениями позволяет получать достаточно высокую точность определения упругих характеристик деформируемых объектов такого типа.

Литература

1. Материаловедение. Технология композиционных материалов / А.Г. Кобелев, М.А. Шаронов, О.А. Кобелев, В.П. Шаронова. М: [КноРус](#), 2014. 270 с.
2. Васильев В.В., Протасов В.Д. Композиционные материалы. М.: Машиностроение, 1990. 512 с.
3. Материаловедение для транспортного машиностроения: учеб. пособие / Э.Р. Галимов, Л.В. Тарасенко, М.В. Унчикова и др. СПб.: Лань, 2013. 443 с.
4. Димитриенко Ю.И., Соколов А.П. Метод конечных элементов для решения локальных задач механики композиционных материалов. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 68 с.
5. Ковалев В.В., Маркарянц Л.М., Маловастая Е.Ф. Электротехнические материалы в конструкциях электрических машин и аппаратов: метод. указания по выполнению лабораторных работ для студентов агроинженерных специальностей. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2006. 50 с.
6. Котович А.В., Станкевич И.В. Решение задач теории упругости методом конечных элементов: учеб. пособие. М. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. 112 с.
7. Фудзии Т., Дзако М. Механика разрушения композиционных материалов. М.: Мир, 1982. 232 с.
8. Гурьянов Г.В. Электроосаждение износостойких композиций. Кишинев: ШТИИИИЦА, 1985. 240 с.
9. Шимкович Д.А. Расчет конструкций в MSC/NASTRAN for Windows. М.: ДМК, 2001. 448 с.

УДК 631.354

Комогорцев Владимир Филиппович

канд. физ.-мат. наук, доцент

Ожерельев Виктор Николаевич

д-р. с.-х. наук, профессор

Никитин Виктор Васильевич

канд. техн. наук, доцент

Брянский государственный аграрный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЦИЛИНДРА С ОБРЕЗАННОЙ КРОМКОЙ, ПОМЕЩЕННОГО НА НАКЛОННУЮ ПЛОСКОСТЬ

Аннотация: Исследована устойчивость цилиндра с обрезанной кромкой, помещенного на наклонную плоскость

Ключевые слова: цилиндр, устойчивость, наклонная плоскость

STUDY OF STABILITY OF A CYLINDER WITH A CUT EDGE PLACED ON AN INCLINED PLANE

KOMOGORTSEV V.F., OZERELIEV V.N., NIKITIN V.V.

Abstract: Stability of a cylinder with a cut edge placed on an inclined plane is investigated

Keywords: cylinder, stability, inclined plane

Рассматривается круговой цилиндр радиуса R , обрезанный вдоль его образующей (рис.1, вид с торца цилиндра). Срезанная часть на рис. 1 заштрихована. Величину срезанной части характеризует угол β . Этот обрезанный цилиндр помещен своей плоской частью на наклонную плоскость (рис.2-4). Здесь C – центр тяжести обрезанного цилиндра, P – его вес. Такой цилиндр является моделью зерна, лежащего на наклонной плоскости [1, 2].

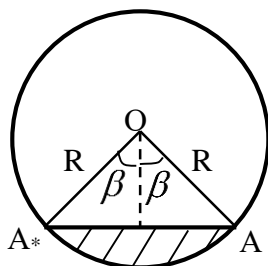


Рисунок 1

Нас интересует, при каких условиях этот цилиндр (зерно) будет неподвижно (устойчиво) лежать на наклонной плоскости, и при каких условиях цилиндр (зерно) с неё скатится.

Очевидно, здесь возможны три варианта:

1) При малых углах α наклона плоскости к горизонту и достаточно больших углах β (рис. 2) цилиндр на наклонной плоскости будет покоиться – его будет удерживать сила трения покоя.

2) Если угол β невелик (срез с цилиндра небольшой), то с увеличением угла α при некотором его значении возникнет ситуация, изображенная на рис.

3: цилиндр, удерживаемый на наклонной плоскости силой трения покоя, теряет устойчивость и начнет по ней катиться. С увеличением угла β , естественно, будет увеличиваться и указанный угол α . Наша задача – установить математическую связь между теми углами α и β , которые соответствуют рисунку 3.

Отметим, что переход от неподвижного состояния (рис. 2) к той неустойчивой ситуации, которая изображена на рис. 3, возможен, пока $\alpha \leq \alpha_0$, где α_0 – тот угол наклона наклонной плоскости, при котором начнется скольжение цилиндра. А этот угол, как известно, связан с коэффициентом трения скольжения μ равенством $\operatorname{tg} \alpha_0 = \mu$.

3) При $\alpha > \alpha_0$ сила трения уже не сможет удерживать цилиндр на наклонной плоскости, и он будет по ней перемещаться (рис.4). Характер этого перемещения будет зависеть от величины угла β . При больших углах β цилиндр будет поступательно скользить по наклонной плоскости. А при малых – скользить и одновременно вращаться.

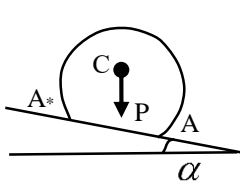


Рис. 2

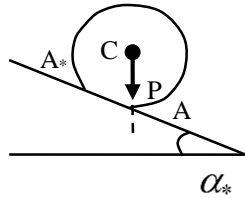


Рис. 3

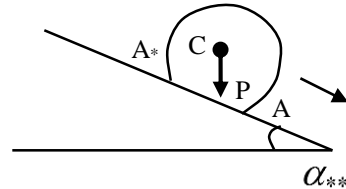


Рис. 4

Для дальнейшего нам понадобится положение C центра тяжести обрезанного цилиндра. Найдем его. Для этого рассмотрим цилиндр в декартовой системе координат $хоу$ с использованием вспомогательной системы $x'o'y'$ (рис. 5).

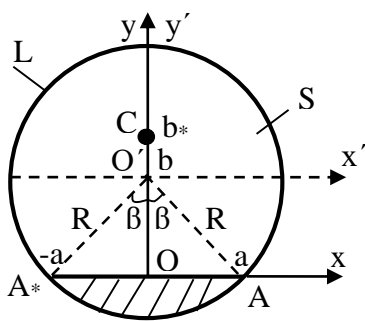


Рис. 5

Согласно рисунку, $C(0; b_*)$. При этом

$$b_* = \frac{M_x}{S}, \tag{1}$$

где

$$M_x = \iint_S y dx dy \tag{2}$$

- статический момент относительно оси $оx$ пластины S , представляющей собой сечение обрезанного цилиндра. Площадь этой пластины тоже будем обозначать буквой S .

Площадь S обрезанного цилиндра находится элементарно. Она равна площади круга радиуса R за вычетом заштрихованного сегмента. То есть

$$S = (\pi - \beta + \cos \beta \sin \beta) R^2 \tag{3}$$

Теперь вычислим двойной интеграл (2). Для этого разобьем область интегрирования S на две части: S_1 и S_2 . Здесь S_1 - это часть области S , ограниченная

отрезками $O'A$, $O'A_*$ и замыкающей их дугой L окружности. А S_2 - это треугольник $O'AA_*$. Тогда

$$M_x = \iint_{S_1} y dx dy + \iint_{S_2} y dx dy \quad (4)$$

Вычислим сначала первый из интегралов (4). Для этого перейдем от системы координат xoy к системе $x'o'y'$, связанной с центром окружности. То есть сделаем в первом из интегралов (4) замену:

$$x = x'; \quad y = y' + b; \quad dx = dx'; \quad dy = dy' \quad (5)$$

Тогда

$$\iint_{S_1} y dx dy = \iint_{S_1} (y' + b) dx' dy' = \iint_{S_1} y' dx' dy' + b \iint_{S_1} dx' dy' \quad (6)$$

В первом из интегралов (6) перейдем к полярным координатам:

$$\begin{aligned} x' &= r \cos \varphi; & y' &= r \sin \varphi; & dx' dy' &= r dr d\varphi; \\ 0 \leq r &\leq R; & -\frac{\pi}{2} + \beta &\leq \varphi \leq \frac{3\pi}{2} - \beta \end{aligned} \quad (7)$$

Тогда получим:

$$\iint_{S_1} y' dx' dy' = \iint_{S_1} r \sin \varphi \cdot r dr d\varphi = \int_{-\frac{\pi}{2} + \beta}^{\frac{3\pi}{2} - \beta} \sin \varphi d\varphi \int_0^R r^2 dr = \frac{2}{3} R^3 \sin \beta \quad (8)$$

А второй интеграл в (6) даст площадь S_1 области интегрирования:

$$\iint_{S_1} dx' dy' = S_1 = (\pi - \beta) R^2 \quad (9)$$

Таким образом, на основании (8), (9) и равенства $b = R \cos \beta$, следующего из рис. 5, получаем следующее значение интеграла (6):

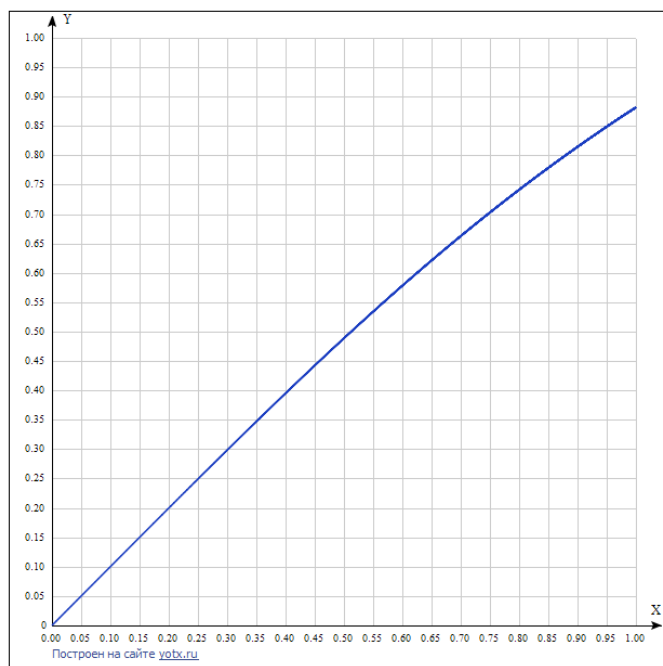
$$\iint_{S_1} y dx dy = \left[\frac{2}{3} \sin \beta + (\pi - \beta) \cos \beta \right] R^3 \quad (10)$$

Это – первый из интегралов (4). Найдем второй. Учитывая, что стороны AO и A_*O имеют уравнения $x = (b - y) \operatorname{tg} \beta$ и $x = (y - b) \operatorname{tg} \beta$ соответственно, получим:

$$\iint_{S_2} y dx dy = \int_0^b y dy \int_{(y-b)\operatorname{tg}\beta}^{(b-y)\operatorname{tg}\beta} dx = \frac{1}{3} b^3 \operatorname{tg} \beta = \frac{1}{3} R^3 \cos^2 \beta \sin \beta \quad (11)$$

Таким образом, на основании (4), (10) и (11) получаем:

получить ответы на все поставленные выше вопросы (углы x и y - в радианах).



$$y(x) = \operatorname{arctg} \left[\frac{2}{3} \cdot \frac{\sin^2 x}{\pi - x + \cos x \sin x} + \operatorname{ctg} x \right] \quad (17)$$

Литература

1. Ермольев Ю.И., Лукинов Г.И. Моделирование технологической операции предварительной сепарации зернового вороха // Вестник Донского ГТУ. 2009. Т. 9, № 3 (42). С. 448-457.
2. Жалнин Э.В. Эффективное использование зерноуборочных комбайнов // Сельский механизатор. 2013. № 9. С. 5-7.
3. Комогорцев В.Ф. Контакт движущегося штампа с упругой полуплоскостью при наличии ее износа // Прикладная математика и механика. 1985. Т. 49, № 2. С. 321-325.

УДК 631.31:536

Коршунов Владимир Яковлевич
докт. техн. наук, профессор
Брянский государственный аграрный университет

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМНОЙ СВЯЗИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И СКОРОСТИ ИЗНОСА МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ АБРАЗИВНОГО ТРЕНИЯ

Аннотация. На основе использования термодинамического подхода к прочности и разрушению твёрдых тел были проведены экспериментальные исследования взаимной связи энергетических параметров и скорости износа различных материалов в процессе абразивного трения.

Ключевые слова: процесс, абразивное трение, износ, энергия, мощность, удельная работа.

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF MUTUAL COMMUNICATIONS OF ENERGY PARAMETERS AND THE RATE OF WEARING OF MATERIALS IN THE PROCESS OF ABRASIVE FRICTION

KORSHUNOV V.YA.

Annotation. On the basis of the thermodynamic approach to the strength and destruction of solids, experimental studies were conducted on the mutual relationship of energy parameters and the rate of wear of various materials in the process of abrasive friction.

Keywords: process, abrasive friction, wear, energy, power, specific work.

Долговечность различных деталей двигателей, сельскохозяйственной техники, а также почвообрабатывающих орудий в большей степени определяется скоростью износа в условиях абразивного трения. В последние годы интенсивно развивается энергетический подход к разрушению материалов при внешнем трении, который использует термодинамический критерий разрушения – критическую величину плотности внутренней энергии U^* , равной энтальпии плавления H_s [1–10]. Поэтому экспериментальное исследование энергетических параметров процесса абразивного трения, которые определяют скорость износа материалов является в настоящее время актуальной научно-производственной проблемой. Следует отметить, что в настоящее время для повышения долговечности деталей двигателей и сельхозмашин широко используются такие технологические способы, как нанесение на поверхности различных износостойких плёнок и сплавов [11 – 17].

Целью данной работы было экспериментальное исследование взаимной связи энергетических параметров и скорости износа различных материалов в процесса абразивного трения.

Экспериментальные исследования проводились на машине трения СМЦ-2 по схеме плоский образец – цилиндрическое контр тело с закреплёнными абразивными частицами. Образцы размерами $L = 20$ мм, $b = 5$ мм, $h = 25$ мм (площадь

трения $S = 100 \text{ мм}^2$) изготавливались из разных материалов: углеродистой инструментальной стали У8А разной твёрдости, серого чугуна СЧ18 и латуни марки Л63. В качестве контр тела применялись круги из синтетических алмазов АСВ125/100100%М1 на металлической связки и абразивные 24А25СМ15К3 на керамической, размерами $D = 45 \text{ мм}$, $d = 16 \text{ мм}$, $b = 10 \text{ мм}$. В качестве СОЖ использовались веретённое масло и эмульсия. Нагрузка $P = 7,5 \text{ кгс}$ (75Н) и скорость $V_{\text{тр}} = 1,7 \text{ м/с}$ при трении образцов были постоянными. В процессе проведения экспериментальных исследований ваттметром определялись мощность двигателя машины трения $W_{\text{д}}$ (Вт) и мощность холостого хода $W_{\text{х}}$; линейный износ образцов $I_{\text{из}}$ (мм) за 1 час. Замеры линейного износа производились микрометром с ценой деления 0,01 мм. Время фиксировалось с помощью наручных часов. Расчётным путём были получены следующие параметры процесса абразивного трения: начальный уровень скрытой $U_{\text{ео}}$ и тепловой $U_{\text{то}}$ составляющих внутренней энергии; накопленная материалом образца критическая плотность скрытой энергии при абразивном трении $\Delta U_{\text{е.*}}$; скорость объёмного износа образцов $V_{\text{тр}}$; удельная работа абразивного трения $\Phi_{\text{тр}}$; относительная величина поглощённой критической плотности скрытой энергии $\delta_{\text{тр}}$. Значения выше перечисленных расчётных параметров процесса абразивного трения определялись по формулам (1) – (7):

Начальный уровень скрытой энергии материалов образцов $U_{\text{ео}}$

$$U_{\text{ео}} = a \cdot HV_{\text{о}}, \text{ Дж/мм}^3 \quad (1)$$

где a – эмпирический коэффициент, для стали У8А $a = 0,00116$; для чугуна СЧ18 $a = 0,001$; для латуни Л63 $a = 0,0017$.

Начальный уровень тепловой $U_{\text{то}}$ составляющей внутренней энергии материалов образцов $U_{\text{то}}$

$$U_{\text{то}} = C_v \cdot T_{\text{пл}}, \text{ Дж/мм}^3 \quad (2)$$

где C_v – теплоёмкость материала, Дж/мм³·град; $T_{\text{пл}}$ – температура плавления, К.

Критическая плотность скрытой энергии $\Delta U_{\text{е.*}}$

$$\Delta U_{\text{е.*}} = U_{\text{.*}} - U_{\text{ео}} - U_{\text{то}}, \text{ Дж/мм}^3 \quad (3)$$

Скорость объёмного износа образцов $V_{\text{тр}}$

$$V_{\text{тр}} = I_{\text{из}} \cdot S / 3600, \text{ мм}^3/\text{с} \quad (4)$$

Удельная работа трения $\Phi_{\text{тр}}$

$$\Phi_{\text{тр}} = W_{\text{тр}} / V_{\text{тр}}, \text{ Дж/мм}^3 \quad (5)$$

где $W_{\text{тр}}$ – мощность трения

$$W_{\text{тр}} = W_{\text{д}} - W_{\text{х}}, \text{ Вт (Дж/с)}$$

Относительная величина поглощённой критической плотности скрытой энергии $\delta_{\text{тр}}$.

$$\delta_{\text{тр}} = \frac{\Delta U_{\text{е.т}}}{W_{\text{тр}}} \cdot 100\% \quad (6)$$

Измеренные величины в процессе экспериментальных исследований, а также полученные расчётным путём представлены в таблице 1

Таблица 1. Экспериментальные и расчётные значения параметров абразивного трения

№	Материал твёрдость	$I_{\text{из}}$ мм/ч	$W_{\text{тр}}$ Вт	$\Delta U_{\text{е.т}}$, Дж/мм ³	$V_{\text{тр}}$, мм ³ /с	$\Phi_{\text{тр}}$, Дж/мм ³	$\delta_{\text{тр}}$, %
Контр тело – Алмазный круг АСВ 125/100 100% М1 СОЖ – веретённое масло							
1	Сталь У8А HV1800	2,2	19,2	6,3	0,061	309,4	2,0
2	Сталь У8А HV3200	1,9	17,5	4,7	0,052	336,5	1,4
3	Сталь У8А HV4800	1,6	15,8	2,5	0,044	359,1	0,7
4	Сталь У8А HV6200	1,3	14,1	1,4	0,036	391,7	0,34
5	Серый чугун СЧ18 HV1800	6,0	17,1	4,7	0,166	103,0	4,5
6	Латунь Л63 HV1600	2,0	22,8	1,1	0,055	414,5	0,26
Контр тело – Абразивный круг 24А25СМ15К1 СОЖ – веретённое масло							
7	Серый чугун СЧ18 HV1800	1,1	19,9	4,7	0,03	663,3	0,71
Контр тело – Алмазный круг АСВ 100/80 50% Б1 СОЖ Эмульсия							
8	Сталь У8А HV1800	3,4	33,8	6,3	0,094	356,5	1,7

На основе анализа полученных экспериментальных и расчётных значений процесса абразивного трения различных материалов можно сделать следующие выводы:

Наибольшая скорость износа $I_{\text{из}}$ (мм/ч), при одинаковых условиях трения, наблюдается у серого чугуна СЧ18. У стали У8А твёрдостью HV1800 и латуни Л63 величина $I_{\text{из}}$ примерно в три раза меньше. Большая скорость износа чугуна СЧ18 определяет малую величину удельной работы трения $\Phi_{\text{тр}}$ (Дж/мм³), т.е. общую энергию, которая используется для разрушения 1 мм³ материала образцов при абразивном трении. Уменьшение скорости износа соответственно повышает удельную работу абразивного трения $\Phi_{\text{тр}}$ стали У8А в три раза, латуни Л63 в четыре. Данные, представленные в таблице 1 показывают, что относительная величина скрытой энергии процесса трения $\delta_{\text{тр}}$ (%), которая непосредственно расходуется на разрушение материала, в значительной степени определяет скорость износа. Так, для образцов из серого чугуна СЧ18 $\delta_{\text{тр}} = 4,5\%$, а для образцов из стали У8А и латуни Л63 соответственно $\delta_{\text{тр}} = 2,0\%$ и $\delta_{\text{тр}} = 0,26\%$.

При увеличении твёрдости стали У8А в процессе термообработки (см. табл. 1) скорость взноса плавно уменьшается. Также уменьшается критическая плотность скрытой энергии $\Delta U_{e.*}$, которая накапливается в деформируемых объёмах и приводит к разрушению материала в процессе трения. С ростом твёрдости стали У8А с HV 1800 до HV 6200 МПа значение $\Delta U_{e.*}$ уменьшилось в 4,5 раза с 6,3 до 1,4 Дж/мм³ за счёт увеличения начального уровня скрытой энергии U_{e0} (см. формулу 3). Относительная величина скрытой энергии процесса трения $\delta_{тр}$ с увеличением твёрдости стали У8А и снижением скорости износа уменьшилась в 5,8 раза, с 2,0 до 0,34 %, а удельная работа абразивного трения $\phi_{тр}$ наоборот увеличилась в 1,3 раза с 309,4 до 391,7 Дж/мм³.

Замена контр тела с алмазными зёрнами на абразивные зёрна из электрокорунда белого (24А) значительно изменяют скорость износа образцов в процессе трения и его энергетические параметры. Так, при использовании в процессе трения абразивного круга, скорость линейного износа $I_{из}$ снижается примерно в шесть раз с 6,0 мм/ч до 1,1 мм/ч, а относительная величина скрытой энергии $\delta_{тр}$ в 6,3 раза с 4,5 до 0,71%. Такое резкое снижение выше рассмотренных значений можно объяснить тем, что абразивные зёрна в контр теле менее острые чем алмазные, поэтому процесс резания в большей степени переходит в процесс трения. За счёт чего повышается коэффициент трения и удельная работа $\phi_{тр}$ с 103,0 до 663,3 Дж/мм³.

Замена веретённого масла на эмульсию в процессе абразивного трения, которые применялись при проведении экспериментальных исследований, также влияют на скорость износа образцов и энергетические параметры. Скорость износа $I_{из}$ и удельная работа трения $\phi_{тр}$ увеличиваются в 1,5 раза (см. табл.1). Относительная величина скрытой энергии $\delta_{тр}$ наоборот уменьшается в 1,2 раза, с 2 до 1,7 раза.

В заключении следует отметить, что марка материала образцов разной твёрдости, тип абразивных материалов контр тела и СОЖ могут изменить скорость износа и энергетические параметры процесса абразивного трения в несколько раз. Поэтому очень важно при проектировании и ремонте узлов трения сельхозмашин правильно выбирать материал деталей и тип СОЖ, чтобы обеспечить их максимальную долговечность и надёжность в процессе эксплуатации.

Список литературы

1. Коршунов В.Я. Обеспечение качества поверхностного слоя деталей на основе прогнозирования рациональных структурно-энергетических параметров материала и технологических условий механической обработки: дис. ... д-ра техн. наук. Саратов: СГТУ, 2006. 485 с.
2. Коршунов В.Я., Подураев В.Н., Фёдоров В.В. Термодинамический метод прогнозирования рациональных условий эксплуатации алмазно-абразивного инструмента // Изв. высш. учеб. заведений. Сер. Машиностроение. 1981. № 2. 120 с.
3. Коршунов В.Я., Новиков Д.А. Оценка энергетической эффективности способов восстановления шеек коленчатых валов при ремонте двигателей // Вестник Брянского ГТУ. 2015. № 1. С. 25-27.
4. Коршунов В.Я., Новиков Д.А. Оценка энергетической эффективности

способов восстановления шеек коленчатых валов при ремонте двигателей // Вестник Брянского ГТУ. 2015. № 1. С. 25-27.

5. Коршунов В.Я., Случевский А.М. Прогнозирование допустимого износа резцов в процессе обработки // Вестник Московский ГАУ им. В.П. Горячкина. 2010. № 2. С. 135-137.

6. Коршунов В.Я., Комаров В.С. Повышение износостойкости деталей сельскохозяйственных машин при абразивном трении // Вестник Московский ГАУ им. В.П. Горячкина. 2010. № 2. С. 137-139.

7. Методы наплавки износостойких покрытий на поверхности деталей почвообрабатывающих машин / Д.А. Капошко, А.А. Воронин, В.В. Ковалев и др. // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: материалы междунар. науч.-техн. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 5-16.

8. Коршунов В.Я. Оптимизация технологических условий абразивной обработки по КПД // СТИН. 1990. № 5. С. 17-20.

9. Коршунов В.Я. Расчёт предела усталости металлов по величине коэффициента перенапряжения межатомных связей // Вестник машиностроения. 1997. № 9. С. 32-33.

10. Коршунов В.Я. Определение параметров упрочнения поверхностного слоя детали в процессе резания на основе принципов синергетики // Изв. высш. учеб. заведений. Северо-Кавказский регион. Сер. Общественные науки. 1999. № 1. С. 32.

11. Гончаров П.Н., Коршунов В.Я. Методика проведения экспериментальных исследований износа образцов на машине трения МИ-1М // Вестник Брянской ГСХА. 2014. № 3. С. 67- 69.

12. Погоньшев В.А., Логунов В.В. Повышение износостойкости шеек коленчатого вала путём нанесения плёнок пластичных металлов // Упрочняющие технологии и покрытия. 2013. № 6 (102). С. 47-48.

13. Погоньшев В.А. Физика для агроинженерных специальностей сельскохозяйственных вузов: учеб. пособие. Брянск: Изд-во БГСХА, 2001. 405 с.

14. Погоньшев В.А., Романеев Н.А., Панов М.В. Триботехника в сельском хозяйстве: монография. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2010. 480 с.

15. Погоньшев В.А. Физика фреттинг-изнашивания. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 1999. 159 с.

16. Погоньшев В.А. Повышение износостойкости восстановленных узлов трения сельскохозяйственных машин фрикционным нанесением пленок пластичных металлов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Калинин, 1990. 24 с.

17. Способ гашения колебаний: пат. 2126916. Рос. Федерация / Погоньшев В.А., Харченков В.С., Матанцева В.А., Романеев Н.А., Хохлов А.Г.; заявитель и патентообладатель Брянская ГСХА, Брянский ГТУ; заявл. 31.05.96; опубл. 27.02.1999, Бюл. № 6.

18. Панов М.В., Погоньшев В.А. Гидрофизика. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2009. 154 с.

УДК 621.43.038.8

Кирдищев Дмитрий Владимирович
ст. преподаватель
Брянский государственный аграрный университет

ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТОПЛИВНЫХ ФОРСУНОК НА СТЕНДАХ В РЕМОНТНЫХ МАСТЕРСКИХ

Аннотация. Представлен компьютерный стенд для диагностирования и ремонта дизельных форсунок Common Rail CR 305 для дизельных двигателей легковых, грузовых автомобилей, автобусов, дорожной и строительной спецтехники. Предложен способ вибродиагностирования, исключающий необходимость демонтажа форсунок с двигателя. Высокая эффективность данного способа достигается за счет низкой стоимости оборудования, высокой точности диагностирования, мобильности и автономности оборудования

Ключевые слова: вибродиагностирование, топливная аппаратура двигателей внутреннего сгорания, датчик вибрации

KIRDISHCHEV D. V.

Annotation. A computer stand for diagnostics and repair of Common Rail CR 305 diesel injectors for diesel engines of cars, trucks, buses, road and construction machinery is presented. A method of vibration diagnostics is proposed that eliminates the need to remove injectors from the engine. The high efficiency of this method is achieved due to the low cost of equipment, high diagnostic accuracy, mobility and autonomy of the equipment

Keywords: vibration diagnosis, fuel equipment of internal combustion engines, vibration sensor

В настоящее время применяются два основных способа проверки и наладки форсунок.

1. Диагностирование и регулировка на механических стендах (ДД-2110).
2. В диагностических центрах с использованием зарубежных компьютерных стендов, диагностирующих форсунки в различных режимах (CR 305).

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

Форсунки дизельных двигателей являются одним из самых ответственных элементов системы топливоподачи. Качественное протекание процессов дозирования топлива во многом определяется техническими характеристиками форсунки. Применяемые в двигателях форсунки обладают большим числом важных рабочих показателей, работают в сложных условиях вибрации двигателя, при высоких температурах и загрязненном топливе. По мере изнашивания деталей форсунки и снижения упругости пружины давление начала впрыскивания топлива уменьшается, а следствием этого являются увеличение объема впрыскиваемого топлива и угла начала впрыскивания, изменение мощности и экономичности. При значительном снижении давления впрыскивания топливо может подтекать

из распылителя после посадки иглы в седло, что быстро приводит к его закоксовыванию, ухудшению качества распыливания, зависанию иглы. Закоксовывание проходных сечений распылителей определяет изменение пропускной способности и неравномерность работы дизеля [1].

На данный момент полная проверка форсунки с определением всех диагностических показателей возможна только при их демонтаже с последующим диагностированием на специальном стенде. Диагностический стенд включает в себя электронный блок управления, электрический насос, топливный распределитель, регулятор давления, мерные емкости с технической жидкостью, элементы управления и выбора диагностического режима.

Для диагностирования и регулировки форсунок по качеству распыления и давлению начала впрыскивания используют два основных способа.

Первый способ на механических стендах отечественного и зарубежного производства EPS 100 фирмы Bosch (Германия); ДД-2110 ОАО «Мопаз» (Россия); М-106Э Красноуфимского ОЭЗ (Россия).

Принцип работы этих устройств в целом идентичен. В корпус вмонтирована плунжерная пара и клапан, обеспечивающие создание давления рабочей жидкости (за счет перемещения рукояти рычага), которое фиксируется манометром [2].

Качество распыления топлива форсункой проверяется на стендах прокачкой топлива через форсунку, отрегулированную на заданное давление начала впрыскивания при частоте 60-80 впрыскиваний в минуту. Качество распыления считается удовлетворительным, если топливо впрыскивается в туманообразном (нормативное значение диаметра капель -30-10 мкм и менее) состоянии и равномерно распределяется как по всем струям, так и по поперечному сечению каждой струи. Начало и конец впрыскивания при этом должны быть четкими. После окончания впрыскивания допускается увлажнение носика распылителя без образования капли. Впрыскивание топлива у новой форсунки сопровождается характерным резким звуком. Конус распыленного топлива должен находиться в пределах 10-20° [2].

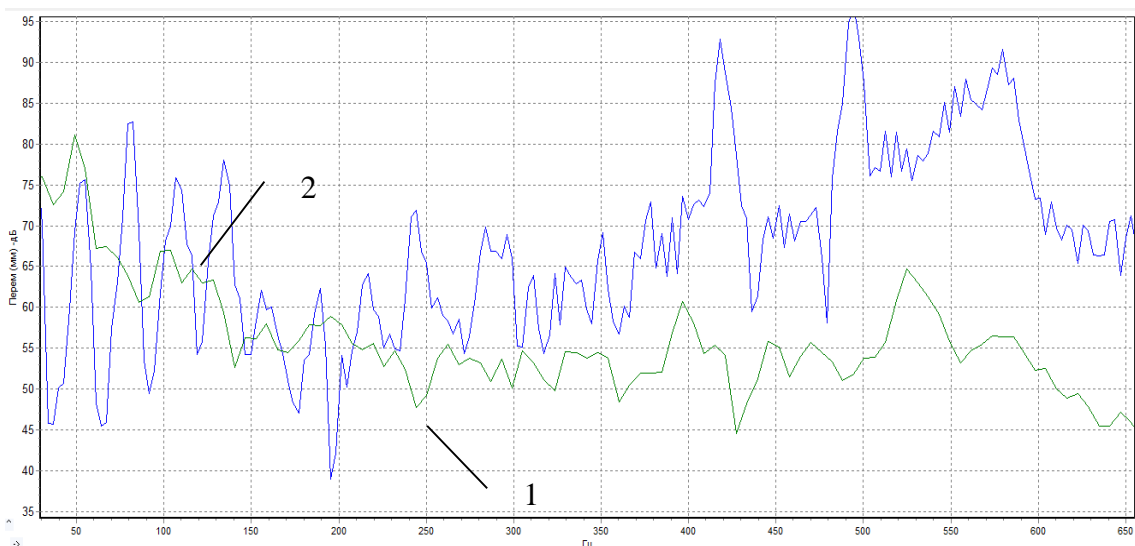


Рис 1. Спектр вибрации дизельных форсунок (1 зеленая - на ДД-2110 ОАО «Мопаз»; 2 синяя - на работающем двигателе, 700 об/мин (300 моточасов))

К положительной стороне стенда ДД-2110 можно отнести невысокую стоимость и простоту использования. Недостатком является низкая точность регулировки, так как физика работы форсунок на стенде и на работающем двигателе совершенно разная (см. рис.1.). Это обусловлено разным законом подачи топлива в форсунку. Чтобы на стенде создать необходимое давление топлива в форсунке нужно несколько раз нажать на ручку насоса. На работающем двигателе топливо в форсунке подается топливным насосом высокого давления за доли секунды.

Второй способ представляет собой диагностирование на компьютерном стенде. Компьютерный стенд для диагностирования и ремонта дизельных форсунок Common Rail CR 305 предназначен для дизельных двигателей легковых, грузовых автомобилей, автобусов, дорожной и строительной спецтехники. Данный стенд оснащен безмензурочной системой измерения в реальном времени (моделирует подачу топлива в форсунку как топливный насос высокого давления). Используется для диагностирования и регулировки электромагнитных и пьезо форсунок.

Стандартный тест состоит из шести последовательных шагов, во время которых производится тестирование форсунки на всех режимах работы, после чего формируется итоговый отчет.

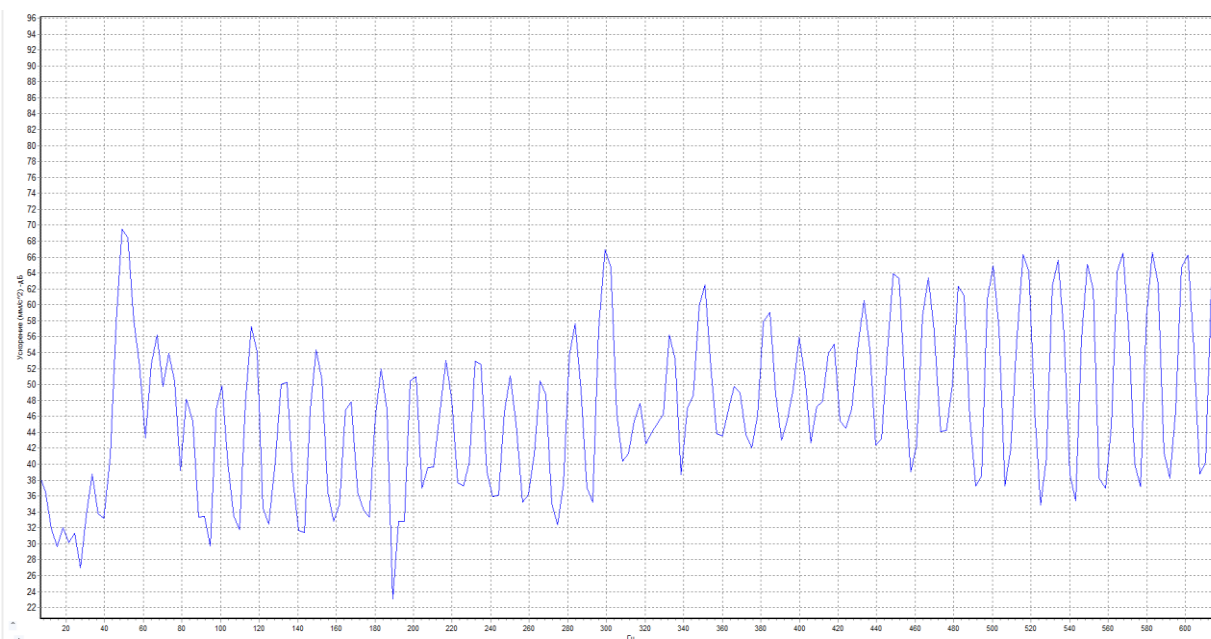


Рис. 2. Спектр вибрации дизельной форсунки на стенде CR-305 (режим нагрузки)

К достоинствам этого стенда относится высокая точность диагностирования, широкий спектр режимов работы. К недостаткам использования - высокая стоимость, наличие высококвалифицированного персонала.

Основным недостатком двух вышеописанных способов является необходимость демонтажа форсунок с двигателя.

Для снижения трудоемкости и продолжительности процедур проверки

форсунок целесообразнее использовать методы, не предусматривающие демон- тажные работы.

Работа дизельных двигателей [3] неразрывно связана с эффектом вибра- ций, интенсивность и характер которых, проявляются разным образом в зависи- мости 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 тем или иным методом. Периодически проводя такой анализ можно спрогнозировать остаточный рабо- чий ресурс задолго до выхода оборудования из строя.

Предлагаемый нами способ вибродиагностирования исключает необходи- мость демонтажа форсунок с двигателя. В состав оборудования для вибродиа- гностирования входят: датчик вибрации, устройство согласования и ноутбук с необходимым программным обеспечением. Датчик крепится на магните к фор- сунке, что исключает негативное воздействие вибрации создаваемой двигателем при записи результатов.

Достоинством данного способа является низкая стоимость оборудования, простота использования, высокая точность диагностирования, мобильность и ав- тономность оборудования.

Выводы

1. Проведенные исследования показали, что оценка технического состо- яния форсунок на стенде типа ДД-2110 не позволяет достоверно оценить ее работу.

2. Компьютерная система диагностирования позволяет более полно и до- стоверно оценить степень износа, но для этого необходимо демонтировать фор- сунку с двигателя.

3. Оценка работы форсунки по спектру вибрации дает дополнительную ин- формацию о режиме работы и настройки форсунки.

Список литературы

1. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник для студен- тов высш. учеб. заведений / А.Д. Ананьин, В.М. Михлин и др. М.: Изд. центр "Академия", 2008. 432 с.

2. Устройство для испытания топливной форсунки на качество распыла топлива: пат. 2355908 Рос. Федерация / Черноиванов В.И., Соловьев Р.Ю., Фи- липпова Е.М., Петрищев Н.А., Емельянов Г.Г., Ивлева И.Б., Данков А. А., Юси- пов Р.Т.

3. Потери энергии и КПД асинхронных двигателей / Н.И. Яковенко, В.В. Ковалев, И.С. Завялов, П.В. Лапик // Проблемы энергообеспечения, автоматиза- ции, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2020. С. 192-197.

УДК:621.43.031

Кирдищев Дмитрий Владимирович
ст. преподаватель
Брянский государственный аграрный университет

ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Аннотация. В статье изложены вопросы диагностирования топливной аппаратуры дизельных двигателей. Предлагается способ вибродиагностирования топливной аппаратуры, который исключает необходимость демонтажа топливного насоса высокого давления с двигателя. Достоинство данного способа простота использования системы, высокая точность диагностирования, мобильность и автономность оборудования.

Ключевые слова: вибродиагностирование, топливная аппаратура двигателей внутреннего сгорания, топливный насос высокого давления, датчик вибрации.

THE MAIN FAULTS OF THE HIGH-PRESSURE FUEL PUMP

KIRDISHCHEV D. V.

Annotation. In the article questions of diagnostics of the fuel equipment of diesel engines. The method of vibration diagnosis of fuel equipment, which eliminates the need to dismantle the fuel pump with a high pressure engine, is proposed. The advantage of this method is the ease of use of the system, high accuracy of diagnosis, mobility and autonomy of the equipment.

Keywords: vibration diagnosis, fuel equipment of internal combustion engines, high-pressure fuel pump, vibration sensor.

Введение. Надежность работы машинно-тракторного агрегата (МТА) зависит от надежности каждой из его подсистем, а также от способа их соединения [1]. Существенное ухудшение мощностных и топливно-экономических показателей дизелей объясняется, в первую очередь, изменением технического состояния элементов топливоподающих систем и параметров топливоподачи и в меньшей степени зависит от износа деталей двигателя [2].

Результаты исследований

Основной причиной неисправности ТНВД является износ его деталей. При этом ослабляются натяги в неподвижных посадках и увеличивается зазор в подвижных сопряжениях, нарушается правильное взаимное расположение деталей, изменяется поверхностная твердость деталей, накапливаются посторонние отложения в виде грязи, нагара и др.

Одна из часто встречающихся неисправностей ТНВД - уменьшение подачи топлива и возрастание её неравномерности. Нарушение топливоподачи вызывается износом плунжерных пар, нагнетательных клапанов, поводков плунжеров и сопряженных с ними хомутиков рейки, зубьев рейки и зубчатого венца втулки, изменением пропускной способности форсунок и другими факторами. При этих нарушениях снижается мощность и экономичность двигателя.

Неравномерная подача топлива в цилиндры двигателя приводит к неустойчивой работе его на малых оборотах, перебоям в работе отдельных цилиндров, значительной вибрации блока двигателя.

Другая неисправность ТНВД проявляется в запаздывании момента впрыска и неравномерности начала впрыска у многосекционного насоса.

Запаздывание момента впрыска - следствие износа целого ряда деталей. Из простых деталей к ним относятся: плоскость регулировочного болта толкателя; ось ролика и сопрягаемые с ней корпус толкателя и ролик; шарикоподшипники и сопрягаемые с ним гнёзда корпуса насоса; кулачковый вал.

У кулачкового вала и сопрягаемых с ним деталей наиболее часто встречаются следующие неисправности:

- срез шпонки шлицевой втулки привода насоса;
- срез шпонки шлицевой шестерни привода регулятора;
- поломка кулачкового вала;
- поломка подшипников кулачкового вала;

Как правило перечисленные неисправности вызывают полный отказ насоса или значительное отклонение его функциональных характеристик. [3]

Результаты исследований показали, что наиболее часто встречающимся дефектом кулачковых валов топливных насосов является износ профиля кулачков. Частота других дефектов существенно меньше.

При этом 23% кулачков имеют износ превышающий допустимый. Кулачки по профилю изнашиваются неравномерно.

Опыты проводились на рядном топливном насосе высокого давления. Этот тип топливного насоса высокого давления оснащается плунжерными парами, расположенными рядом друг с другом. Их количество строго соответствует количеству рабочих цилиндров двигателя.

Таким образом, одна плунжерная пара обеспечивает подачу топлива к одной форсунке.

Измерялась вибрация топливных насосов высокого давления при оборотах коленчатого вала 700 об/мин и 2000 об/мин тракторов с различным сроком эксплуатации, при обороте вала 700 об/мин измерялась вибрация на частотах срабатывания форсунок: 27Гц, 48Гц, 77-88Гц, 106-119Гц и в диапазоне 500-700Гц при обороте вала 2000 об/мин измерялась вибрация на частотах 33Гц, 48Гц, 64Гц, 94-97Гц, 112Гц, 131Гц и в диапазоне 500-700Гц.

Частота вибрации 33Гц-это частота вращения коленчатого вала.

У трактора с большим сроком эксплуатации (8425моторочасов) на частоте вращения два значительных импульса 79дБ и 69дБ. У трактора со сроком эксплуатации 300 моторочасов тоже два существенных импульса 69-71дБ и 75-77дБ. В первом тракторе нарушение балансировки более значительные $\Delta\alpha=10$ дБ.

Уровень вибрации топливного насоса на частоте 27Гц (700об/мин) и на частоте 48Гц(2000об/мин) характеризует степень износа поверхностей ролик толкателя-кулачек и пружины насоса.

Большой уровень вибрации топливного насоса при 2000 об/мин можно объяснить на основании физики работы пары роликовый толкатель-кулачек.

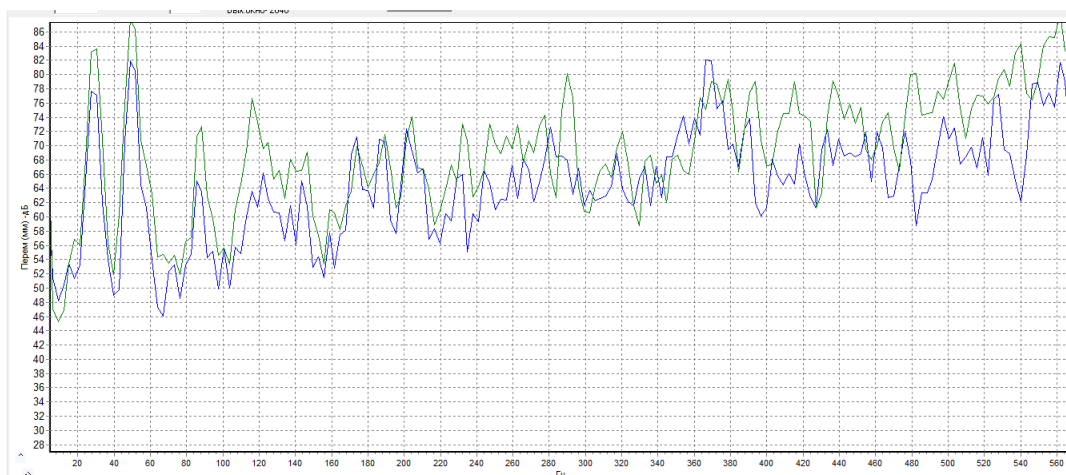


Рис. 1 - Спектр вибрации дизельных форсунок Д-240 на 700 об/мин 8425 мото-часов топливный насос плунжер 2 (зеленая), топливный насос плунжер 4 (синий)

Чем больше частота вращения вала топливного насоса, тем больше линейная скорость. Следовательно, больше значение кинетической энергии кулачка при соприкосновении с роликовым толкателем. Кроме того, упругость пружины толкателя топливного насоса у нового трактора сохраняет свои характеристики. В результате возникает большое значение вибрации топливного насоса.

Уровень вибрации топливного насоса свидетельствует об износе рабочей поверхности роликового толкателя - кулачек и изменении упругости пружины толкателя.

Вывод. Оценка работы топливного насоса высокого давления по спектру вибрации дает информацию о режиме работы и степени износа поверхностей ролик толкателя-кулачек и пружины насоса без демонтажа ТНВД.

Список литературы

1. Вороновский И.Б. Исследование износа и надежности тнвд двигателей мобильных энергетических средств (МЭС) МТА // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве Н₃₄: материалы междунар. науч.-техн. конф., 16-17 октября 2013 г. Мн., 2014. 332 с.
2. Николаенко А.В. Улучшение топливно-энергетических и экологических показателей автотракторных двигателей. Л.: ЛСХИ, 1990. 46 с.
3. Устройство и ремонт тепловозов: учебник для технических школ железнодорожного транспорта / С.А. Алябьев и др. М.: Транспорт, 2011.
4. Грунтович Н.В. Техническое диагностирование дизелей сельскохозяйственной техники // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: материалы VIII науч.-техн. конф. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2014. С. 85-88.
5. Грунтович Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: учеб. пособие. Мн.: Новое знание, 2013. 271 с.

УДК 621.3.048

*Кирдищева Дарья Николаевна**канд. экон. наук, ст. преподаватель кафедры менеджмента
Брянский государственный аграрный университет**Маркарянц Лариса Михайловна**д-р. тех. наук профессор, Московский государственный лингвистический
университет имени Мориса Тореза*

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ВЫСШИХ ГАРМОНИК В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. Рассмотрена проблема высших гармоник в электрических сетях промышленных предприятий. Разработана программа для расчёта высших гармоник в электрических сетях предприятий, отличающихся сложной конфигурацией и содержащих значительное количество элементов.

Ключевые слова: качество электроэнергии, источники высших гармоник, несинусоидальность токов и напряжений, метод узловых потенциалов.

AUTOMATION OF CALCULATION OF HIGHER HARMONICS IN ELECTRIC NETWORKS OF THE ENTERPRISE

Kirdishcheva D.N., Markaryants L.M.

Annotation. The problem of higher harmonics in electric networks of industrial enterprises is considered. The program for calculation of the higher harmonics in electric networks of the enterprises differing in a difficult configuration and containing a considerable number of elements is developed.

Key words: power quality, sources of higher harmonics, non-sinusoidal currents and voltages, nodal potentials method.

Введение

Повышение качества электрической энергии является важной народнохозяйственной задачей, решение которой позволит повысить экономическую эффективность производства за счет снижения потерь электроэнергии, увеличения срока службы электрооборудования и повышения надежности электроснабжения [1].

На современном этапе развития электроэнергетики решение этой проблемы стало возможно на новом техническом уровне. Созданы аппаратные средства измерения показателей и разработана система учета и контроля качества электричества электрической энергии. На всех уровнях управления режимами в энергосистемах активно внедряются интеллектуальные автоматизированные системы диспетчерского управления на базе современных средств информационной и компьютерной техники. В связи с этим актуальное значение приобретает разработка эффективных методов и программ расчета показателей качества электроэнергии.

Основная часть

Оценка влияния источников высших гармоник на несинусоидальность

напряжения сети, обусловленного применением тех или иных средств или методов ограничения несинусоидальности напряжения (например, активных фильтро-компенсирующих устройств) и выбор параметров этих средств требуют расчета уровней высших гармоник в электрических сетях [2].

Результатами расчета несинусоидальности токов и напряжения являются амплитудные спектры напряжений в узлах и токов в ветвях схемы замещения системы электроснабжения, а также коэффициента несинусоидальности напряжения в узлах схемы замещения и эквивалентные действующие значения токов высших гармоник в ее ветвях.

Расчеты уровней высших гармоник в сетях предприятия, отличающихся сложной конфигурацией и содержащих весьма большое количество элементов, практически возможны только при применении ЭВМ.

Для реализации данного расчета высших гармоник в системе электроснабжения предприятия в среде Delphi была разработана на ЭВМ программа "Sigma", которая позволяет выполнять расчеты несинусоидальности токов и напряжений в системах электроснабжения промышленных предприятий и коэффициента несинусоидальности напряжения, источником тока высших гармоник которых является вентильный преобразователь (6-ти, 12-ти пульсные), а также любой другой источник задающийся амплитудой и углом каждой гармоники.

Алгоритм расчета программы основывается на методе узловых потенциалов и реализуется в следующем порядке:

1. Составляется схема замещения системы электроснабжения для токов высших гармоник. Схема замещения составляется на одну фазу и имеет нейтраль, к которой присоединяются нулевые точки схем замещения генераторов, обобщенных нагрузок, двигателей, батарей конденсаторов и емкостных проводимых кабельных и воздушных линий большой протяженностью.

Вентильные преобразователи и другие источники гармоник замещают источниками токов высших гармоник бесконечной мощности. Если к одной секции (системе шин) подключено несколько источников высших гармоник, то производится их эквивалентирование.

2. Производится расчет параметров схем замещения элементов систем электроснабжения для каждой гармоники. Количество гармоник, для которых рассчитываются параметры схем замещения, определяется в соответствии с исходными данными о типе источника высших гармоник.

3. Определяется спектральный состав токов источников высших гармонических составляющих.

4. По заданной информации (парам узлов и сопротивлений для каждой ветви схемы замещения сети) формируется матрица проводимостей узлов $[Y_Y]$ и комплексная столбцовая матрица эквивалентных узловых токов источников высших гармоник $[J_{vH}]$. Диагональный элемент Y_{vij} равен сумме проводимостей тех ветвей, которые инцидентны узлу схемы. Недиагональный элемент Y_{vij} равен проводимости ветви, соединяющей узлы i и j схемы, взятой с противоположным знаком.

5. Решается система узловых уравнений в матричной форме для v -х гармоник:

$$|Y_{vij}| \cdot |\varphi_{vi}| = |I_{vi}| \quad (1)$$

6. Определяется эквивалентное значение напряжения v -й гармоники в i -м узле схемы:

$$U_{vi} = \sqrt{|\varphi_{vi}|^2} \quad (2)$$

7. По результатам расчета эквивалентных значений гармоник напряжения в узлах определяются коэффициенты несинусоидальности напряжения.

8. Рассчитывается действующее значение токов v -й гармоники в ветвях схемы замещения:

$$I_{vi} = \frac{\sqrt{|\varphi_{vi} - \varphi_{vj}|^2}}{Z_{vi}} \quad (3)$$

9. Определяется эквивалентное значение токов высших гармоник в ветвях схемы замещения:

$$I_{\Sigma i} = \sqrt{\sum_{v=v1}^n I_{vi}^2} \quad (4)$$

На рисунке 1 представлен вид главной формы программы.

Любую конфигурацию схемы электроснабжения промышленного предприятия можно представить в виде определенного числа ветвей и узлов. Каждая ветвь имеет начальный и конечный узел. Данная методика используется в программе для ввода конфигурации схемы электроснабжения. Для наглядности выполним расчет уровней высших гармоник для системы электроснабжения предприятия, представленной на рисунке 2.

Рис. 1 - Главная форма программы

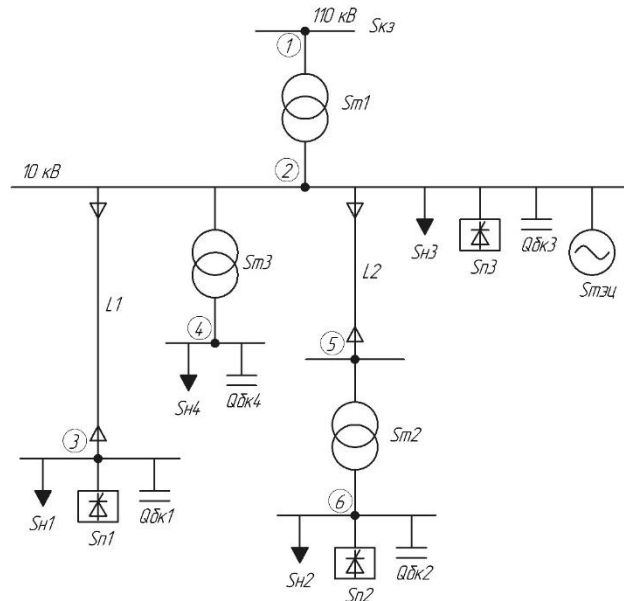


Рис. 2 - Система электроснабжения предприятия

Схема замещения существующей системы электроснабжения предприятия для расчета токов высших гармоник представлена на рисунке 3.

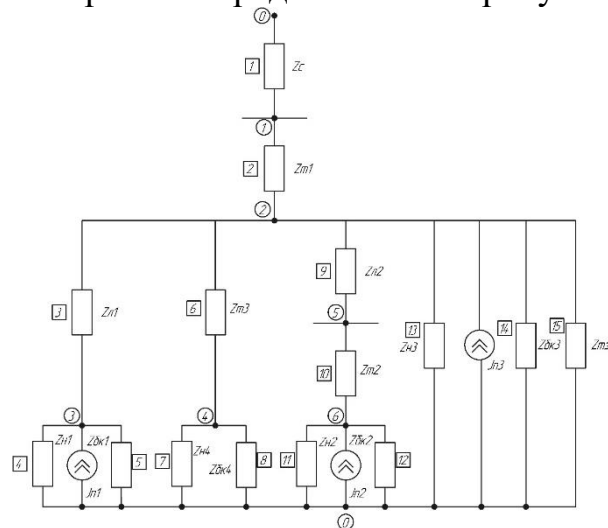


Рис. 3 - Схема замещения существующей системы электроснабжения предприятия

Схема замещения имеет 15 ветвей и 6 узлов, а также два 6-ти пульсных и один 12-ти пульсный преобразователь, следовательно, расчет будем производить для 8-ми гармоник [5; 7; 11; 13; 17; 19; 23; 25].

Для ввода в программу сведений о параметрах элементов схемы электроснабжения предусмотрена таблица ветвей на главном окне программы (рисунок 4а). Каждая строка таблицы соответствует одной ветви, где указывается начальный и конечный узел соединяющий данную ветвь, а также тип элемента схемы замещения и его параметр. Ввод параметров элементов схемы замещения предусмотрен в отдельном окне программы (рисунок 4б).

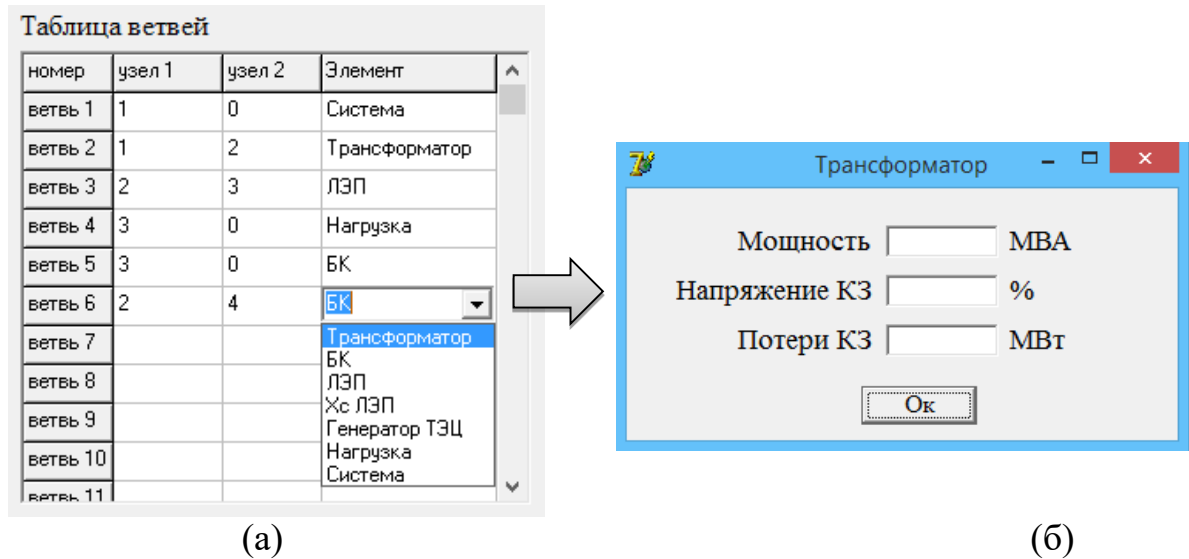


Рис. 4 - Форма ввода данных в таблицу ветвей (а) и параметров элементов схемы замещения (б)

Для ввода в программу сведения о параметрах источников высших гармоник предусмотрена таблица узлов на главном окне программы (рисунок 5а), где в каждой строке таблицы предусмотрен один источник высших гармоник расположенный в данном узле. Если в данном узле не имеется источника высших гармоник тока, то из списка следует выбрать строку "нет".

Как и для таблицы ветвей, так и для таблицы узлов ввод параметров источников высших гармоник предусмотрен в отдельном окне программы (рисунок 5б).

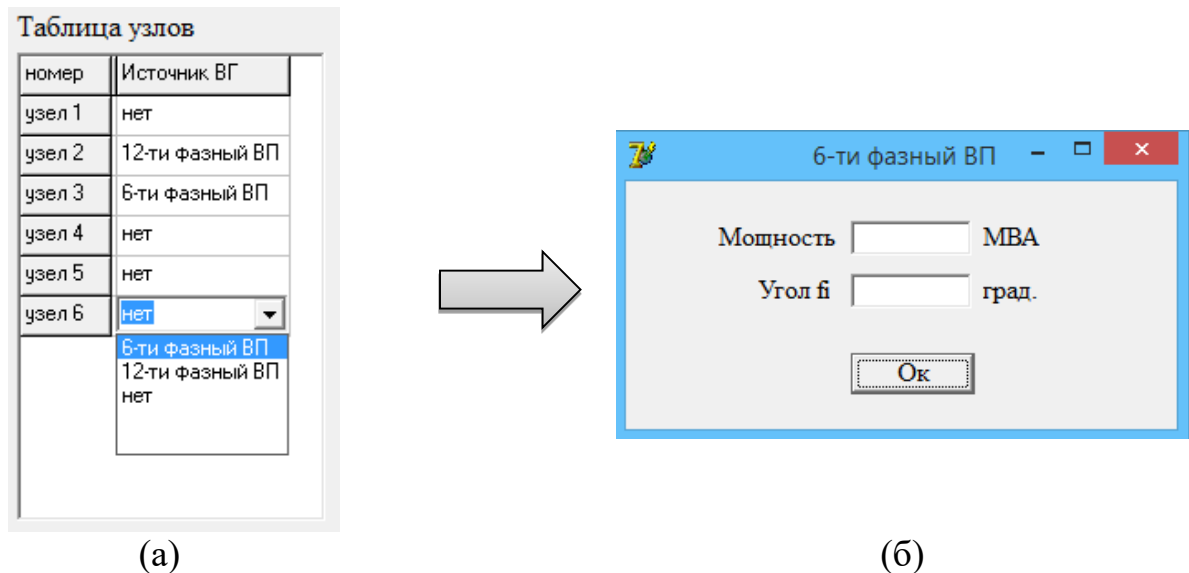


Рис. 5 - Форма ввода данных в таблицу узлов (а) и параметров источников высших гармоник (б)

Все введенные данные конфигурации схемы электроснабжения, а именно параметры ветвей и параметры узлов по которым можно составить схему замещения, записываются в память программы. Таким образом программа позволяет

рассчитывать последовательно для каждой гармоники ток в ветвях и напряжения в узлах схемы, а также позволяет произвести проверку введенных данных параметров элементов схемы электроснабжения и параметры источников высших гармоник.

Результаты расчета программы выводятся в виде таблицы на отдельной форме (рисунок 6).

Напряжение в узлах схемы

№ узла	узел 1	узел 2	узел 3	узел 4	узел 5	узел 6
5	0,000	0,000	0,007	0,007	0,001	0,032
7	0,000	0,000	0,008	0,008	0,000	0,015
11	0,000	0,001	0,019	0,020	0,002	0,002
13	0,001	0,003	0,051	0,066	0,012	0,002
17	0,000	0,001	0,007	0,013	0,004	0,001
19	0,000	0,001	0,004	0,011	0,004	0,001
23	0,001	0,005	0,005	0,026	0,016	0,001
25	0,000	0,002	0,003	0,009	0,007	0,000
Цзкв	0,001	0,006	0,056	0,077	0,022	0,035

Коэффициент Кнс

№	Кнс
узел 1	0,14
узел 2	0,64
узел 3	5,63
узел 4	7,69
узел 5	2,20
узел 6	3,55

Токи в ветвях схемы

№ ветви	ветвь 1	ветвь 2	ветвь 3	ветвь 4	ветвь 5	ветвь 6	ветвь 7	ветвь 8
5	0,000	0,000	0,035	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000
7	0,000	0,000	0,030	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000
11	0,000	0,000	0,043	0,000	0,031	0,000	0,000	0,000
13	0,001	0,002	0,097	0,001	0,099	0,001	0,000	0,000
17	0,000	0,000	0,013	0,000	0,018	0,000	0,000	0,000
19	0,000	0,000	0,008	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000
23	0,001	0,001	0,011	0,000	0,017	0,000	0,000	0,000
25	0,000	0,001	0,005	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000
Цзкв	0,001	0,002	0,117	0,001	0,108	0,001	0,000	0,000

Закреть

Рис. 6 - Результаты расчета программы

Заключение

Таким образом, разработанная программа позволяет:

- оценить степень влияния источников высших гармоник на несинусоидальность напряжения сети;
- сократить время выполнения расчетов за счет автоматизации;
- рассчитать действующее значение напряжения (тока) каждой гармонической составляющей в узлах (ветвях) схемы, а также их эквивалентное значение;
- определить коэффициент несинусоидальности кривой напряжения в узлах схемы;

- осуществить выбор параметров средств ограничения несинусоидальности напряжения (например, фильтро-компенсирующих устройств)
- прогнозировать значения высших гармоник тока и напряжения в системах электроснабжения промышленных предприятий.

Список литературы

1. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат. 2000. 331 с.
2. Яковенко Н.И., Ковалев В.В. Некоторые аспекты энергосбережения в системах электроснабжения // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: материалы междунар. науч.-техн. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 96-99.
3. Гераскин О.Т. Черепанов В.В. Применение вычислительной техники для расчета высших гармоник в электрических сетях. М.: ВИПКэнерго, 1987. 53с.
4. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В. Вибродиагностирование топливного насоса высокого давления на работающем двигателе // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах: тез. докл. IV-й междунар. конф. с элементами науч. шк. 10-12 июля 2017 г. / отв. ред. Т.И. Чернышова. Тамбов, 2017. С. 396-397.
5. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В., Попов В.Б. Разработка диагностической модели дизельных форсунок по результатам вибродиагностирования // Вестник Гомельского ГТУ им. П.О. Сухого. 2017. № 2 (69). С. 18-24.
6. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В. Вибродиагностирование топливных форсунок на работающем двигателе // Агротехника и энергообеспечение. 2016. Т. 2, № 4 (13). С. 47-55.
7. Прыгов Н.М., Широбокова О.Е., Прыгова В.В. К вопросу показателей гармонических искажений в электрических сетях // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: VIII междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2014. С. 191-195.
8. Прыгов Н.М., Широбокова О.Е. Происхождение и устранение гармоник в электросетях // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: VIII междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2014. С. 199-206.

УДК 631.363:633.34

Конопелькин Александр Александрович
зам. управляющего производством по МПК
КФХ (ЮЛ) Агрохолдинг «Кролково», Брянская область

ИСПЫТАНИЕ ШЕЛУШИТЕЛЯ СЕМЯН СОИ И ЛЮПИНА

Аннотация: Проведены предварительные лабораторные исследования, подтверждающие работоспособность предлагаемой конструкции шелушителя.

Ключевые слова: семена сои и люпина, мокрое шелушение, шелушитель.

TESTING OF SOYBEAN AND LUPINE SEEDS PEELING MACHINE

KONOPELKIN A.A., SVIRIDOV I.G.

Abstract: Preliminary laboratory tests confirming the efficiency of the proposed peeling machine design have been conducted.

Keywords: soybean and lupine seeds, wet peeling, peeling machine

Введение. Семена сои и люпина содержат высокий процент белка и находят широкое применение в кормоприготовлении [1,6,7,8,9]. При этом отделение оболочки семян существенно повышает их питательную ценность. Так, люпин без оболочки применяется в составе энергосохаропротеинового концентрата для кормления птицы [5].

Перспективной технологией отделения оболочки является мокрое шелушение семян сои и люпина [2]. Перед шелушением семена замачиваются горячим раствором с начальной температурой около 80 °С и не менее чем 3,5 % концентрацией хлористого натрия в течение 90 минут [3,4]. При взаимодействии обрешеченных валков с набухшими семенами происходит их защемление, разрыв оболочки и выдавливание из нее ядра. При этом повышается качество шелушения, так как оболочка семян полностью отделяется от ядра, и отсутствуют потери массы ядра с отходами шелушения (рис. 1).



Рис. 1 - Взаимодействие валцов с набухшим семенем

Материал и методика исследований. Нами были проведены предварительные лабораторные исследования данной установки, которые показали работоспособность предложенной конструкции. Исследования проводились на сое сорта Собрин и люпине сорта Снежить, возделываемых в Брянской области.

Результаты эксперимента и их обсуждение. На рис. 2 представлен результат предварительных лабораторных исследований на примере семян люпина.



Рис. 2 - Вид шелушенных семян люпина сорта Снежить

Для оценки усилия, которое необходимо для разрушения семян сои и люпина были проведены лабораторные испытания на установке МИ-20УМТ (рис. 3).



Рис. 3 - Лабораторная установка МИ-20УМТ

Оценивали усилие деформации семян люпина в сухом и мокром состоянии (рис. 4, 5).

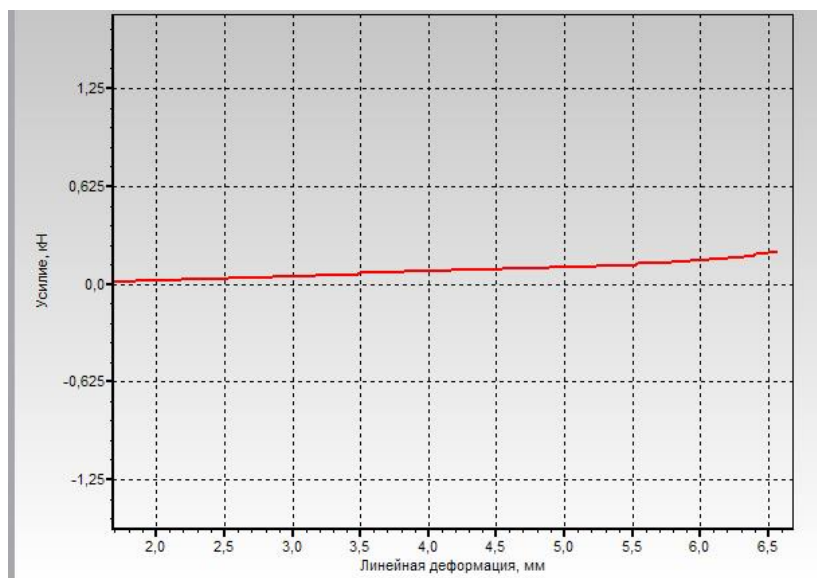


Рис. 4 - Усилие деформации семян люпина в сухом состоянии при контакте с резиновым валиком

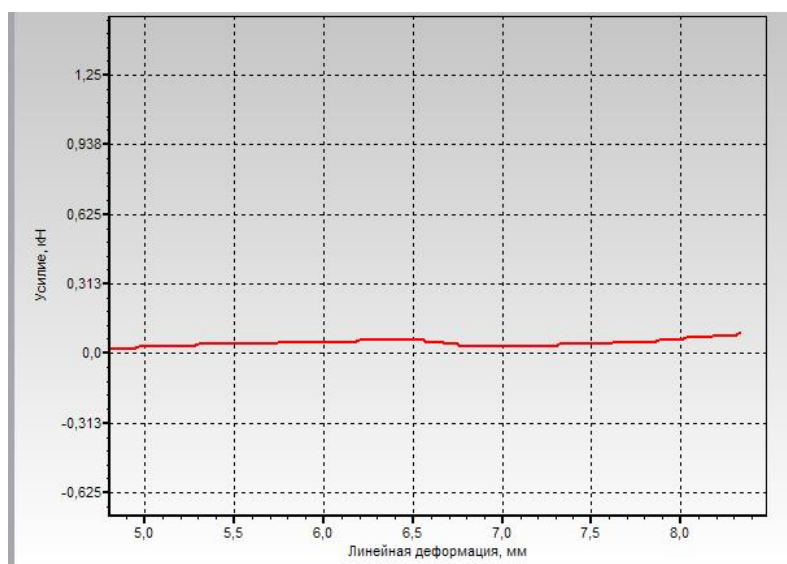


Рис. 5 - Усилие деформации семян люпина в мокром состоянии при контакте с резиновым валиком

Анализ нагрузочных диаграмм показывает, что усилие деформации семян сухого люпина практически вдвое выше, чем мокрого. При этом оно резко возрастает при дальнейшем увеличении деформации. Таким образом, можно предположить, что замачивание семян люпина вдвое снижает энергоемкость процесса шелушения.

Выводы. Анализ продуктов шелушения показал, что при мокром шелушении обеспечивается практически 100% отделение оболочки от ядра, которое чаще всего разделяется на отдельные семядоли. При этом отделенная оболочка остается цельной, что облегчает последующее разделение продуктов шелушения.

Список литературы

1. Купреенко А.И., Кондрашова О.Н. Перспективные технологии производства заменителя цельного молока // Вестник Брянской ГСХА. 2014. № 3. С. 20-24.
2. Купреенко А.И., Кондрашова О.Н., Свиридов И.Г. Технология мокрого шелушения семян сои и люпина // Вестник ВНИИМЖ. 2016. № 3 (23). С. 118-121.
3. Купреенко А.И., Кондрашова О.Н. К вопросу отделения оболочки семян сои и люпина // Конструирование, использование и надежность машин с.-х. назначения: сб. науч. работ. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2015. С. 139-144.
4. Купреенко А.И., Кондрашова О.Н. Совершенствование технологии отделения оболочки семян сои и люпина // Вестник ВНИИМЖ. 2015. № 4 (20). С. 80-83.
5. Физиологическое обоснование использования энергосахаропротеинового концентрата в рационах цыплят – бройлеров / С.Е. Ермаков, Г.Н. Бобкова, Е.И. Слезко, А.А. Менькова // Веткорм. 2012. № 6. С. 54-56.
6. Белоус И.Н., Коренев В.Б., Воробьева Л.А. Влияние сочетания органических и минеральных удобрений в севообороте на продуктивность сельскохозяйственных культур и плодородие почвы // Молодой ученый. 2015. № 8.3. С. 4-10.
7. Яговенко Г.Л., Белоус И.Н. Экономическая оценка выращивания люпина в различных севооборотах // Достижение науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 78-80.
8. Эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных культур в севооборотах юго-запада Нечерноземной зоны России: монография / Н.М. Белоус, М.Г. Драганская, И.Н. Белоус, С.А. Бельченко. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2012. 241 с.
9. Продуктивность и качество одновидовых и смешанных посевов кормовых культур в условиях радиоактивного загрязнения / В.Ф. Шаповалов, Н.М. Белоус, И.Н. Белоус, Ю.И. Иванов // Агрехимический вестник. 2015. № 5. С. 29-31.
10. Яговенко Г.Л., Белоус Н.М., Яговенко Л.Л. Люпин в земледелии центрального региона России: влияние на агрохимические свойства серой лесной почвы и продуктивность севооборотов. Брянск, 2011.

УДК 621.3.04

*Курудимов Роман**магистрант**Филин Павел**магистрант**Гурьянов Геннадий Васильевич**докт. техн. наук, профессор,**Брянский государственный аграрный университет*

СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СКВАЖИННОГО ПЛУНЖЕРНОГО НАСОСА ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация: Исследование проведено с целью снижения энергетических затрат при применении скважинного плунжерного насоса для водоснабжения из скважин с большой высотой подъёма. Исследование математической модели показало, что работа цилиндрического линейного асинхронного двигателя в неполнофазном режиме при обратном ходе плунжера скважинного плунжерного насоса позволяет уменьшить пусковые токи до 19% по амплитуде и до 17% по продолжительности. Предложенная конструкция и работа цилиндрического линейного асинхронного двигателя в неполнофазном режиме в приводе скважинного плунжерного насоса обеспечивают значительное повышение энергетической эффективности насосного оборудования.

REDUCE ENERGY COSTS WHEN USING A DOWNHOLE PLUNGER PUMP FOR WATER

KURUDIMOV R.V., FILIN P.V., GURIANOV G.V.

Annotation: The study was conducted to reduce energy costs when using a downhole plunger pump for water supply from wells with a large lifting height. The study of the mathematical model showed that the operation of a cylindrical linear asynchronous motor in an incomplete phase mode during the return stroke of the plunger of a borehole plunger pump allows reducing inrush currents to 19% in amplitude and 17% in duration. The proposed design and operation of a cylindrical linear asynchronous motor in an incomplete phase mode in the drive of a borehole plunger pump provide a significant increase in the energy efficiency of pumping equipment.

Водоснабжение на основе скважинных плунжерных насосов требует применение промежуточной передачи между плунжером и электродвигателем вращения. Это ограничивает возможности регулирования производительности, увеличивает металлоёмкость и стоимость установки. Повысить КПД, снизить металлоёмкость и стоимость насоса можно за счёт применения в электроприводе цилиндрического линейного электродвигателя.

Разработки в области СПН с прямым приводом основаны на применении линейных синхронных и асинхронных электродвигателей с управлением по датчикам положения [1-4]. Линейный электропривод в СПН возможен при реверсировании. Это требует применения режима противовключения, при котором из

сети потребляется, примерно в два раза больше энергии, чем необходимо для гашения энергии привода. Удары плунжера о камеру насоса гасятся демпфирующими элементами (проставками) [5, 6]. Однако возможен и менее энергозатратный привод при совместной работе цилиндрического линейного асинхронного двигателя (ЦЛАД) и упругого накопителя механической энергии (УНМЭ). При этом движение рабочего органа в одну сторону осуществляется действием электромагнитного поля ЦЛАД при трёхфазном питании, а в обратном направлении — за счёт энергии запасенной в УНМЭ и работы ЦЛАД при двухфазном режиме питания. Накопитель потенциальной энергии (упругий элемент), который вместе с накопителем кинетической энергии — образуют колебательную пару, обратимые преобразование энергии в которой происходит при частоте собственных колебаний привода [1, 2]. В качестве упругих элементов могут служить цилиндрические винтовые пружины, обеспечивающие стабильность настройки, имеющие небольшие габаритные размеры и массу, простые в сборке и применении.

Обеспечить работу конструкции должно управление приводом, обеспечивающая энергетически выгодный режим работы насоса и уменьшение пусковых токов электропривода.

Таким образом, целью работы было изучение затрат при применении СПН для водоснабжения из скважин с большой высотой подъёма.

Для этого необходимо:

- 1) разработать математическую модель привода СПН на базе ЦЛАД, с периодическим отключением одной фазы при трёхфазном питании двигателя;
- 2) разработать экономически эффективную систему управления СПН с ЦЛАД.

Методика исследования

Для описания работы СПН использованы дифференциальные уравнения механического движения. Определяющей величиной была зависимость усилия двигателя от его скорости. Направление и начало координат для каждого этапа движения плунжера отсчитывались от крайних положений вторичного элемента ЦЛАД.

Для решения нелинейной динамической системы уравнений использовали пакет объектно-визуального моделирования БТИИпк (MAT[^]V). Реализация математической модели привода СПН на базе ЦЛАД в приложении БТИИпк представлена в работах [7, 8 и др.].

Экспериментальная установка для исследования характеристик СПН на базе ЦЛАД имеет модульную структуру, что позволяет исследовать различные типы ЦЛАД, использовать плунжеры разных диаметров и упругие элементы с различными характеристиками.

Система управления позволяет реализовать необходимые схемы коммутации для получения различных режимов работы ЦЛАД, в том числе работу двигателя с трёхфазным и двухфазным питанием, а также обеспечить автоколебательный режим или режим вынужденных колебаний с управлением работой ЦЛАД по времени и положению плунжера.

Для реализации неполнофазного режима работы СПН на базе ЦЛАД в приводе применяется импульсное управление ЦЛАД на основе программируемого логического контроллера, реализующего периодическое отключение одной из фаз индуктора от сети (рис. 1).

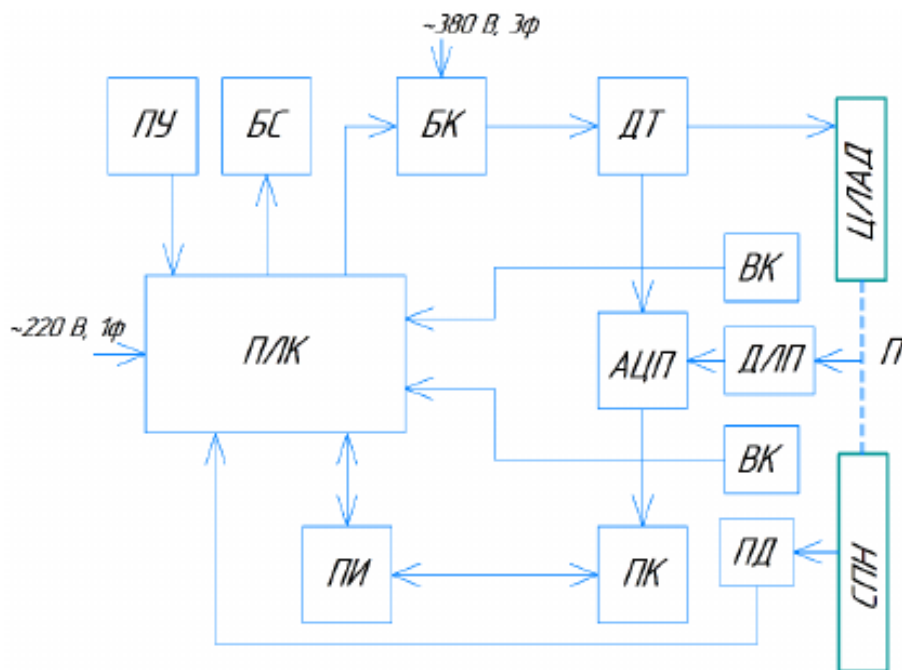


Рис. 1 - Структурная схема системы управления СПН на базе ЦЛАД в приводе

АЦП - аналого-цифровой преобразователь; БК - блок коммутации; БС - блок сигнализации; ВК - выключатель концевой; ДЛП - датчик линейного положения; ДТ - датчик тока; ПЛК - программируемый логический контроллер; ПИ - преобразователь интерфейсов; ПК - персональный компьютер; ПУ - пульт управления; П - плунжер (вторичный элемент).

Блок коммутации выполнен на базе программируемого реле с поддержкой аналоговых сигналов для локальных систем ОВЕН ПР114, имеющего четыре аналоговых входа и до восьми дискретных выходов, позволяющего управлять также твердотельными реле (ТТР). Твердотельные реле серии HDH-12044.ZD3 предназначены для коммутации цепей питания мощных нагрузок в однофазных или трёхфазных сетях.

ТТР данной серии характеризуются: максимально допустимым током нагрузки до 120 А; широким диапазоном коммутируемого напряжения 40—440 В; минимальными коммутационными помехами при переключении. Низкий уровень коммутационных помех обусловлен тем, что переключение реле происходит при переходе напряжения через нулевой уровень. Это позволяет уменьшить начальный бросок тока, снизить уровень создаваемых электромагнитных помех и, как следствие, увеличить срок службы коммутируемых нагрузок. Для коммутации трёхфазной нагрузки установлены три ТТР в каждой из трёх фаз. Это повышает надёжность коммутации, а, следовательно, и всей системы управления в целом.

С помощью потенциометрического датчика линейного положения (ДЛП) «Gefran» LT-M-0500-s производится определение положения плунжера. Позиционирование положения плунжера необходимо для расширения диапазона регулирования работы СПН. Принцип работы датчика основан на изменении величины сопротивления встроенного переменного резистора в зависимости от положения штока относительно корпуса датчика, что в свою очередь определяется его линейным перемещением. С выхода датчика перемещения снимается напряжение, пропорциональное перемещению. Предельное измеряемое линейное перемещение для данного датчика составляет 500 мм. Максимальному перемещению соответствует напряжение 10 В на выходе датчика. Следовательно, перемещению 10 мм соответствует напряжение на выходе 0,2 В. Для контроля тока использовались датчики тока (ДТ) на основе эффекта Холла фирмы Honeywell CSLA1CF.

Сигналы с датчиков регистрировались АЦП — многоканальным осциллографом ACUTE серии DS-1000 (модель DS-1102), позволяющим фиксировать сигнал с датчиков в режиме реального времени на мониторе компьютера, запоминать и конвертировать сигнал для дальнейшей обработки с возможностью последующего экспорта всех данных на внешнюю память.

Устройства серии DS-1000 представляют собой портативные цифровые запоминающие осциллографы (ЦЗО или DSO), подключаемые через порт USB-2.0 к персональному компьютеру или ноутбуку. Для работы АЦП на ПК необходимо установить специализированное программное обеспечение;

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование проводили со следующими параметрами схемы замещения ЦЛАД и водонасосной установки (по техническим паспортным данным двигателя, предоставленным заводом-изготовителем): $R_1=0,5$ Ом, $X_1=1$ Ом, $X_2'=0,1$ Ом, $X_m=5$ Ом, $R_2'=1$ Ом, $V_0=3,6$ м/с и полюсное деление $t=0,036$ м, число пар полюсов $p=6$, масса плунжера — $m=3,875$ кг; диаметр плунжера — $D_p=20$ мм; диаметр трубопровода — $D_t=20$ мм; диаметр всасывающего трубопровода — $D_{tvsas}=20$ мм; плотность воды — $\rho_0=1000$ кг/м³.

Токи, возникающие при пуске, реверсе, торможении, изменении скорости, сбросе и набросе нагрузки, существенно превышают номинальные значения (рис. 2.) Поэтому потери оказываются весьма значительными и существенно влияют на энергетические показатели работы электропривода вызывает его дополнительный нагрев [8]. Постоянная коммутация фаз негативно влияет на ресурс ЦЛАД.

Особенно большое значение потери электроэнергии в переходных процессах имеют в ЦЛАД, для которого режим реверса является основным.

При моделировании работы СПН в режиме реверса бросок тока составил $(2,0 \div 2,2)$ - $I_{ном}$. В режиме коммутации только одной фазы ЦЛАД бросок был не более $(1 \div 1,62)$ - $I_{ном}$. Пусковые токи по амплитуде, с уменьшением на 19%.

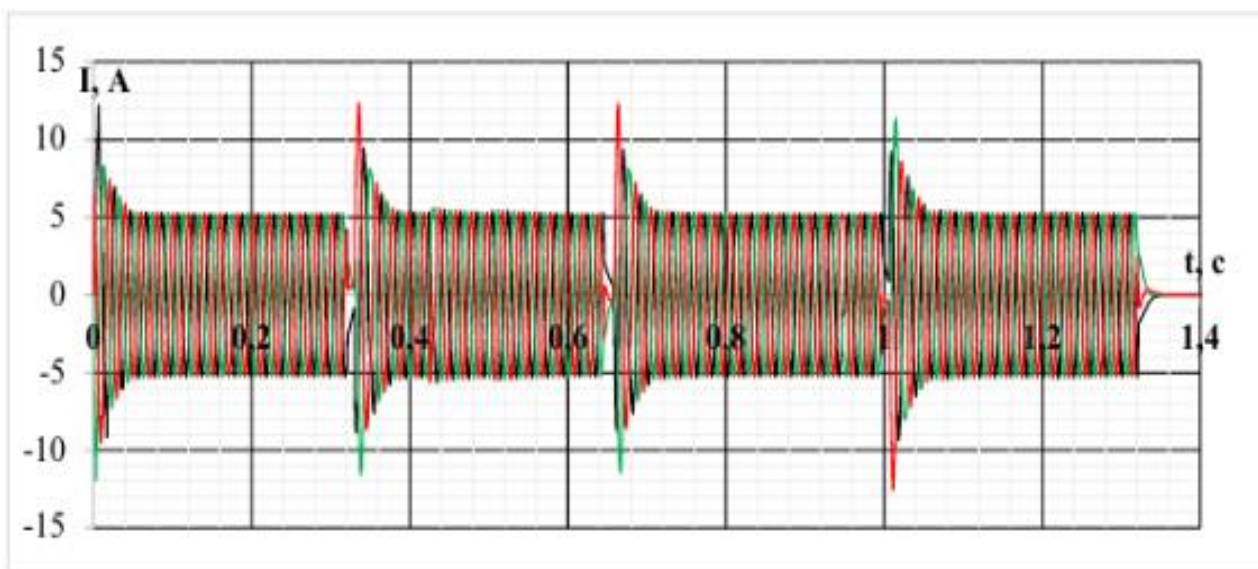


Рисунок 2. Ток в трёх фазах ЦЛАД при работе в режиме реверса

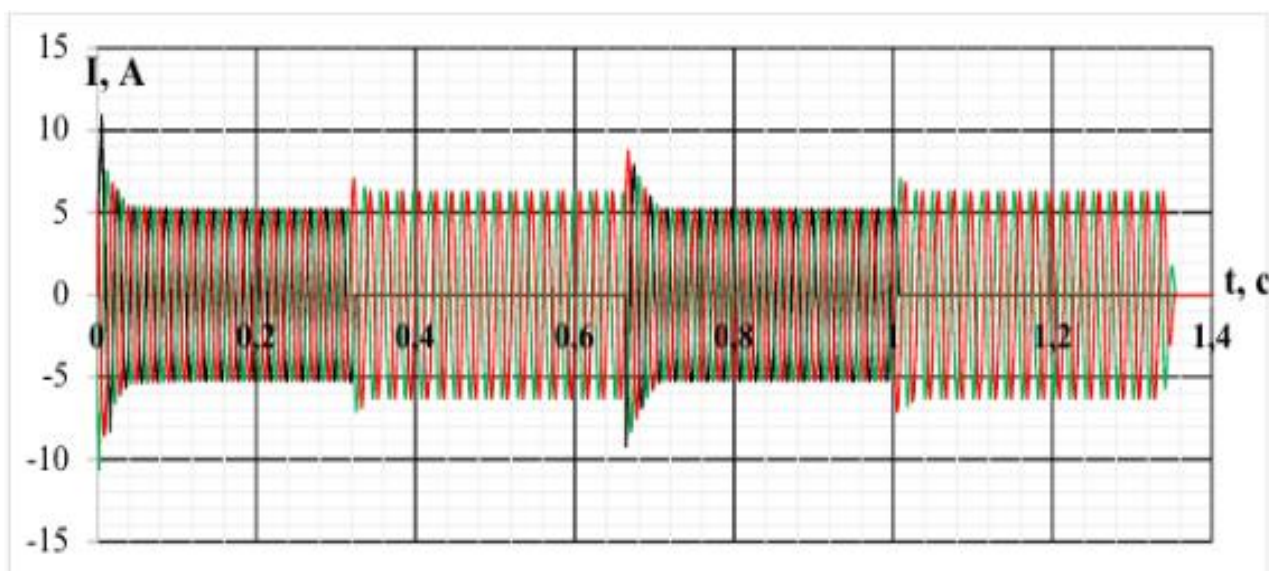


Рисунок 3. Ток в трех фазах при коммутации только фазы А

Выводы

1. Исследование математической модели показало, что работа ЦЛАД в неполнофазном режиме при обратном ходе плунжера СПН позволяет уменьшить пусковые токи до 19% по амплитуде и до 17% по продолжительности. Конструкция и работа ЦЛАД в неполнофазном режиме в приводе СПН обеспечивают значительное повышение энергетической эффективности насосного оборудования. КПД СПН на базе ЦЛАД составляет 0,37. Наиболее эффективен диапазон работы с производительностью от 0,8 до 1,4 м³/ч. В этом диапазоне КПД составит не менее 0,33.

2. Получены временные зависимости фазного тока индуктора ЦЛАД от положения плунжера. Математическая обработка результатов исследования показала, что расхождение расчётных и экспериментальных данных не превышает 7,5÷12,5%.

Список литературы

1. Аипов Р.С. Линейные электрические машины и приводы на их основе: учеб. пособие. Уфа: БГАУ, 2003. 201 с.
2. Линенко А.В. Линейные асинхронные электроприводы сложного колебательного движения для технологических машин АПК. Уфа: Башкирский ГАУ, 2015. 184 с.
3. Потери энергии и КПД асинхронных двигателей / Н.И. Яковенко, В.В. Ковалев, И.С. Завялов, П.В. Лапик // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2020. С. 192-197.
3. Соколов В.В. Цилиндрические линейные асинхронные двигатели для привода погружных плунжерных насосов: дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2006. 135 с.
4. Аипов Р.С., Валишин Д.Е. Математическая модель линейного асинхронного привода плунжерного насоса с периодической коммутацией фазы источника трёхфазного напряжения // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2016. № 4. С. 13-20.
5. Аипов Р.С., Валишин Д.Е. Исследование привода скважинного плунжерного насоса на базе ЦЛАД с неполнофазным режимом работы // Вестник Башкирского ГАУ. 2017. № 3 (43). С. 43-49.
6. Грунтович Н.В., Мороз Д.Р., Капанский А.А. Развитие методического обеспечения диагностирования и прогнозирования энергоэффективности технологических систем водоснабжения и водоотведения // Энергоэффективность. 2015. № 3. С. 20-23.

УДК 621.314

*Лавров Владимир Иванович**ст. преподаватель**Лаптева Наталья Алексеевна**ст. лаборант**Брянский государственный аграрный университет**Маркарянц Лариса Михайловна**докт. тех. наук профессор, Московский государственный**лингвистический университет имени Мориса Тореза*

ВЛИЯНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА НА СОДЕРЖАНИЕ ГАРМОНИК ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. Статья посвящена исследованию влияния светодиодных источников света на содержание гармоник тока и напряжения в системе электроснабжения предприятий. Приведены спектры кривых напряжения и тока для разного количества одновременно работающих светодиодных источников света ДПО 03-12-001 «ИКАР-03».

Ключевые слова: светодиоды, спектры кривых тока и напряжения, гистограммы спектрального состава напряжения и тока.

INFLUENCE OF LED LIGHT SOURCES ON THE CONTENT OF CURRENT AND VOLTAGE HARMONICS IN THE POWER SUPPLY SYSTEM OF ENTERPRISES

LAVROVV.I., LAPTEVA N.A., MARKARYANTS L.M.

Annotation. The article is devoted to the study of the influence of led light sources on the content of current and voltage harmonics in the power supply system of enterprises. The spectra of voltage and current curves for different number of simultaneously operating led light sources DPO 03-12-001 "ICAR-03" are given.

Keywords: LEDs, spectra of current and voltage curves, histograms of voltage and current spectral composition

Введение

В настоящее время во всем мире стремительно расширяется сфера применения светодиодных технологий освещения. Если еще 5-7 лет назад светодиодное освещение применялось, в том числе и в дизайнерской среде, исключительно как локальное, то сейчас светодиодные технологии применяются повсеместно. Например, уличные прожекторы со светодиодными излучателями используются в качестве фасадного освещения, в том числе, когда требуется создать двунаправленный световой поток – освещение вверх и вниз от прожектора. В качестве промышленного, магистрального и уличного освещения также используются светодиодные приборы освещения [1].

Светодиодные прожекторы способны не просто осветить какой-то объект.

Гораздо более важно, что они улучшают цветовое восприятие, делают освещаемый объект более четким. Мощный направленный свет может использоваться для освещения цехов, улиц, магистралей, фасадов и т.д. С одной стороны, компании-производители научились делать более мощные светодиоды, что расширило сферу их применения. С другой стороны, светодиод имеет нелинейную вольт-амперную характеристику, что приводит к появлению гармоник тока и напряжения в системах электроснабжения. Гармонические искажения и, связанные с этим проблемы становятся все более преобладающими в распределительных сетях.

Снижение качества электроэнергии может приводить к следующим последствиям:

- перегреву и разрушению нулевых рабочих проводников линий вследствие их перегрузки токами третьей гармоники;

- ускоренному старению изоляции при повышении рабочей температуры токонесущих проводников;

- помехам в сетях телекоммуникаций, возникающим там, где силовые кабели и кабели телекоммуникаций расположены относительно близко. Вследствие протекания в силовых кабелях высокочастотных гармоник тока, в кабелях телекоммуникаций могут наводиться помехи. Магнитные поля высших гармоник прямой и обратной последовательности частично компенсируют друг друга, поэтому наибольшее влияние на телекоммуникации оказывают гармоники, кратные трём. Чем выше порядок гармоники, тем больше уровень помех, наведенных ими в телекоммуникационных кабелях;

- необоснованному срабатыванию автоматических выключателей вследствие дополнительного нагрева внутренних элементов защитных устройств.

Все эти воздействия негативно влияют на работу электрооборудования. Для уменьшения их вредного влияния необходимо знать источник и природу их возникновения, а также зону их действия.

Гармонические искажения тока, вызываемые нелинейной нагрузкой, можно уменьшить за счёт использования активных фильтров гармоник. В настоящее время наиболее распространёнными из-за своего качества и цены являются активные фильтры серии SPC [2].

SPC представляет собой управляемый цифровым процессором однофазный активный силовой фильтр, в котором используется статистическая обработка и метод инъекции тока. SPC включает в себя выключатель, предохранитель, схему защиты от перенапряжений, фильтр синусоиды, конденсатор и процессорную схему управления. Процессор производит измерения мощности, потребляемой нелинейной нагрузкой в реальном времени, вычисляет параметры гармоник тока нагрузки и затем с помощью IGBT-ключей добавляет в сеть компоненты тока фазы. В результате работы SPC кривые тока в системе электроснабжения имеют чистую синусоидальную форму [3].

Целью работы является исследование влияния светодиодных источников света ДПО 03-12-001 «ИКАР-03» на содержание гармоник тока и напряжения в системе электроснабжения.

Основная часть

Светильник ДПО 03-12-001 «ИКАР-03», предназначен для внутреннего освещения общественных помещений. Светильник выполнен на основе светодиодных модулей, характеризуется малым энергопотреблением, отсутствием мерцания, а также длительным сроком эксплуатации [3].

Светильник соответствует классу [8] светораспределения П. Его основные технические характеристики:

Номинальная частота 50 Гц, номинальное напряжение питания 230 В.

Максимальная потребляемая мощность – не более 20 Вт.

Ток, потребляемый из сети – не более 0,2 А.

Коэффициент мощности не менее – 0.9.

Светильник сертифицирован на соответствие требованиям электромагнитной совместимости СТБ ЕН 55105, СТБ ИЕС 61547, СТБ МЭК 61000-3-3 и является экологически безопасным, не содержит ртути, не выделяет в окружающую среду токсичных веществ. Светильник не требует специальной утилизации [3].

Гармонический анализ кривой тока и напряжения

На рис. 1 представлена вольт-амперная характеристика (ВАХ) исследуемого источника света.

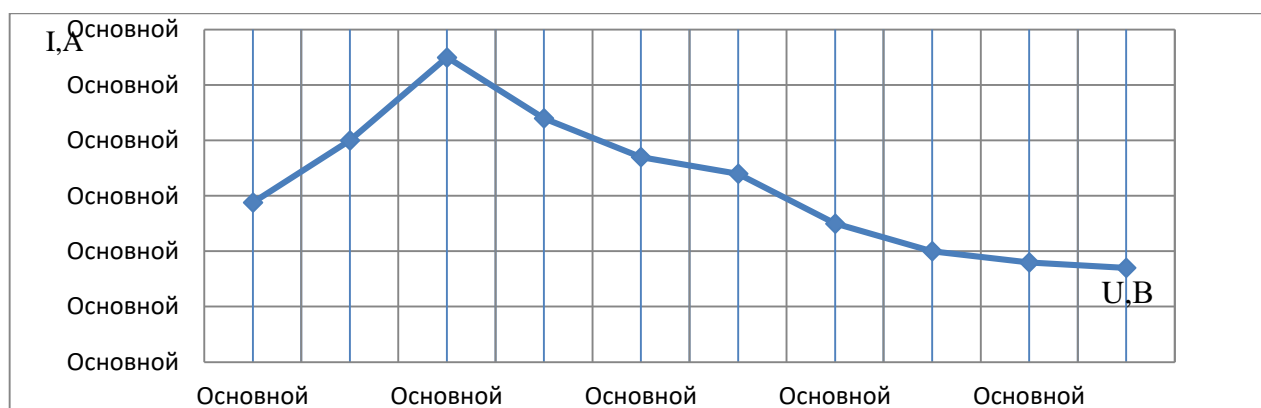


Рисунок 1. ВАХ светодиодного светильника ДПО 03-12-001 «ИКАР-03»

Из анализа рис.1 следует, что исследуемый источник света имеет нелинейную характеристику и способен работать в достаточно широком диапазоне напряжений. Напряжение зажигания и отключения светильника «ИКАР-03» составляет 40В и 60В соответственно.

Авторами данной работы также были получены кривые напряжения и тока для разного количества одновременно работающих светильников «ИКАР-03». Для одного светильника кривые напряжения и тока приведены на рис. 2, а их спектры представлены на рис. 3 и 4.

Из анализа спектра кривых напряжения и тока видно, что в них преобладают нечетные гармоники. Для точного сравнения значения величины гармоник, разложим спектр кривых напряжения и тока в ряд Фурье (таблица 1.1) [4].

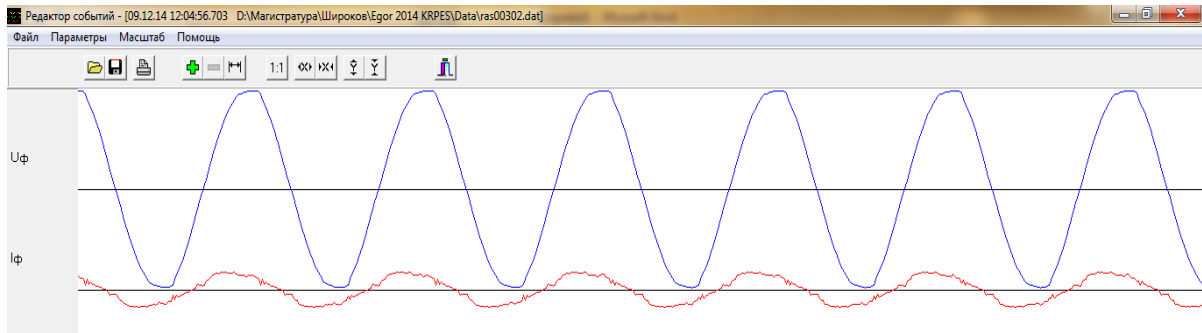


Рисунок 2. Кривые напряжения и тока для одного светильника «ИКАР-03»

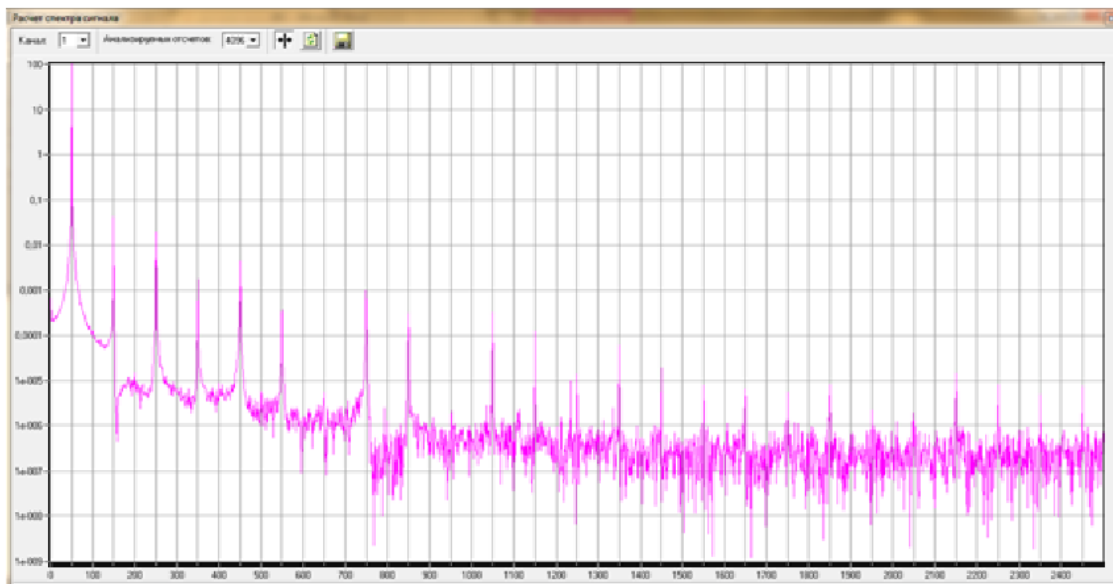


Рисунок 3. Спектр кривой напряжения при питании одного светильника «ИКАР-03»

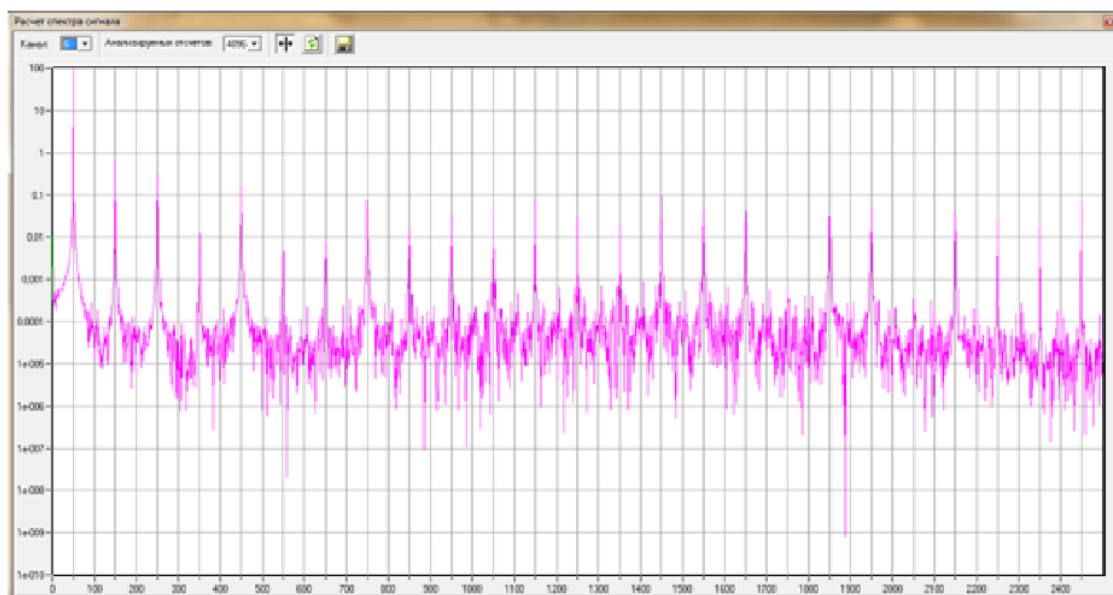


Рисунок 4. Спектр кривой тока при питании одного светильника «ИКАР-03»

Таблица 1.1

Разложенный спектр напряжения и тока в ряд Фурье

Номер гармоники	Величина гармоники кривой напряжения, В	Величина гармоники кривой тока, А
3	4,51233617697146E-04	5,26632065468599E-03
5	2,1515320328303E-04	2,96026016799139E-03
7	1,75875791540353E-05	1,1912194928722E-04
9	4,517573854393E-05	1,56483395804518E-03
11	3,76505080141085E-06	4,59888686718035E-05
13	2,20229473958757E-08	7,79843894835164E-05
15	4,12337822033952E-06	3,09208333861874E-04
17	7,34581137917687E-07	2,85182330780004E-05
19	1,58350428610002E-08	3,45542758906798E-05
21	3,1008713799759E-06	4,03276898421237E-04
23	1,23617095949776E-06	7,95576679281014E-04
25	1,3544653772047E-07	2,99805371836748E-04
27	5,84018624189603E-07	1,91793617550501E-04
29	1,89454999851388E-07	9,67726390054257E-04
31	7,66782066531505E-08	4,14036773284789E-04
33	3,26633082073237E-08	4,05932896524787E-04
35	5,25663152128465E-08	4,27539751319406E-06
37	7,98136987574317E-08	3,0451348659314E-04
39	1,37371230415513E-08	2,21643601006778E-04
41	1,00290230104195E-08	2,22182969055437E-06
43	2,63540731998404E-08	5,28187717262546E-05
45	8,69822019492162E-09	6,51218105365469E-06
47	4,9592391165349E-08	1,51138188172643E-04
49	7,4313751650724E-08	6,8484995661919E-04

Гистограммы спектрального состава напряжения и тока для одного светильника приведены на рис. 5 и 6 соответственно.



Рисунок 5. Гистограмма спектрального состава напряжения одного светильника «ИКАР-03»

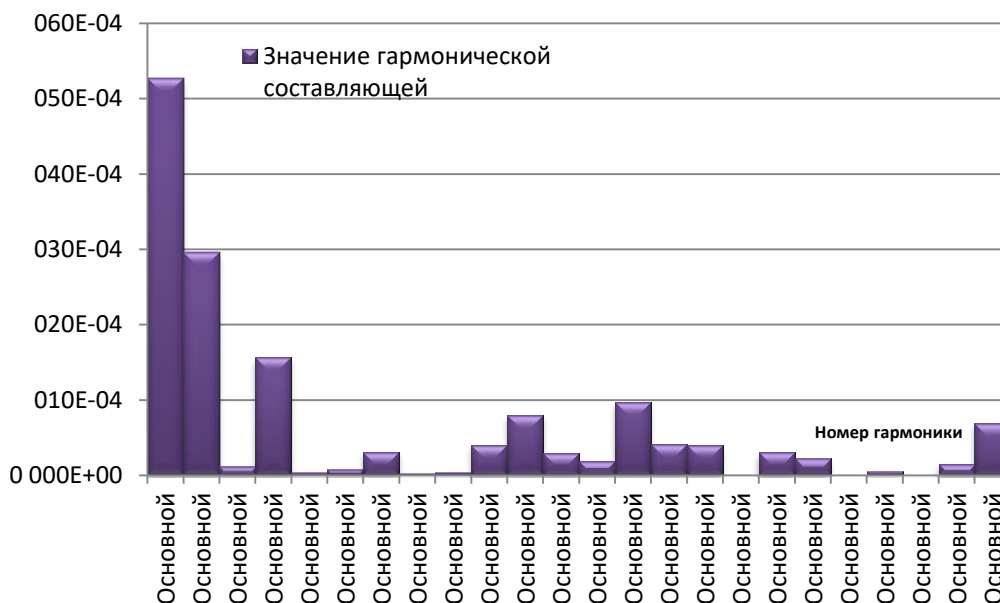


Рисунок 6. Гистограмма спектрального состава тока одного светильника «ИКАР-03»

Из анализа графиков видно, что значение нечетных гармоник по кривым тока и напряжения с увеличением номера гармоники уменьшается во всем диапазоне частот. На рис. 5 и 6 изображены гистограммы спектрального состава светильника «ИКАР-03», из которых видно, что доминирующими гармониками в этих светильниках являются третья и пятая.

В связи с этим, практический интерес представляет наблюдение за поведением тока и напряжения 3-ей и 5-ой гармоник при различном количестве светильников «ИКАР-03». Гистограммы изменения третьей и пятой гармоник напряжения от количества светильников приведены на рис. 7 и 8, а для гармоник тока на рис. 9 и 10.

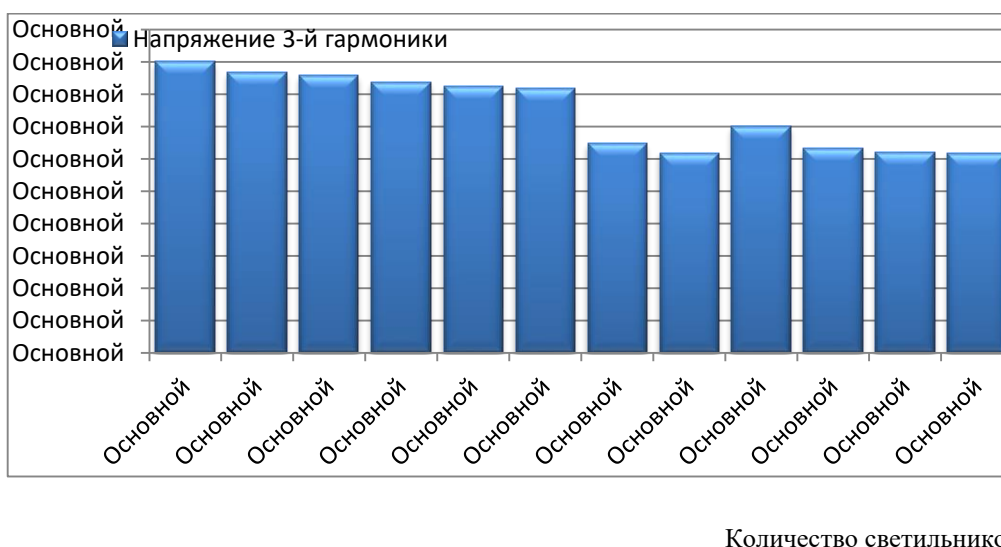


Рисунок 7. Гистограмма третьей гармоникой напряжения при различном количестве светильников «ИКАР-03»

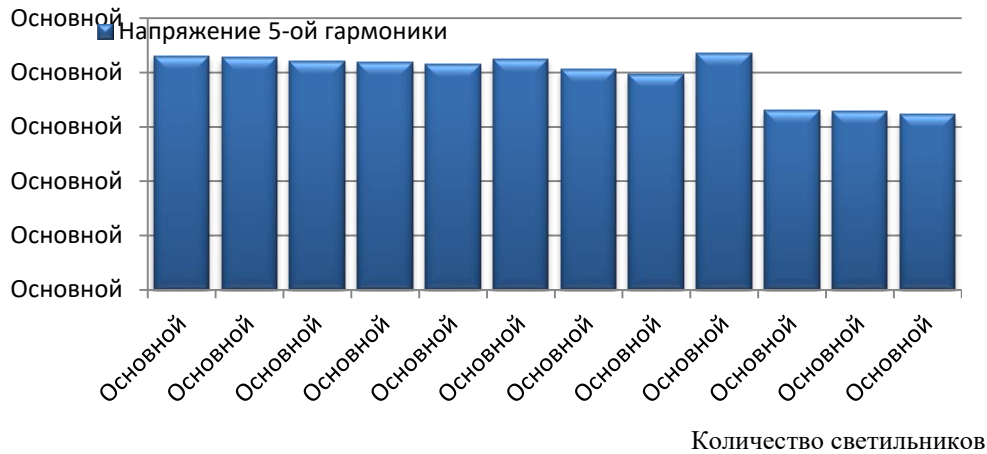


Рисунок 8. Гистограмма пятой гармоники напряжения при различном количестве светильников «ИКАР-03»

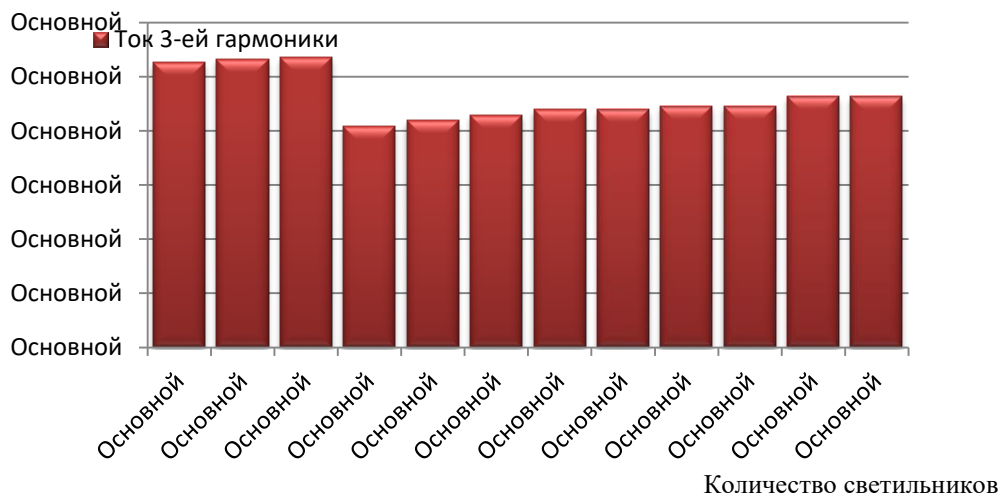


Рисунок 9. Гистограмма третьей гармоники тока при различном количестве светильников «ИКАР-03»



Рисунок 10. Гистограмма пятой гармоники тока при различном количестве светильников «ИКАР-03»

Заключение

Из анализа результатов опытов следует, что при увеличении количества светильников «ИКАР-03» значения напряжения 3-ей и 5-ой гармоник уменьшаются, а значения тока 3-ей и 5-ой гармоник незначительно, но увеличиваются, что негативно сказывается на качестве электроэнергии, особенно для протяженных осветительных сетей.

Список литературы

1. Радкевич В.Н., Козловская В.Б., Сацкевич В.Н. Электрическое освещение: справочник. Мн: Техноперспектива, 2007. 255 с.
2. Кравцов А.В. Качество электроэнергии в системах электроснабжения // Показатели качества электроэнергии. [Электрон. ресурс]. 2004. - Режим доступа: <http://khomelectro.ru/articles/filtry-garmonik.html>. Дата доступа: 20.11.2014.
3. Журавкин А.Ш. Руководство по устройству электроустановок // Технические решения SchneiderElectric. 2013. № 1. С. 1-77.
4. Анушкин С.В. Гармонические колебания в сети. [Электрон.ресурс]. 2006. – Режим доступа: <http://sfiz.ru/page.php?id=76>. Дата доступа: 20.10.2014.
5. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В. Вибродиагностирование топливного насоса высокого давления на работающем двигателе // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах: тез. докл. IV-й международ. конф. с элементами научной школы, 10-12 июля 2017 г. / отв. ред. Т.И. Чернышова. Тамбов: Изд-во Тамбовский ГТУ, 2017. С. 396-397.
6. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В., Попов В.Б. Разработка диагностической модели дизельных форсунок по результатам вибродиагностирования // Вестник Гомельского ГТУ им. П.О. Сухого. 2017. № 2 (69). С. 18-24.
7. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В. Вибродиагностирование топливных форсунок на работающем двигателе // Агротехника и энергообеспечение. 2016. Т. 2, № 4 (13). С. 47-55.
8. Особенности светодиодного освещения / В.В. Ковалев, А.М. Давыдов, А.А. Подгаецкий, И.В. Кузин // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф., 27-28 апреля. Брянск, 2019. С. 123-127.
9. Прыгов Н.М., Широбокова О.Е. Происхождение и устранение гармоник в электросетях // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: VIII междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2014. С. 199-206.
10. Прыгов Н.М., Широбокова О.Е., Прыгова В.В. К вопросу показателей гармонических искажений в электрических сетях // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: VIII междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2014. С. 191-195.

УДК 621.311

Лавров Владимир Иванович
старший преподаватель кафедры электроэнергетики и автоматики
Лаптева Наталья Алексеевна
старший лаборант кафедры электроэнергетики и автоматики
Брянский государственный аграрный университет
Маркарянц Лариса Михайловна
докт. тех. наук профессор, Московский государственный
лингвистический университет имени Мориса Тореза

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА СИСТЕМУ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация. Представлены результаты экспериментальных исследований влияния электротермического оборудования на систему электроснабжения промышленных предприятий. Получены спектрограммы n -х гармонических составляющих напряжения на шинах 0,4кВт электродвигателя второй печи цементного завода ОАО «Красносельский завод стройматериалов», позволяющих определить показатели качества электрической энергии при работе электротермического оборудования и оценить степень его влияния на систему электроснабжения.

Ключевые слова: электротермические установки, электромагнитные помехи, электромагнитная совместимость, показатели качества.

INFLUENCE OF ELECTROTHERMAL EQUIPMENT ON THE POWER SUPPLY SYSTEM OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

LAVROV V.I., LAPTEVA N.A., MARKARYANTS L.M.

Annotation. The results of experimental studies of the influence of electrothermal equipment on the power supply system of industrial enterprises are presented. The obtained spectrogram of the n th harmonic components of the voltage at the buses of 0.4 kW electric motor, the second kiln cement plant, JSC "Krasnoselsky factory of building materials" to determine the quality indicators of electrical energy when operating the electrothermal equipment and to assess its impact on the supply system.

Keywords: electrothermal installations, electromagnetic interference, electromagnetic compatibility, quality indicators.

Введение

Рост установленной мощности нелинейных, а также несимметричных и резкопеременных (ударных) нагрузок промышленных предприятий привел к существенному увеличению уровня электромагнитных помех (ЭМП) в системах электроснабжения предприятий и электрических сетях. Эти помехи в зависимости от их характера, интенсивности и продолжительности неблагоприятно влияют на силовые электроустановки, системы автоматики, релейной защиты и телекоммуникации, а также электрооборудование, являющееся источником ЭМП.

В ряде случаев это приводит к снижению надежности электроснабжения, увеличению потерь электрической энергии (ЭЭ), ухудшению качества и уменьшению количества выпускаемой продукции. Эти обстоятельства обуславливают практическую значимость проблемы качества электроэнергетики (КЭ)[1].

Основная часть

Влияние электромагнитных помех на электротермические установки

Режим работы каждой электротермической установки характеризуется определенным набором параметров режима (ток, температура, угол управления и т.д.), значения которых зависят не только от вида, назначения, конструкции установки и особенностей технологического процесса, но и от параметров поступающей в электротермическую установку электрической энергии. Эффективность работы всех электротермических установок во многом определяется наличием в питающей сети ЭМП, при этом они могут оказывать влияние как непосредственно на физику протекающих процессов, так и на отдельные элементы электрооборудования [11] электротермических установок. В целом это приводит к изменению технико-экономических показателей этих установок. Наибольшее влияние на эффективность работы электротермических установок оказывают отклонения напряжения как вверх, так и вниз от номинального значения, которые приводят к изменению производительности, расходов и потерь электроэнергии.

На некоторые виды электротермических установок (индукционные печи, установки с преобразователями частоты) оказывают влияние отклонения частоты. Если в состав электротермических установок входят конденсаторы, то существенное влияние на них оказывают искажения формы кривой напряжения (несинусоидальность напряжения).

Колебания и провалы напряжения не оказывают влияния на электротермические установки в силу их значительной тепловой инерции. Несимметрия напряжения ощутимого влияния на экономические характеристики электротермических установок не оказывает, однако для однофазных установок ее надо учитывать, так как несимметрия влияет на отклонение напряжения.

Все виды ЭМП оказывают существенное воздействие на системы управления электротермических установок. При отклонениях напряжения в пределах $\pm 10\%$ от $U_{ном}$ брака продукции или изменения ее качества, нарушения технологических процессов для большинства электротермических установок не наблюдается [2].

Печи сопротивления периодического действия (печи отжига)

Работа этих печей с напряжением, отличным от номинального, сопровождается соответствующим изменением мощности, потребляемой нагревателями печи [2]:

$$P = \frac{U_{\phi}^2}{R} = \frac{(U_{ном} \cdot K_u)^2}{R} = P_{ном} \cdot K_u^2 \quad (1)$$

где U_ϕ - фазное напряжение, В; R – сопротивление печи, Ом; $U_{ном}$ - номинальное напряжение, В; K_U - коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения.

Это в свою очередь влечет за собой изменение времени нагрева печи и садки t_n

$$t_n = (W_{ak} + W_c) / (P_{ном} \cdot K_u^2 - \Delta P_T) \quad (2)$$

где W_c – полезная энергия, идущая непосредственно на технологический процесс (нагрев садки); W_{ak} – энергия аккумулируемая печью; ΔP_T - средняя мощность тепловых потерь за время t , Вт.

По выражению (2) можно определить изменение времени нагрева при отклонениях напряжения. В относительных единицах формула (2) имеет вид

$$t_n = (1 - \Delta P_{T*}) / (K_u^2 - \Delta P_{T*}) \quad (3)$$

где $\Delta P_{T*} = \Delta P_T / P_{ном}$ доля тепловых потерь в энергетическом балансе.

Дуговые сталеплавильные печи

Режим работы дуговой сталеплавильной печи (ДСП) резкопеременный, с большими пиками тока в период расплавления. Колебания токов отдельных фаз при этом возникают неодновременно, что приводит к несимметрии токов и напряжений. Случайный процесс колебаний токов ДСП в течение всего периода расплавления не является стационарным, так как по ходу процесса происходит постепенное изменение состояния расплавляемой шихты и условий горения дуги, а также изменение мощности и напряжения на электродах [3]. Однако, учитывая постепенный характер изменения состояния расплавляемой шихты и рассматривая процесс при установившемся режиме, его можно разложить на отдельные стационарные участки длительностью 2 - 5 мин, на которых не происходит существенного изменения среднего значения тока и размахов его колебаний [3].

Из всех электротермических установок ДСП создают наибольшие значения различных видов ЭМП, среди которых доминирующими являются отклонения, провалы и колебания напряжения, несинусоидальность и несимметрия токов и напряжений. Причем наибольший уровень помех создается в период расплавления твердой шихты [4].

Задержки зажигания дуг и сильная нелинейность их вольт-амперных характеристик приводят к появлению в спектре тока высших гармоник. ДСП генерируют как нечетные (3, 5, 7, 9-ю и т.д.), так и четные (2, 4, 6, 8-ю и т.д.) гармоники тока. Величины этих гармоник носят случайный характер, поэтому нет точных формул для их определения. В проектной практике действующее значение нечетных гармоник ДСП можно определить по следующему приближенному выражению:

$$I_{(n)\text{эф}} = S_{\text{п.т.}} / (\sqrt{3} \cdot n \cdot U_{\text{ном}}), \quad (4)$$

где $S_{\text{п.т.}}$ – мощность печного трансформатора, кВ · А, n – номер гармоники; $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, В.

Колебания напряжения, создаваемые ДСП, делятся на два вида: нерегулярные - с частотой до 1 Гц; регулярные (циклические) - с частотой от 1 до 10 Гц [3]. Основными причинами нерегулярных колебаний являются неблагоприятные условия зажигания дуг в период расплавления и неустойчивое их горение, короткие замыкания электродов с шихтой в момент пуска печи и при обвалах шихты, обрывы дуг при обвалах, резкие перемещения электродов вследствие коротких замыканий и обрывов дуг. Поскольку броски тока при нерегулярных колебаниях достигают 100 % номинального тока печного трансформатора, то величина размаха нерегулярных колебаний напряжения достигает 7-12 %. Причины возникновения регулярных колебаний - действие внешних и внутренних электромагнитных сил, стремящихся вытолкнуть дуги из-под электродов в сторону стенок печи, вибрация электродов и электродержателей, выпрямительный эффект, внезапные изменения проводимости в зоне горения дуг вследствие испарения материалов и др.

Методы и средства обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС)

Одним из основных способов обеспечения ЭМС помехочувствительных электроприемников является разделение нагрузок, являющихся источниками ЭМП (ДСП, печи отжига, сварочные установки и др.), и других нагрузок до уровня, при котором обеспечивается их ЭМС. Наиболее распространёнными техническими средствами, используемыми для разделения нагрузок, являются двоянные реакторы, а также трансформаторы с расщеплёнными обмотками и трёхобмоточные трансформаторы.

Распространённым техническим средством, применяемым для снижения колебаний напряжения, являются быстродействующие статические компенсаторы (СТК). Степень компенсации колебаний напряжения зависит от времени запаздывания системы управления, которое должно быть по возможности минимальным [5].

Тиристоры, используемые в качестве коммутирующих ключей в цепи реактора, генерируют высшие гармоники (ВГ). Для уменьшения их уровня на шины СТК подключают резонансные фильтры ВГ. На практике выбор мощности СТК следует производить по значениям набросов реактивной мощности с учётом допустимого значения дозы фликера P_{St} и P_{Lt} .

Для компенсации ВГ 2 и 3-го порядков, а также интергармоник (ИГ) в случае «густого» спектра целесообразно применение демпфирующего фильтрокомпенсирующего устройства, которое состоит из конденсатора и реактора, параллельно которому подключается активное сопротивление.

Активные фильтры (АФ) являются весьма перспективными многофункциональными устройствами, обеспечивающими, в зависимости от схем, фильтрацию высших и интергармоник, компенсацию реактивной мощности, уменьшение глубины и длительности провалов напряжения, регулирование напряжения

у потребителя [6]. В общем случае АФ представляют собой источники реактивного тока нагрузки основной частоты, ВГ и ИГ и предназначены для их компенсации. В качестве АФ используют инверторы напряжения, построенные на тиристорах или транзисторах. АФ включается или параллельно нагрузке или последовательно в рассечку линии. Устройство управления с передаточной функцией обеспечивает формирование управляющих сигналов согласно алгоритму, позволяющему АФ генерировать компенсирующий реактивный ток основной частоты и токи ВГ и ИГ нелинейной нагрузки.

Оценка показателей качества электроэнергии на шинах 0,4 кВ главного привода двигателя второй печи цементного завода ОАО «Красносельский завод стройматериалов»

В настоящее время, с учетом допущений, разрешаемых ГОСТ 13109-97 [7], задачи приборного контроля качества электрической энергии (проверка соответствия фактических значений параметров электроэнергии на границах раздела балансовой принадлежности сетей установленным нормам, выявление виновника ухудшения качества электроэнергии) могут решаться с помощью выпускаемого в РБ прибора УК1.

Установившееся отклонение напряжения δU_y за время измерения на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи превышало нормально и предельно допустимые значения для выводов приемников электрической энергии ($\pm 5\%$ и $\pm 10\%$ от номинального напряжения электрической сети соответственно). При этом наибольшее значение установившегося отклонения напряжения за время измерения составило 13,93%, наименьшее значение установившегося отклонения напряжения за время измерения составило 9,65%. График изменения значений δU_y в % за время измерения представлен на рис. 1, а его гистограмма на рис. 2.

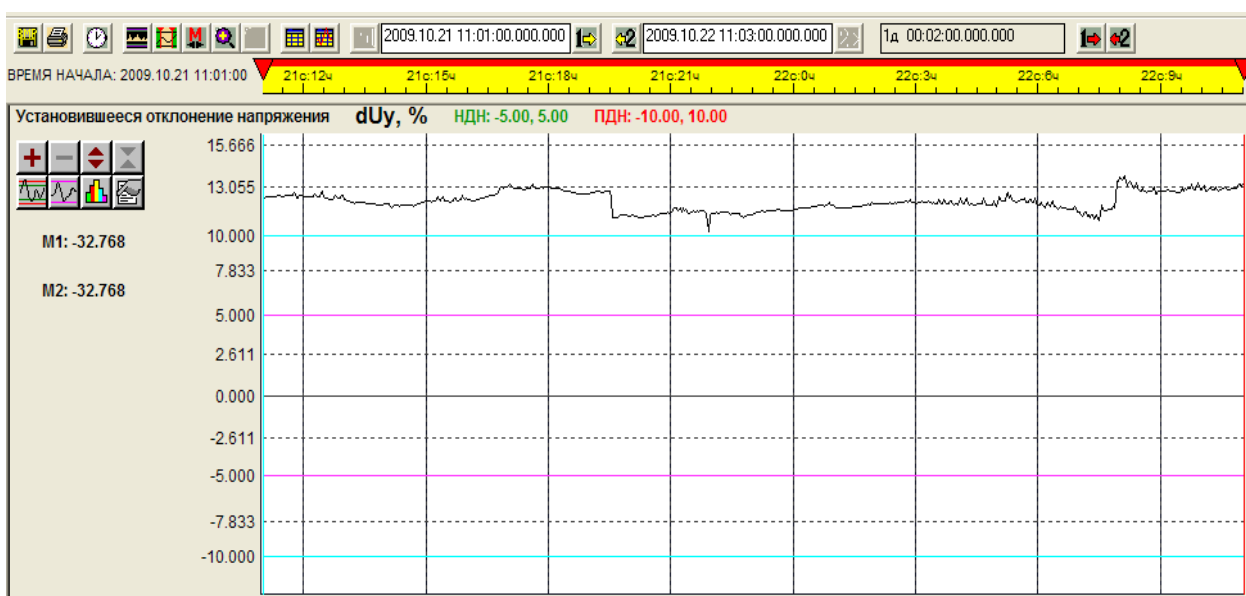


Рис. 1 - График изменения значений δU_y за время измерения на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи

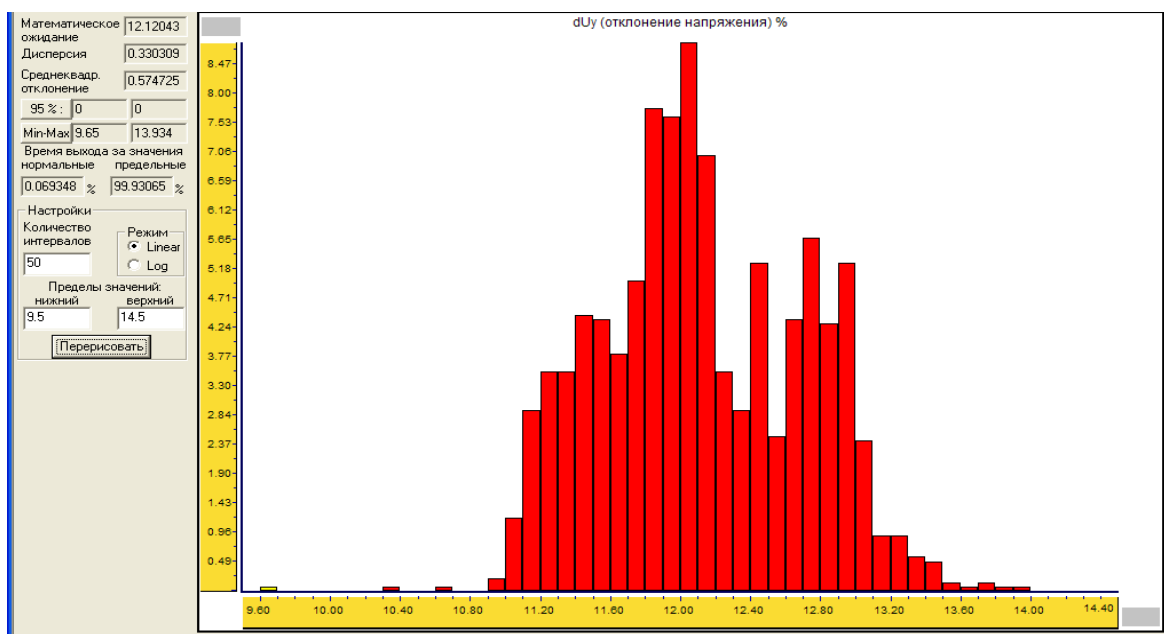


Рис. 2 - Гистограмма установившегося отклонения напряжения δU_y на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи

Коэффициенты искажения синусоидальности кривой напряжения K_U по фазе А за время измерения на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи превышали нормально и предельно допустимые значения. При этом наибольшее значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения K_U по фазе А за время измерения составляло 16,28% (при нормально и предельно допустимых значениях для номинального напряжения 0,38 кВ равных 8 и 12%). График изменения значений коэффициентов искажения синусоидальности кривой напряжения K_U по фазам А, за время измерения представлены на рис. 3, а его гистограмма на рис. 4.

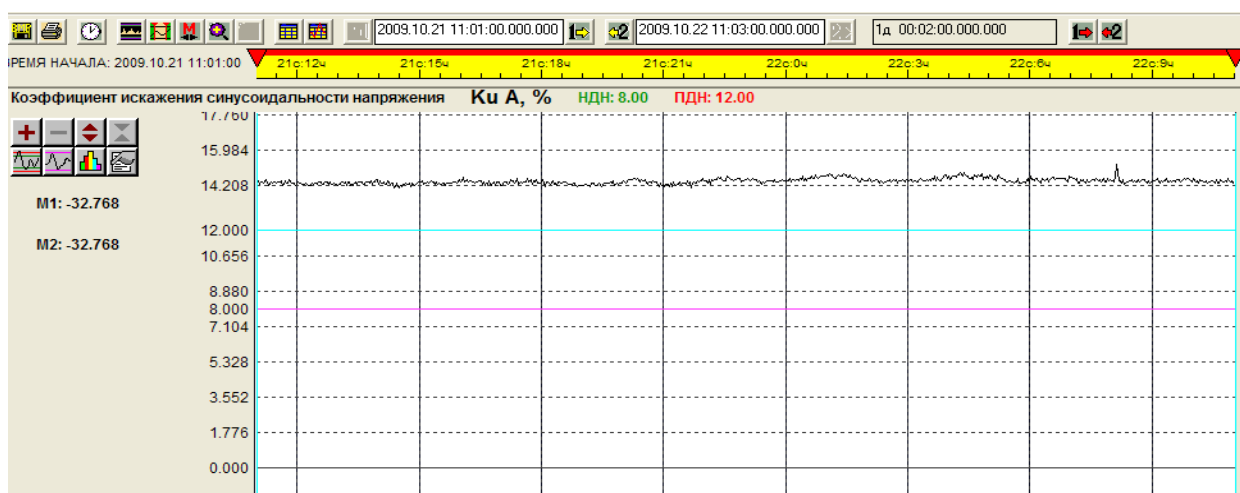


Рис. 3 - График изменения значений коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения K_U по фазе А за время измерения на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи

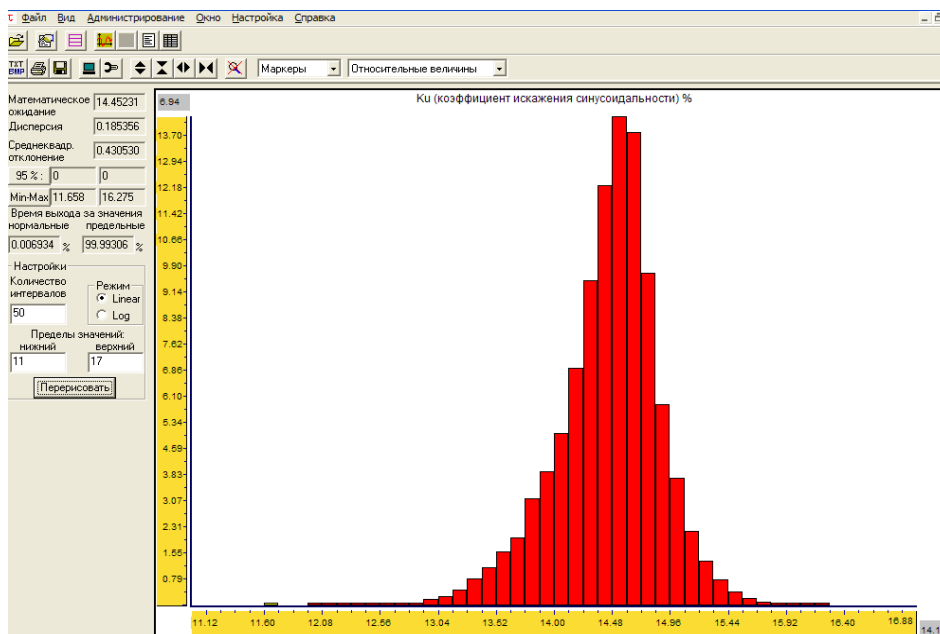


Рис. 4 - Гистограмма коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения K_U по фазе А на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи

Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} за время измерения на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи не выходил за пределы нормально допустимых значений. При этом, наибольшее значение коэффициента K_{2U} составляло 0,48% (при нормально допустимом и предельно допустимом значениях коэффициента K_{2U} в точках общего присоединения к электрическим сетям, равным 2,0 и 4,0 % соответственно).

Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} за время измерения на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи временно с вероятностью 0,04% выходил за пределы нормально допустимых значений. При этом, наибольшее значение коэффициента K_{0U} составляло 2,73% (при нормально допустимом и предельно допустимом значениях коэффициента K_{0U} в точках общего присоединения к электрическим сетям, равным 2,0 и 4,0 % соответственно).

Кратковременная доза фликера P_{St} и длительная доза фликера P_{Lt} за время измерения на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи выходили за пределы допустимых значений. При этом наибольшее значение кратковременной дозы фликера P_{St} для фазы А составляло 2,79 о.е., для фазы В составляло 2,79 о.е., для фазы С составляло 2,77 о.е. (при предельно допустимом значении P_{St} равном 1,38 о.е.). Наибольшее значение длительной дозы фликера P_{Lt} для фазы А составляло 1,81 о.е., для фазы В составляло 1,73 о.е., для фазы С составляло 1,73 о.е. (при предельно допустимом значении P_{Lt} равном 1,0 о.е.). График изменения значений длительной дозы фликера P_{Lt} для фазы А за время измерения представлен на рис. 5.

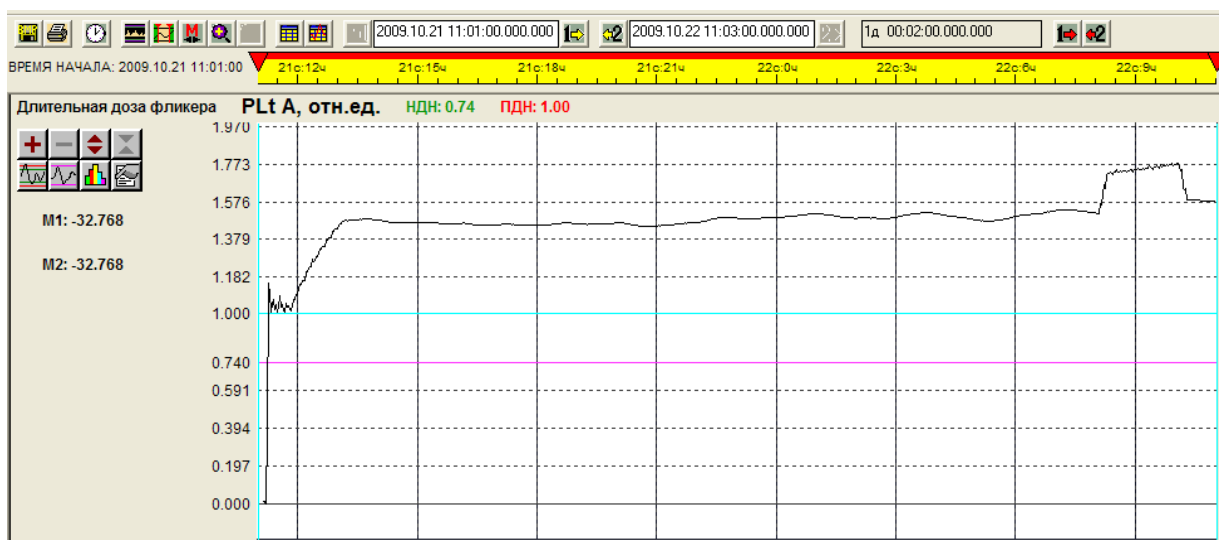


Рис. 5 - График изменения значений длительной дозы фликера P_{Lt} фазы А за время измерения на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи

Коэффициент временного перенапряжения $K_{перU}$ за время измерения на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи не превышал значений, указанных в ГОСТ 13109-97. Однако, в фазе А за время измерения зарегистрировано 1862 временных перенапряжения с $K_{перU}$ не менее 1.1 и длительностью $\Delta t_{перU}$ не менее 10 мс.; в фазе В за время измерения зарегистрировано 1802 временных перенапряжения с $K_{перU}$ не менее 1.1 и с $\Delta t_{перU}$ не менее 10 мс.; в фазе С – 1800 временных перенапряжений с $K_{перU}$ не менее 1.1 и с $\Delta t_{перU}$ не менее 10 мс.. График зарегистрированных временных перенапряжений в фазе С представлен на рис. 6.

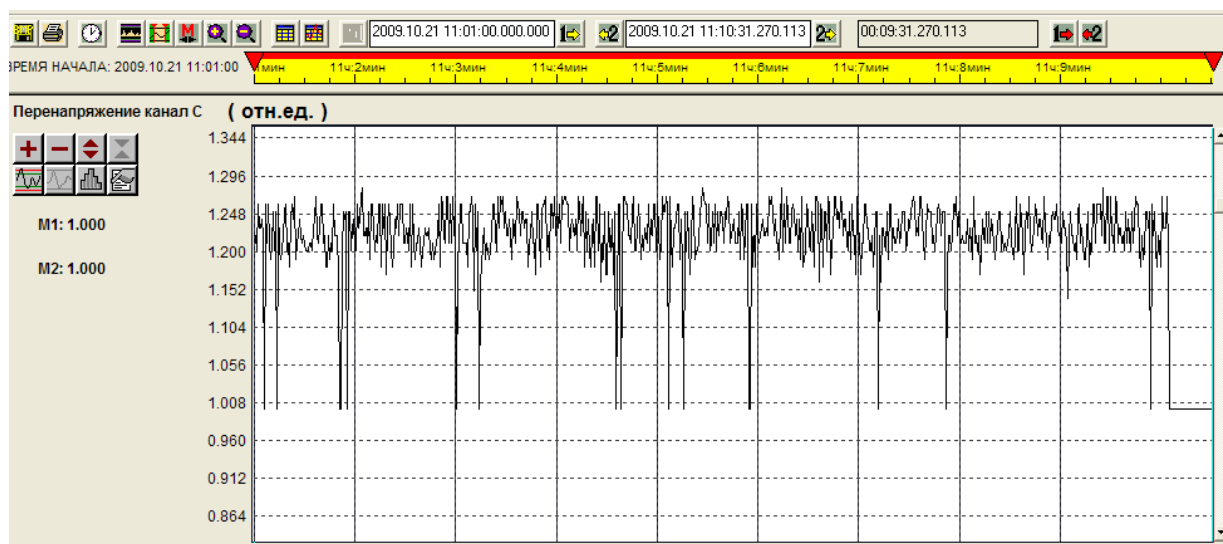


Рис. 6 – График временного перенапряжения, зарегистрированного в фазе С на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи

Коэффициенты n -ых гармонических составляющих напряжения $K_{U(n)}$ за

время измерения на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи не соответствовали требованиям ГОСТ 13109-97: коэффициенты 2, 3, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 30, 32, 33, 34, 36, 38, 39 и 40 гармонических составляющих напряжения фазы А, коэффициенты 2, 3, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 30, 32, 33, 34, 36, 38, 39 и 40 гармонических составляющих напряжения фазы В, коэффициенты 2, 3, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 30, 32, 33, 34, 36, 38, 39 и 40 гармонических составляющих напряжения фазы С. Кратковременно выходил за пределы нормально допустимых значений коэффициент четвертой гармонической составляющей напряжения по всем трем фазам. Гистограммы коэффициентов n -ых гармонических составляющих напряжения $K_{U(n)}$, выходявших за пределы допустимых значений в фазах А, В и С представлены на рис. 7, 8 и 9.



Рис. 7 - Гистограмма коэффициентов n -гармонических составляющих напряжения фазы А на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи (ДЗ – действующее значение; НДЗ – нормально-допустимое значение; ПДЗ – предельно-допустимое значение)



Рис. 8 - Гистограмма коэффициентов n -гармонических составляющих напряжения фазы В на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи



Рис. 9 - Гистограмма коэффициентов p-гармонических составляющих напряжения фазы С на шинах 0,4 кВ электродвигателя второй печи

Заключение

Из анализа полученных экспериментальных данных для главного привода двигателя второй печи цементного завода можно сделать вывод, что практически все показатели качества электрической энергии выходили за пределы нормально или предельно допустимых значений, за исключением коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} , который находился в пределах нормально допустимых значений. Следовательно, для обеспечения электромагнитной совместимости данному предприятию необходимо принять меры по снижению уровня высших гармоник со 2-ой по 9-ую включительно посредством установки компенсирующих устройств, а также привести остальные показатели качества электроэнергии в соответствии со значениями нормируемыми ГОСТ 13109-97 с целью снижения потерь электроэнергии и времени нагрева печей отжига и садки.

Список литературы

1. Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 2005. 261 с.
2. Шваб А.И. Электромагнитная совместимость / пер. с нем. М.: Энергоатомиздат, 1995. 480 с.
3. Смелянского М.Я., Минеева Р.В. Влияние дуговых электропечей на системы электроснабжения. М.: Энергия, 1975. 184 с.
4. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1967. 336 с.
5. Яковенко Н.И., Ковалев В.В. Некоторые аспекты энергосбережения в

системах электроснабжения // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: материалы междунар. науч.-техн. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 96-99.

6. Шидловский А.К., Жаркин А.Ф. Высшие гармоники в низковольтных электрических сетях. Киев: Навукова Думка, 2005. 209 с.

7. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. М.: Энергоатомиздат, 2004. 358 с.

8. ГОСТ 13109-97. Качество электрической энергии. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общ. назначения. М.: Изд-во стандартов, 2001. 44 с.

9. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В. Вибродиагностирование топливного насоса высокого давления на работающем двигателе // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах: тез. докл. IV-й междунар. конф. с элементами научной школы, 10-12 июля 2017 г. / отв. ред. Т.И. Чернышова. Тамбов: Изд-во Тамбовский ГТУ, 2017. С. 396-397.

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

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

УДК 621.891

Погонышев Владимир Анатольевич
докт. техн. наук, профессор
Брянский государственный аграрный университет

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ

Аннотация. Исследование направлено на повышение качества поверхностей трения за счёт обеспечения триботехнических характеристик материалов в соответствии с комплексом О. В. Сулягина. Проведены испытания по улучшению триботехнических параметров поверхностей для широкого класса подшипниковых материалов.

Ключевые слова: трение, износ, коэффициент трения, машина трения, твёрдо-смазочные покрытия, твёрдость, триботехнические характеристики.

TO QUESTION OF UPGRADING OF SURFACE

POGONYSHEV V.A.

Summary. The study is aimed at improving the quality of friction surfaces by providing tribotechnical characteristics of materials in accordance with the O.V. Sutyagin complex. Tests were carried out to improve the tribotechnical parameters of surfaces for a wide class of bearing materials

Key words: friction, wear, coefficient of friction, machine of friction, firmly-lubricating coverages, hardness, триботехнические descriptions

В последнее время развивается теория по энергетическому подходу разрушения материалов при различных видах нагружения [1-10]. Испытания проходили медьсодержащие плёнки, полученные методом финишной антифрикционной безобразивной обработки (ФАБО), нанесённые как на стальные поверхности, так и на стальсодержащие покрытия [11-13].

Целью исследований является получение композиционных покрытий и плёнок пластичных металлов с помощью комплекса О.В. Сулягина для обеспечения необходимых триботехнических характеристик поверхностей трения.

Исследования триботехнических характеристик поверхностей трения проводились на машине 2070 СМТ-1 (рис.), которая предназначена для испытания материалов на трение и износ. Рассматривалась зависимость интенсивности износа покрытий от времени контактирования. Оценивались пределы рабочих температур покрытий. Это определялось по появлению признаков схватывания, высоких значений температур и других факторов, свидетельствующих об экстремальных условиях в зоне контакта. Рассматривались изменения интенсивности износа и коэффициента трения в зависимости от удельной нагрузки, соответствующей тяжелым условиям работы подшипниковых материалов. Исследование механических свойств производили с использованием микротвердомера ПМТ-3. Микротвёрдость покрытий определялась по методике Н.М. Алексеева [15].

Испытания образцов проводились при постоянных давлениях 5 и 10 МПа, скоростях скольжения 1,31 и 2,62 м/с, соответственно 1 и 2 режим. Выбранные

режимы испытаний находились в пределах режимов работы подшипников скольжения часто встречающихся в узлах трения машин, работающих в условиях сельского хозяйства. Смазку в зоне трения осуществляли путём смачивания нижней части диска маслом М8Г₁, находящегося в специальной кювете. Исследования показали, что при $P = 5$ МПа коэффициент трения в начальный период с плёнкой равен 0,074, а затем начинает снижаться до $k = 0,05$ через 2,5 часа испытаний. Фрикционная плёнка исчезает уже в период приработки. Работа пар без плёнок характеризуется большими значениями коэффициента трения как в начале $k = 0,1...0,12$, так и в конце испытаний $k = 0,07...0,075$. Интенсивный рост коэффициента трения у пар трения происходит в первый час испытаний. Вместе с этим растёт и температура в зоне контакта, затем начинает стабилизироваться её величина и составляет 370...390 К при контактировании стали с медьсодержащими плёнками пластичных металлов, а у пар без плёнок достигает 390...400 К и $\mu = 0,14$. Эксперимент прекращался при возникновении предельных вибраций [13-14].



Рис. Испытания на машинах трения 2070 СМТ-1

Погрешности измерения износа диска и колодки составляли 0,5 мкм, а коэффициента трения - 0,002.

Исследования показали, что стальные поверхности со стальной колодкой работают плохо, часто происходит схватывание поверхностей трения, наблюдаются предельные вибрации во втором режиме трения.

Для обоснованного выбора материалов плёнок пластичных металлов, наносимых методом ФАБО на поверхности трения вращающегося диска использовали комплекс О.В. Сутягина [15-18], при этом область его применения была расширена на плёнки из меди, цинка, олова и свинца:

$$\xi = \frac{\delta}{2,35 \cdot \sqrt{H \Theta_n \sqrt{R_1 R_2}}}$$

где δ – толщина покрытия, H – микротвёрдость материала покрытия, Θ_n – упругая постоянная материала покрытия, $R_1 R_2$ – продольный и поперечный радиусы контактирующих поверхностей.

Упругая постоянная зависит от коэффициента Пуассона (μ) и модуля Юнга (E) материала:

$$\Theta_n = \frac{(1 - \mu)}{E}$$

Результаты, полученные с помощью данной методики, отражают истинную твёрдость нанесённого покрытия, поскольку учитывают влияние подложки на формирование давления под пирамидой микротвердомера. Учёт подложки на микротвёрдость покрытия с плёнкой пластичных металлов позволяет прогнозировать триботехнические свойства поверхностей трения.

Прирабочные коэффициенты у пар с плёнками ниже в 1,2...1,4 раза. Суммарный износ у пар с плёнками в 1,5...1,8 раза меньше, чем без плёнок. За счёт варьирования микротвёрдостью при нанесении покрытий и шероховатостью, полученной при их обработке, можно получить покрытия с наперёд заданными триботехническими характеристиками [19-21].

Литература

1. Коршунов В.Я. Обеспечение качества поверхностного слоя деталей на основе прогнозирования рациональных структурно-энергетических параметров материала и технологических условий механической обработки: дис. ... д-ра техн. наук. Саратов: СГТУ. 2006. 485 с.
2. Коршунов В.Я., Подураев В.Н., Фёдоров В.В. Термодинамический метод прогнозирования рациональных условий эксплуатации алмазно-абразивного инструмента // Изв. высш. учеб. заведений. Сер. Машиностроение. 1981. № 2. С. 120.
3. Коршунов В.Я., Новиков Д.А. Оценка энергетической эффективности способов восстановления шеек коленчатых валов при ремонте двигателей // Вестник Брянского ГТУ. 2015. № 1. С. 25-27.
4. Коршунов В.Я., Новиков Д.А. Оценка энергетической эффективности способов восстановления шеек коленчатых валов при ремонте двигателей // Вестник Брянского ГТУ. 2015. № 1. С. 25-27.
5. Коршунов В.Я., Случевский А.М. Прогнозирование допустимого износа резцов в процессе обработки // Вестник Московский ГАУ им. В.П. Горячкина. 2010. № 2. С. 135-137.
6. Коршунов В.Я., Комаров В.С. Повышение износостойкости деталей с.-х. машин при абразивном трении // Вестник Московский ГАУ им. В.П. Горячкина. 2010. № 2. С. 137-139.

7. Коршунов В.Я. Оптимизация технологических условий абразивной обработки по КПД // СТИН. 1990. № 5. С. 17-20.

8. Коршунов В.Я. Расчёт предела усталости металлов по величине коэффициента перенапряжения межатомных связей // Вестник машиностроения. 1997. № 9. С. 32-33.

9. Коршунов В.Я. Определение параметров упрочнения поверхностного слоя детали в процессе резания на основе принципов синергетики // Изв. высш. учеб. заведений. Северо-Кавказский регион. Сер. Общественные науки. 1999. № 1. С. 32.

10. Гончаров П.Н., Коршунов В.Я. Методика проведения экспериментальных исследований износа образцов на машине трения МИ-1М // Вестник Брянской ГСХА. 2014. № 3. С. 67- 69.

11. Методы наплавки износостойких покрытий на поверхности деталей почвообрабатывающих машин / Д.А. Капошко, А.А. Воронин, В.В. Ковалев и др. // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: материалы междунар. науч.-техн. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 5-16.

12. Исследование триботехнических характеристик металлических покрытий, нанесённых наплавкой, электродуговым и плазменным напылением / В.А. Погоньшев, П.Д. Нетягов, Е.Н. Самсонович, Г.Д. Анцифров // Трение и износ. 1989. Т. 10, № 5. С. 909-912.

13. Погоньшев В.А., Логунов В.В. Повышение долговечности покрытий, полученных методами напыления и наплавки // Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика: материалы 15-й междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч., Ч. 1. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2013. С. 175-178.

14. Погоньшев В.А. Физика фреттинг-изнашивания. Брянск, 1999. 280 с.

15. Погоньшев В.А., Романеев Н.А., Панов М.В. Триботехника в сел. хозяйстве. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2010. 480 с.

16. Погоньшев В.А. Повышение износостойкости восстановленных узлов трения сельскохозяйственных машин фрикционным нанесением пленок пластичных металлов: автореф. дис. ... канд. тех. наук. Калинин, 1990. 24 с.

17. Панов М.В., Погоньшев В.А. Гидрофизика. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2009. 154 с.

18. Погоньшев В.А., Логунов В.В. Повышение износостойки шеек коленчатого вала путём нанесения плёнок пластичных металлов // Упрочняющие технологии и покрытия. 2013. № 6. С. 47-48

19. Погоньшев В.А., Логунов В.В. Математическая модель демпфирования с помощью плёнок пластичных металлов // Тр. ГОСНИТИ. М., 2013. Т. 110, ч. 1. С. 92-95.

20. Способ гашения колебаний: пат. 2126916 Рос. Федерация / Погоньшев В.А., Харченков В.С., Матанцева В.А., Романеев Н.А., Хохлов А. Г.; заявитель и патентообладатель Брянская ГСХА. - № 96110840; заявл. 31.05.96.

21. Погоньшев В.А., Романеев Н.А. Технологические способы повышения износостойкости поверхностей трения вследствие улучшения их демпфирующих свойств // Упрочняющие технологии и покрытия. 2006. № 1.

УДК 004.33

*Погонышева Дина Алексеевна**докт. пед. наук, профессор**Брянский государственный университет им. И.Г. Петровского, г. Брянск***АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЛИНГА ПЕРСОНАЛА**

Аннотация. Контроллинг инженеров-электриков представляет собой комплексную систему поддержки управления сотрудниками, нацеленную на взаимодействие подсистем менеджмента и контроля. Автоматизация контроллинга кадров обеспечивает информационно-аналитическую поддержку принятия обоснованных решений в процессе управления сотрудниками рыночного субъекта. Автоматизированная система контроллинга инженерного персонала организации включает в себя систему информационного обеспечения, управление рисками, управление реализацией стратегического, тактического и оперативного планирования, а также менеджмент качества деятельности хозяйствующего субъекта.

Ключевые слова: персонал, инженер-электрик, контроллинг, автоматизация контроллинга персонала, система поддержки принятия решений

PERSONNEL CONTROLLING AUTOMATION*POGONYSHEVA D.A.*

Abstract: The control of electrical engineers is an integrated system of support for employee management, aimed at the interaction of management and control subsystems. Automation of personnel controlling provides informational and analytical support for making informed decisions in the process of managing employees of a market entity. The automated control system of the engineering personnel of the organization includes an information support system, risk management, strategic, tactical and operational planning implementation management, as well as quality management of the business entity.

Key words: personnel, electrical engineer, controlling, personnel controlling automation, decision support system

В условиях цифровизации жизнедеятельности общества глобальной конкуренции значительная роль принадлежит персоналу рыночного субъекта, как уникальному виду ресурсов. Термин «контроллинг» означает управление, которое включает в себя планирование, управленческий учет, контроль и аналитику. Специалисты считают, что контроллинг и контролирование не одно и то же. В немецко-язычной бизнес-среде он понимается как **функция поддержки менеджмента в сфере эффективного управления организацией**, содержит необходимую для обеспечения менеджмента актуальную информацию, содействует постановке целей, разработке различного уровня планов и бюджетов. Ключевым компонентом контроллинга выступает контроль, при котором происходит сравнение плановых показателей с фактическими. Контроллинг включает в себя и управление рисками.

В научных работах отмечается взаимосвязь контроллинга и менеджмента, в том числе кадрового. Контроллинг используется для координации управления организацией, имеет целеполагающую и информационную функции, выполняет

функцию поддержки принятия управленческих решений различного уровня, включает в себя контроль, планирование, учет, анализ. Исследователи считают, что контроллинг предусматривает выполнение процесса оптимизации, в том числе с использованием аппарата имитационного моделирования на основе анализа динамики состояния внутренней и внешней среды организации, применяется для управления различными рисками в условиях высокой неопределенности, включая сферу электроснабжения [1, 2].



Рисунок 1 – Модель системы контроллинга организации [2]

Часто функцию контроллинга осуществляют сотрудники организации, выступая в роли советников руководителя. В настоящее время динамичность факторов внешнего окружения и внутренней среды при обострении глобальной конкуренции повысили значимость понимания персоналом стратегии.

Наиболее часто используемый инструмент контроллинга это система Balanced Scorecard, которая позволяет разработать стратегические цели, включая необходимые показатели и мероприятия, ознакомить с которыми необходимо инженеров-электриков. Контроллинг связан с процессно-ориентированным подходом к управлению организацией. Контроллер участвует в оптимизации бизнес-процессов, в разработке и использовании процессно-ориентированной структуры организации.

В Германии контроллинг развивается с середины 20 века, преимущественно контроллингом интересуются крупные компании. Наиболее активно интересуются им производственные организации. Рост глобальной конкуренции, высокая динамичность и неопределенность внешней среды актуализировали

контроллинг в управлении персоналом. В России контроллинг стал внедряться недавно. Осложняют контроллинг отечественные нормы бухучета, иные ограничения. Распространению контроллинга в РФ препятствует наличие холдингов.

Основные задачи контроллера включают обеспечение прозрачности результатов, процессов, координация целей и планов различного уровня, организация отчетности организации, обеспечение сбора данных, создание и обслуживание систем контроллинга. Различают стратегический (взаимодействие с внешней средой) и оперативный контроллинг (внутренняя среда, краткосрочные задачи).

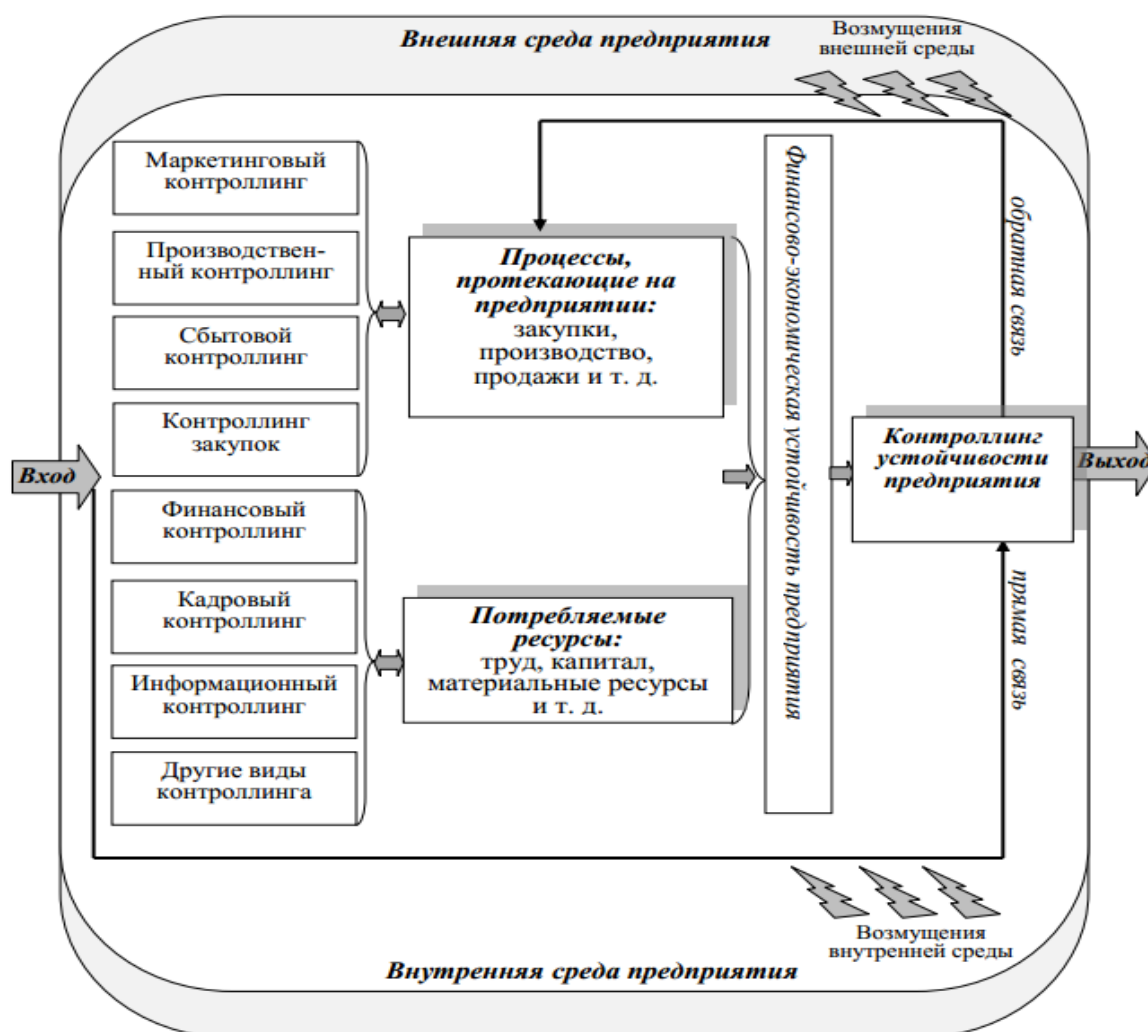


Рисунок 2 – Системы контроллинга функционирования организации [2]

Контроллингу присущи такие формы, как мониторинг, экспертиза, аудит и др. К ролевым аспектам контроллинга относят финансовый, юридический, маркетинговый, ИТ, технологический, рекрутинговый, строительный. В контроллинге используются такие методы анализа: экстраполяционные и экспертные оценки. Этапы контроллинга включают определение критериев, сравнение достигнутых результатов и стандартов, принятие обоснованных решения.

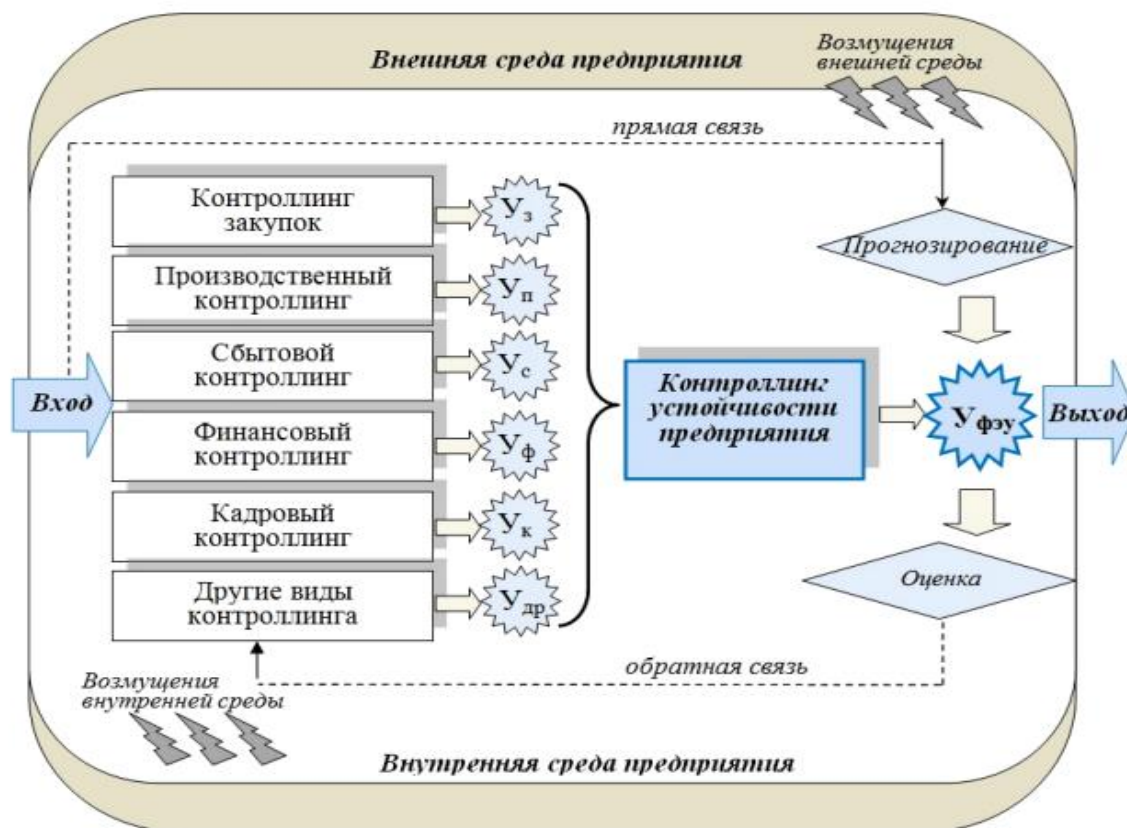


Рисунок 3– Контролинг устойчивости организации [2]

Ведущими технологиями управления персоналом, включая инженеров-электриков, выступают организационная культура, мотивация, лидерство. В связи с необходимостью обучения персонала в цифровой экосистеме предусматривается реализация адаптационных программ, профессиональных, обусловленных использованием инновационных технологий, повышение ИТ-культуры, развитие управленческих навыков.

Необходимость контроллинга инженеров-электриков обусловлена наличием просчетов в организационных структурах, невысоким уровнем распределения ответственности, высокой динамикой внешней среды, недостаточным уровнем квалификации и ответственности персонала, отсутствие рациональной поддержки принятия решений. В современных условиях контролинг персонала является составной частью общего менеджмента, эффективность которого определяет в конечном итоге конкурентоспособность организации.

Анализ литературных источников позволяет выделить следующие аспекты контроллинга персонала: контролинг персонала как элемент или функция менеджмента; контролинг как часть процесса управления персоналом; контролинг как элемент организационной структуры управления; контролинг персонала как комплекс деятельности. В целом контролинг персонала в системе управления хозяйствующим субъектом в сфере электроснабжения занимает одно из центральных мест и выполняет координирующую и системообразующую функцию. Это достигается благодаря причастности персонала к разработке общей стратегии и стратегии управления человеческими ресурсами, принадлежностью работников к общей корпоративной культуре

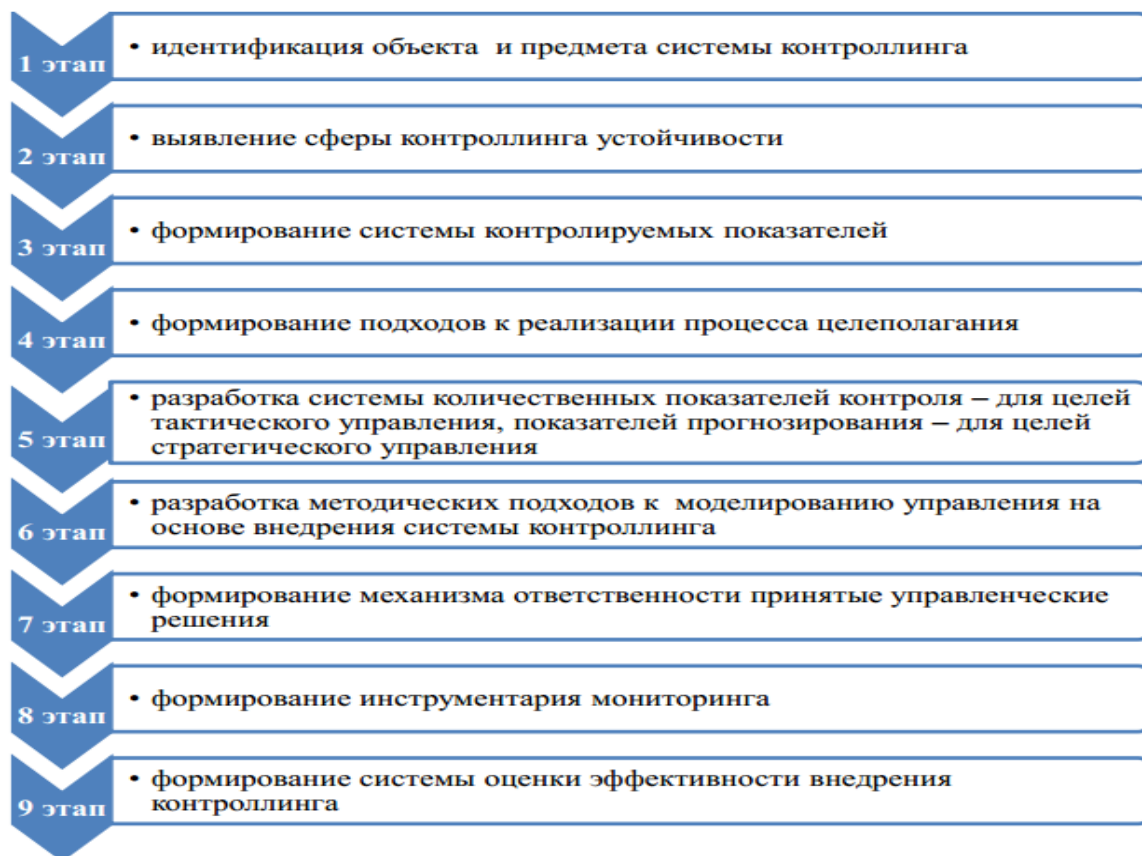


Рисунок 4 - Этапы контроллинга [1, 2]

На основе анализа научной литературы мы считаем, что в рамках реализации контроллинга инженерного персонала должны реализоваться следующие принципы: обратная связь, позитивность контроля, технологичность, релевантность, соответствие целям деятельности, презентативность.

Инженер-электрик – специалист, отвечающий за работу систем энергообеспечения, разработку и реализацию проекта энергообеспечения, ремонт промышленного энергооборудования. В его обязанности входит работа с технической документацией, контроль производства электромонтажных работ, регулярная проверка состояния электрооборудования. Основная задача инженера-электрика – обеспечение бесперебойной работы обслуживаемых электроустановок.

При профессиональной подготовке будущих сотрудников в сфере электроэнергетики и электротехники формируются следующие компетенции: способность самосовершенствовать интеллектуальный и общекультурный уровень; способность самостоятельно осваивать инновационные исследовательские технологии цифровой экосистемы, способность постоянно учиться, расширяя свой багаж знаний и умений, владение навыками публичной и научной речи, способность анализировать и использовать доступные информационные источники для выполнения инженерных расчетов, способность проводить теоретические и экспериментальные исследования, обобщать и анализировать результаты, разрабатывать альтернативные управленческие решения, выполняя их обоснование с учетом различных критериев социально-экономической результативности. Об-

щепризнанные важные профессиональные качества: устойчивое внимание; логическое и аналитическое мышление; самообладание; аккуратность; ответственность, внимательность к деталям, умение быстро принимать решения, эмоциональная устойчивость; хорошая оперативная, а также долгосрочная память и др.

В настоящее время в РФ существует достаточно много систем комплексной автоматизации управления организациями, преимущественно ориентированных на автоматизацию бухгалтерского и кадрового учета, управление финансами, снабжение и сбыт. Рассматривая особенности зарубежных и отечественных ИТ-решений, следует отметить, что системы весьма существенно различаются идеологией разработки, функциональными возможностями, отраслевой ориентацией, ценовым параметрам и другим характеристикам.

Для обеспечения контроллинга системы управления инженерным персоналом существуют разные информационные системы, такие как «Инталев: Корпоративный контроллинг», БОСС-Кадровик, ИНЭК-Персонал, Парус, Галактика и др. [1,2]. Преимущественно в РФ внедряют ERP-системы, по данным TAdviser, крупное машиностроение, металлургия и электроэнергетика, банковский бизнес, ЖКХ, фармацевтика и медицина, строительство, пищевая и химическая промышленность.

Высокопрофессиональный, мотивированный персонал – самый ценный ресурс организации, от которого зависят успехи во всех сферах деятельности. Современное управление персоналом основано на использовании новейших кейсов и практик, позволяющих эффективно осуществлять подбор, обучение, мотивацию и удержание высококвалифицированных инженеров-электриков.

При оценке инженеров-электриков необходимо предоставлять им обратную связь для осведомленности относительно уровня оценивания руководством результативности их профессиональной деятельности [3].

Для обеспечения рыночного субъекта высококвалифицированными инженерами-электриками следует: непрерывно анализировать состояние кадровых потребностей, повышать профессиональную квалификацию персонала, планировать их возможное привлечение извне; систематически анализировать результативность деятельности сотрудников; непрерывно осуществлять отбор и адаптацию вновь принятых работников; систематически оценивать уровень квалификации сотрудников; систематически создавать условия для обучения и переобучения персонала с учетом аттестации; формировать кадровый резерв; непрерывно развивать высокую корпоративную культуру.

В ходе нашего исследования нами установлено, что задачи управления человеческими ресурсами (УЧР) составляют основу кадрового менеджмента. Правильное решение этих задач, принятие объективных и демократичных решений по УЧР позволяют достичь поставленных перед организацией глобальных целей. Реализуя данный подход, средства, направленные на развитие человеческих ресурсов, из затрат превращаются в инвестиции. Поэтому в задачах УЧР компьютерные технологии находят все более широкое применение. С целью принятия обоснованных решений, связанных с планированием инженерного персонала, его подбора, найма, возможной адаптации, продвижения, развития и обучения,

мотивации, возможного увольнения, руководство должно учесть информацию, характеризующую претендента. При этом существенным фактором качественного управления инженерами-электриками является их оценка с использованием компетенций. Задачи УЧР являются многокритериальными, необходимо учитывать значительное количество факторов, оценивать множество предпочтений, последствий, характеризующих существующие альтернативы.

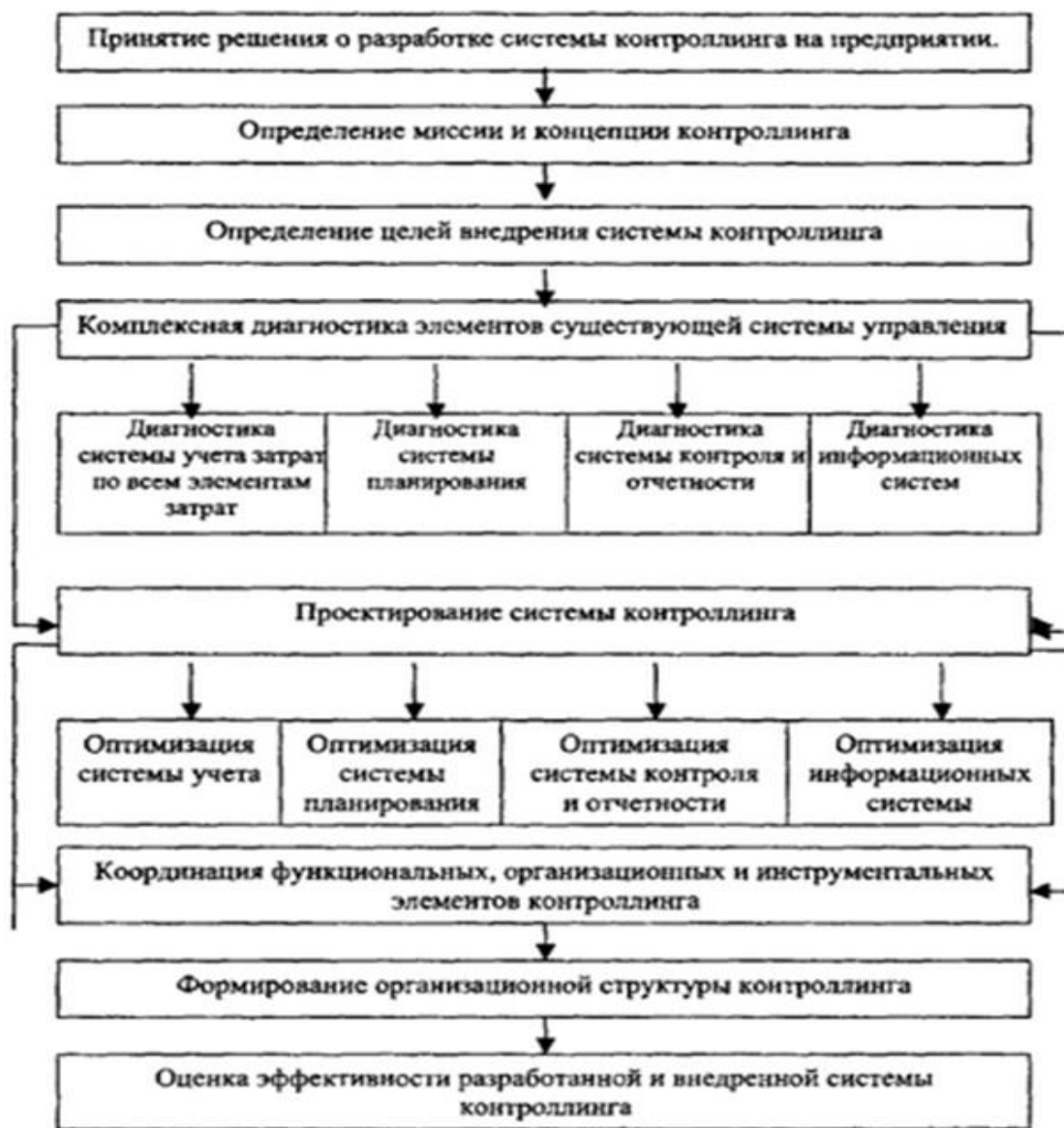


Рисунок 5 - Алгоритм работы системы контроллинга инженеров-электриков

Проблема отбора персонала на должность относится к категории слабоструктурированных нестандартных задач, традиционно сводящихся к принятию решений. В реализации этих слабоструктурированных задач значительна роль руководителя и предпочтения экспертов. Интеллектуальную поддержку политики выбора (отбор экспертов) в данном случае определяет конкретный руководитель – ЛПР, эксперты участвуют в процессе оценки альтернатив по набору признаков, формирующих степень удовлетворения альтернатив критериям, и отношений предпочтения по каждому из них, а задача оценки претендующих на

должность может быть сведена к упорядочению альтернатив при нечеткой исходной информации. При приеме на работу необходимо определить наличие или отсутствие у кандидата необходимой для эффективной работы компетенции, т.е. совокупности знаний, навыков, способностей, социальных и личностных характеристик и норм поведения инженеров-электриков, определяемых целями организации и заданием конкретной ситуации. В ходе отбора кандидатов их компетенции оцениваются и сравниваются с «портретом идеального сотрудника», выраженным набором корпоративных компетенций на данное рабочее место. Следует учесть, что компетенции человека характеризуются многими факторами и показателями, и могут иметь различные веса важности.

В последние годы при отборе персонала наблюдается новая тенденция, выраженная в индивидуальных требованиях организации к претендентам на определенную должность, которая предполагает оценку последних с позиций обязательности, желательности и не востребуемости характеризующих показателей в отношении предлагаемой должности. Как слабоструктурированная, задача эффективного отбора инженерного персонала имеет особенности: многокритериальность и многофакторность; наличие количественных и качественных критериев и показателей; иерархичность оценок сформулированных критериев; зависимость от требований руководителя, определяющего портрет инженера-электрика.

Для занятия конкретной должности руководитель оценивает все показатели, характеризующие конкретного претендента, с позиций их значимости как обязательные, желательные и ненужные, и, таким образом, выражая свои требования, определяет поисковый образ запроса на поиск нужного инженера-электрика. В ходе оценки имеющихся претендентов, ранжирования их характеристик по трем выделенным группам качественных компонентов формируются вышеназванные множества.

Разные требования руководителей к каждому набору показателей определяют характер взаимоотношений между вышеназванными множествами и вероятные ситуативные сценарии [4]:

Сценарий 1. Все выделенные показатели, которые характеризуют критерий, являются обязательными применительно к сфере электроэнергетики и электротехники.

Сценарий 2. Часть показателей, обусловленных критерием, считается обязательной, а другая – ненужной.

Сценарий 3. Все выделенные показатели, которые характеризуют критерий, являются желательными.

Сценарий 4. Некоторая часть показателей, которые характеризуют критерий, является желательной для работы, а другая считается ненужной.

Сценарий 5. Часть показателей, которые характеризуют данный критерий, выступают обязательными для работы, а другая часть остается желательной.

Сценарий 6. Некоторая часть показателей, которые характеризуют критерий, выступает обязательной для работы, а другая – желательной и ненужной.

Сценарий 7. Все показатели, характеризующие выделенный критерий, считаются ненужными.

Затем в полном соответствии со сценариями находят функции принадлежности рассмотренных вариантов выделенным критериям, рассматриваются многофакторные подходы для оценки соответствия альтернатив предъявленным требованиям (запросам) хозяйствующего субъекта на основе аддитивных и мультипликативных моделей Дж. фон Неймана и О. Моргенштерна. В рамках разработки интеллектуальной системы поддержки принятия решений для управления человеческими ресурсами нами рассмотрены две задачи [5]: 1) оценка трудовой деятельности инженеров-электриков для премирования; 2) отбор персонала на вакантные должности.

Предложенный подход автоматизации контроллинга инженеров-электриков на основе использования систем поддержки принятия позволяет учитывать предпочтения хозяйствующих субъектов, дает возможность принятия более обоснованных решений по отбору кадров и управления ими. В процессе разработки системы возникла ситуация необходимости совершенствования методики с учетом интересов инженеров-претендентов. Нами проводится работа по технологии принятия компромиссных решений, учитывающей одновременно предпочтения рыночного субъекта и инженеров-электриков.

Список литературы

1. Дайле А. Практика контроллинга. М.: Финансы и статистика, 2014. 334 с.
2. Контроллинг в бизнесе / А.М. Карминский, Н.И. Оленев, А.Г. Примак, С.Г. Фалько. М.: Финансы и статистика, 2002. 256 с.
3. Погоньшев В.А., Погоньшева Д.А., Горнева Е.А. Модернизация содержания информационной подготовки бакалавров на современном этапе развития высшего образования // Вестник Брянская ГСХА. 2015. № 3. С. 42-46.
4. Погоньшев В.А., Погоньшева Д.А., Горнева Е.А. Модернизация IT-подготовки будущих экономистов в условиях перехода к ФГОС поколения 3+ // Вестник Брянская ГСХА. 2015. № 2. С. 81-87.
5. Погоньшев В.А., Погоньшева Д.А., Анищенко А.М. Совершенствование управления развитием региона на основе использования систем поддержки принятия решений // Креативная экономика. 2018. Т.12, № 12. С. 509-520.
6. Кузавлева М.М., Ульянова Н.Д. Автоматизация документооборота как средство повышения эффективности деятельности предприятий // Инновационные направления разработки и использования информационных систем и технологий. Брянск, 2016. С. 200-204.
7. Ульянова Н.Д., Салопонов А.А. Автоматизация службы менеджмента качества // Трансформация экономики региона в условиях инновационного развития: материалы междунар. науч.-практ. конф. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. С. 266-268.

УДК 539:630 (470.333)

Попазогло Петр Николаевич
магистр

Брянский государственный аграрный университет

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПО ЛЕСНОМУ ФОНДУ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация: В статье дана оценка радиационной обстановки на территории лесничеств Брянской области. Изложены меры по радиационной безопасности в лесах.

Ключевые слова: Радиационная безопасность, зона загрязнения, лесные пожары, лесные ресурсы

ACTUAL ISSUES OF RADIATION SAFETY IN THE FOREST FUND OF THE BRYANSK REGION

POPAZOGLO P.N.

Abstract: The article assesses the radiation situation in the forestry area of the Bryansk region and describes the measures for radiation safety.

Key words: radiation safety, pollution zone, forest resources, forest fires.

Значимость вопросов защиты радиоактивно-загрязненных территорий, в частности лесных массивов, от пожаров, как стихийных неуправляемых процессов, связано с риском возникновения вторичного радиоактивного загрязнения сопредельных территорий.

Особенно это важно для областей, расположенных вблизи районов, загрязненных в результате аварии на Чернобыльской АЭС, в частности Брянской и Курской, объемная суммарная β -активность ($\Sigma\beta$) в приземном слое воздуха которых, согласно ежегодному отчету «Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств» увеличилась с $6,6 \cdot 10^{-5}$ в 2017 году до $8,3 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ в 2018 году [1].

Охрана и использование загрязненных радиоактивными веществами лесов регламентируются ст. 58 Лесного кодекса России [2] и приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 17.04.2017г. №101 «Об утверждении особенной охраны лесов, разработки и осуществления профилактических и реабилитационных мероприятий в зонах радиоактивного загрязнения лесов».

Согласно лесному плану Брянской области общая площадь лесного фонда, загрязненного радионуклидами, составила на 01.01.2017 г. 238135 га (19,7 % от общей площади лесов):

-зона загрязнения до 0,99 Ки/ км² – 11525 га (4,8% от общей площади загрязнения),

-зона загрязнения 1-4,99 Ки/км² – 124768 га (52,4 %),

- зона загрязнения 5,0- 14,99 Ки/км² – 81131 га (34,1%),
- зона загрязнения 15,0-39,99 Ки/км² -19601 га (8,2%),
- зона загрязнения 40 Ки/км² и более – 1110 га (0,5%).

К зоне с высоким уровнем радиационного загрязнения относятся: Злынковское, Клинецовское, Унечское лесничества [4]. На территории Злынковского лесничества Брянской области с плотностью загрязнения почвы цезием-137 от 15 до 40 Ки/км² загрязнено свыше 28 тысяч гектар лесов, на территории Клинецовского лесничества – свыше 10 тыс. гектар лесов.

На территории Злынковского лесничества Брянской области с плотностью загрязнения почвы цезием-137 свыше 40 Ки/км² загрязнено 1450 гектар леса, на территории Клинецовского лесничества Брянской области с плотностью загрязнения почвы цезием-137 свыше 40 Ки/км² загрязнено 971 гектар леса.

Согласно [2] меры пожарной безопасности в лесах включают в себя: предупреждение лесных пожаров; мониторинг пожарной опасности в лесах и лесных пожаров; разработку и утверждение планов тушения лесных пожаров; иные меры пожарной безопасности в лесах с учетом целевого назначения земель и целевого назначения лесов, показателей природной пожарной опасности лесов и показателей пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды.

В силу ст. 57 [2] авиационные работы по охране и защите лесов включают в себя:

- 1) авиационное патрулирование;
- 2) тушение лесных пожаров;
- 3) доставку воздушными судами лесопожарных формирований, пожарной техники и оборудования, противопожарного снаряжения и инвентаря к месту тушения лесного пожара и обратно;
- 4) осуществление авиационного лесопатологического мониторинга и проведение иных работ по защите лесов от вредных организмов.
- 5) осуществление профилактических и реабилитационных мероприятий в зонах радиоактивного загрязнения лесов:
 - в лесах загрязненных радионуклидами, запрещается использование транспортных средств и технологических машин, не оборудованных искрогасителями;
 - минерализованные полосы создают и подновляют в период повышенного увлажнения почвы, избегая образования пыли;
 - в период пожароопасного сезона запрещается движение транспорта по лесным дорогам, за исключением лесопатрульных машин и транспортных средств службы радиационной безопасности, организаций, проводящих дезактивационные работы;
 - остановка и тушение пожаров проводится без выполнения работ на кромке огня, путем создания заградительных и опорных химических полос при помощи наземных механизмов, а также с использованием вертолетов и самолетов;
 - содействие естественному возобновлению включает в себя только сдирание мохового и травяного покровов и неразложившегося верхнего слоя лесной подстилки. Не допускается минерализация поверхности почвы огнем;

- при тушении лесных пожаров должны приниматься меры по защите работников от вредоносного воздействия пыли и продуктов горения;

В соответствии с [3] использование лесов, их охрану (в том числе осуществление мер пожарной безопасности и тушение лесных пожаров) организует Управление лесами Брянской области.

В связи с многозадачностью обеспечения радиационной безопасности на обширных лесных территориях, целесообразно создать структуру при ГУ МЧС России по Брянской области, которая бы могла проводить мероприятия по профилактике и тушению пожаров в радиоактивно – загрязненных лесах.

Лесные ценозы являются критическими экосистемами, аккумулирующими радионуклиды. К потенциально опасным ситуациям, помимо лесных пожаров, относится так же пребывание на территориях лесного фонда в условиях повышенного радиационного фона, контакт с радиоактивно загрязненными элементами лесного природного комплекса и ресурсами в процессе их заготовки и сбора.

Поэтому особо актуальными являются социально-экономические меры, представляющие систему мероприятий по охране труда, производственной санитарии, улучшению качества жизни и медико-санитарного обслуживания работников лесного хозяйства, привлекаемых к работам в зонах радиоактивного загрязнения.

Согласно [5] основной объем продукции, не отвечающей гигиеническим нормативам, регистрируется в группе грибы и ягоды лесные. По результатам мониторинга дикорастущей пищевой продукции: удельный вес проб с превышением гигиенических нормативов юго-западных территорий остается высоким: в грибах лесных – 35,7%; в грибах сухих – 39,4%; в ягодах лесных – 60,8%.

Норматив по содержанию цезия-137 в грибах – 500 Бк/кг, сухих грибах – 2500 Бк/кг и в ягодах лесных – 160 Бк/кг. Наибольшие максимальные уровни содержания цезия-137 зарегистрированы в грибах в Новозыбковском районе (11 100 Бк/кг), сухих грибах в Злынковском районе (29 820 Бк/кг) и в ягодах лесных (чернике) в Климовском районе (2 315 Бк/кг).

Поэтому ежегодно к началу сбора и заготовки лесных ресурсов граждане должны быть извещены о радиационной обстановке на тех лесных участках, которые предназначены для использования.

Согласно [6] информирование населения о радиационной обстановке должно осуществляться путем оформления и расположения в лесах предупреждающих, запрещающих и информационных знаков, плакатов и стендов, а также через средства массовой информации (радио, газеты, телевидение, интернет). Предупреждающие знаки устанавливаются в каждой зоне радиоактивного загрязнения на дорогах перед въездом в зону, съездах с дорог и в местах, наиболее посещаемых населением, а в зонах с плотностью загрязнения почвы цезием-137 15 Ки/км² и более – по границам лесных массивов, расположенных вблизи населенных пунктов.

Уровень загрязнения радиоактивными веществами лесных биогеоценозов выше по сравнению с другими типами ценозов вследствие более высокой спо-

способности лесных экосистем накапливать радионуклиды, поэтому вопросы радиационной безопасности по лесному фонду будут оставаться актуальными долгое время, что обуславливает необходимость разработки комплекса противопожарных мер и мероприятий по обеспечению безопасности работников лесного хозяйства и потребителей лесной продукции.

Список литературы

1. Радиационная обстановка по территории России и сопредельных государств в 2018 г.: ежегодник. - Режим доступа:
http://www.rpatyphoon.ru/upload/medialibrary/653/ezhegodnik_ro_2018.pdf
2. Лесной кодекс России: по сост. на 5 октября 2017. Сравнительная таблица изменений. С учетом изменений, внесенных ФЗ от 1 июля 2017 г. № 143-ФЗ. М.: Проспект, 2017. 96 с.
3. Об управлении лесами Брянской области: положение № 82 от 29 января 2013 г.
4. Лесной план Брянской области. – Режим доступа:
<https://www.bryanskleshoz.ru/lesnoy-plan-bryanskoj-oblasti/>
5. Природные ресурсы и окружающая среда Брянской области: годовой доклад об экологической ситуации в Брянской области в 2018 г.
6. ГОСТ Р 22.11.06-2014. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Безопасность жизнедеятельности населения на радиоактивно загрязненных территориях.
7. Агрехимия: учебник / В.Г. Минеев, В.Г. Сычѳв, Г.П. Гамзиков, А.Х. Шеуджен, Е.В. Агафонов, Н.М. Белоус, В.С. Егоров, А.И. Подколзин, В.А. Романенков, С.П. Торшин, В.В. Лапа, А.Р. Цыганов, Т.Ф. Персикова, Р.Е. Елешев, А.С. Сапаров. М., 2017.

УДК 539.16 (470.333)

Попазогло Петр Николаевич
магистрант

Брянский государственный аграрный университет

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В СФЕРЕ РАДИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы радиологической обстановки Брянской области и возможности ГИС для её мониторинга и оценки. Приведены примеры существующих интерактивных онлайн карт, разобраны их достоинства и недостатки. Предложены варианты объединения множества специальных ресурсов для увеличения функционала и расширения возможностей мониторинга и прогнозирования распространения радиоактивного загрязнения.

Ключевые слова: Радиационная обстановка, миграция радионуклидов, геоинформационные системы, радиологический мониторинг, совмещенные карты.

GEOINFORMATION SYSTEMS AS A TOOL FOR SOLVING PROBLEMS IN THE FIELD OF RADIOLOGICAL MONITORING

POPAZOGLO P.N.

Abstract: The article discusses the radiological situation in the Bryansk region and the possibility of GIS for its monitoring and evaluation. Examples of existing interactive online maps are given, their advantages and disadvantages are analyzed. Options are proposed for combining many special resources to increase functionality and expand the capabilities of monitoring and predicting the spread of radioactive contamination.

Key words: Radiation situation, radionuclide migration, geographic information systems, radiological monitoring, combined maps.

Вопросы радиологической безопасности в настоящее время стоят достаточно остро, в связи с чем проведение радиологических исследований является обязательным при мониторинге экологического состояния земель сельскохозяйственного назначения, территорий населенных пунктов, при проведении инженерных изысканий для строительства в целях выявления очагов радиационного загрязнения и предотвращения отрицательного воздействия радиации на здоровье человека [1].

Сверхнормативное накопление нуклидов в растительной продукции представляет потенциальную опасность для здоровья производителей и потребителей сельхоз продукции и признано одним из наиболее существенных негативных последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

Характер распределения радиоактивных веществ на местности определяется особенностями атмосферного переноса и рельефа местности, характером подстилающей поверхности.

Скорость перехода радионуклидов в почву и их подвижность, во многом определяются химическими свойствами элементов и содержанием в почве элементов аналогов. Количественная оценка влияния свойств почв на поступление

радиостронция показала, что влияние обменного кальция почвы на переход стронция в растение превосходит суммарное влияние всех других агрохимических свойств [1].

В выносе радионуклидов из почвы важная роль принадлежит органическому веществу. Внесение в почву перегноя снижает поступление радионуклидов в растения.

Это связано не только с наличием большого числа факторов, влияющих на поступление радионуклидов в растения, но и с отсутствием статистической поддержки большинства таких исследований, особенно в многолетнем ряду. Процессы распределения радионуклидов в лесах зависят от большого числа факторов - типа леса, особенностей климатического режима, почвенного покрова и т.п. Многообразие лесов выдвигает перед лесной радиоэкологией задачи определения специфических особенностей миграции радионуклидов в лесах в зональном аспекте. Поэтому до сих пор остаются актуальными вопросы, касающиеся изучения пространственной неоднородности накопления радионуклидов и выявления отдельных структур-индикаторов, наиболее адекватно отражающих загрязнение древостоя в целом [2].

Такого рода информация позволяет установить оптимальный объём выборки для достоверного отображения накопления радионуклидов растениями (в частности, неоднородности плотности загрязнения почв и почвенно-экологических условий, определяющих доступность радионуклида). Показатели пространственной неоднородности накопления чрезвычайно важно учитывать также в практических целях при оценке степени и прогнозирования загрязнения лесной продукции.

Одна из основных задач радиологического мониторинга заключается в исследованиях особенностей передвижения искусственных радионуклидов в лесных биогеоценозах. Помимо теоретического интереса получение научной информации о переносе радионуклидов в лесных биогеоценозах имеет важное практическое значение с нескольких точек зрения.

Во-первых, изучение особенностей накопления радионуклидов в лесной растительности необходимо для разработки научно-обоснованных способов использования продукции лесного хозяйства с повышенным содержанием радиоактивных веществ.

Во-вторых, данные по миграции радионуклидов в лесах, позволяют рассчитать дозы облучения различных компонентов лесных биогеоценозов, что является необходимым и достаточным условием для прогноза радиационного воздействия на лес в случае, когда источником излучений являются мигрирующие в лесных биогеоценозах радионуклиды [2].

Для оценки обстановки, как радиационной, так и химической, биологической используют пространственно-временной метод, который позволяет разделять и оценивать факторы по дислокации и времени воздействия. В качестве практической реализации этого метода, еще в 80-х годах прошлого столетия стали создаваться и использоваться геоинформационные системы (ГИС).

База ГИС состоит из геометрической и семантической частей. В первой части базы данных представлены границы районов, изолинии атласа и населенные пункты в виде геометрических объектов, привязанных посредством географических координат к земной поверхности. Вторая часть базы состоит из полей, связанных с геометрическими объектами и содержащих значения параметров этих объектов. Группировка географических объектов, расчеты их параметров и формирование визуального картографического образа осуществляются посредством организации проектов ГИС [3].

Карты плотностей загрязнения и мощностей экспозиционных доз на территории Брянской, Калужской и Орловской областей взяты из атласа радиоактивного загрязнения европейской части России, Белоруссии и Украины [4], но с 1998г он не обновлялся.

В рунете есть несколько крупных экологических сайтов представляющих информацию о радиологической обстановке в РФ, наиболее практичный — <http://egasmro.ru/> ЕГАСМРО (Единая государственная автоматизированная система мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации)(рис.1), но информация точечная, представляющая данные не по всей области, а только по городам областного значения (рис.2).



Рис.1 - Скриншот карты текущей радиационной обстановки

СПРАВКА ОБ ОБЪЕМНЫХ АКТИВНОСТЯХ В ВОЗДУХЕ И ВЫПАДЕНИЯХ СУММЫ БЕТА-АКТИВНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЕ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ЗА СЕНТЯБРЬ 2019 ПО ДАННЫМ ТЕЛЕГРАММ "МЕСЯЦ"

Пункт контроля					Выпадения, Бк/(м ² *сут)				Объемная активность, 10 ⁻⁵ Бк/м ³				
N п/п	Название	Индекс	Широта	Долгота	Дата отбора пробы	Число дней до измер.	Максим. значение	Среднее значение	Дата отбора пробы	Число дней до измер.	Максим. значение	с/б	Среднее значение
1.	Обнинск	1000	55.1	36.6	4-5	25	2.7	0.8	30-1	6	47.2	Ф	19.7
2.	О-в Котельный	21432	76.0	137.9	2-3	4	1.0	0.8	-	-	-	-	-
46.	Жиздра	26896	53.8	34.7	15-16	9	1.5	0.6	-	-	-	-	-
47.	Брянск	26898	53.3	34.3	30-1	6	1.5	0.7	5-6	4	6.8	Ф	4.5
48.	Вологда	27037	59.3	39.9	10-11	23	2.7	0.8	12-13	21	15.0	Ф	4.0

Рис. 2 - Справка «о радиационной обстановке» с сайта ЕГАСМРО.

Базовая территориальная подсистема радиационного мониторинга (БТПРМ) Росгидромета в составе ЕГАСМРО обеспечивает постоянный мониторинг радиационной обстановки на территории страны в целом. БТПРМ предназначена для проведения непрерывных наблюдений радиоактивного загрязнения компонентов природной среды (ПС), сбора, обработки и представления информации о радиационной обстановке (РО), оценки и прогноза РО, контроля трансграничного переноса радиоактивных веществ, информационной поддержки принятия решений по контролю РО и обеспечению радиационной безопасности.

Поэтому необходимо создание интерактивной обширной электронной карты на основе пространственно-временного метода представления радиационной обстановки в режиме ГИС с пополняемой базой данных для мониторинга и оценки радиационной безопасности территории РФ. [1] объединив все имеющиеся ресурсы. В частности для привязки к определенным участкам использовать карты Росреестра, для визуализации возможной миграции радионуклидов подойдет использование топографических геодезических карт, совмещенных с данными Росгидромет по количеству осадков и господствующим направлениям ветров. Так же важно использовать статистические выборки научно-исследовательских организаций и центров химизации и сельскохозяйственной радиологии по маршрутной гамма-съёмке для достоверного отображения накопления радионуклидов растениями.

В этом случае используются дозиметры-радиометры в режиме «Поиск» для обнаружения участков (точек) радиационных аномалий.

Создание совмещенной карты позволит выявлять уровни загрязнений как районов в целом, так и отдельных земельных участков; строить цифровые модели «рельефа» загрязнения, моделировать и прогнозировать изменения радиационного фона и обеспечивать информационную поддержку в открытом доступе в сети Интернет.

Список литературы

1. Калетник Н.Н. Особенности ведения лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения. Киев, 1991. – Режим доступа: <http://earthpapers.net/>
2. Руденко Л.Н. Накопление и распределение техногенных радионуклидов в лесных экосистемах Красноярского края. Красноярск, 2003.
3. Разработка ГИС-технологий реконструкции параметров радиационной обстановки в населенных пунктах загрязненных областей РФ для обеспечения эпидемиологических расчетов на основе официальных данных / О.К. Власов, А.М. Годько, Н.Г. Шишканов, Н.В. Щукина // Радиация и риск. 2001. Вып. 12.
4. Атлас радиоактивного загрязнения европейской части России, Белоруссии и Украины. М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1998.

УДК 512.542

Рыжик Валентина Николаевна
канд. физ. мат. наук, доцент
Брянский государственный аграрный университет

СВЕРХРАЗРЕШИМОСТЬ ГРУППЫ ПРИ ВЛОЖЕНИИ В НЕЕ НИЛЬПОТЕНТНОЙ ПОДГРУППЫ

Аннотация: пусть G -конечная группа и H -ее подгруппа H^{sG} -пересечение подгрупп группы G , в которых содержится подгруппа H . Тогда, если в G имеется такая подгруппа $T \in F$ и $H^{sG} = H_{sG} T$, то подгруппа H является F_s -вложенной в G . Доказывается, что конечная группа G сверхразрешима тогда и только тогда, когда ее нильпотентная подгруппа U_s вложена в G . N -неединичная нормальная подгруппа группы G , E/N -нильпотентная подгруппа в группе G/N .

Ключевые слова: конечная группа, S -ядро подгруппы, S -перестановочное замыкание подгруппы, F_s -вложенная подгруппа, силовская подгруппа, сверхразрешимая группа, нильпотентная группа.

SVERRESBORG GROUP INVESTING IN HER A NILPOTENT SUBGROUP

RYZHIK V.N.

Abstract: let G be a finite group and H be its subgroup. H^{sG} is the intersection of all subgroups of G that contain the subgroup H . Then, if G has a subgroup $t = T$, the subgroup H is embedded in G . we Prove that a nite group G is supersolvable if and only if its nilpotent subgroup is embedded in G . N is non-trivial normal subgroup of G , E/N is a nilpotent subgroup of group G/N .

Keywords: finite group, S -core of subgroups, S -permutable closure sub-groups-sub-sub-group, Sylow subgroup, supersoluble group, nilpotent group.

Введение. Все группы, рассматриваемые в данной работе конечны. Символы U_s и G обозначают соответственно класс всех сверхразрешимых групп и класс всех разрешимых групп.

Подгруппа H группы G называется S -квазинормальной или S -перестановочной в G , если $HE=EH$, для всякой силовской подгруппы E из G .

S -перестановочные подгруппы обладают рядом интересных свойств. В частности, S -перестановочные подгруппы образуют подрешетку решетки всех подгрупп группы (Кегель [2]). Этот факт лежит в основе применения следующих двух конструкций.

Пусть H -произвольная подгруппа группы G . Пусть H^{sG} -пересечение всех тех S -перестановочных подгрупп группы G , которые содержат H , и H_{sG} -подгруппа группы H , порожденная всеми теми ее подгруппами, которые являются S -перестановочными в G . Тогда говорят, что H_{sG} - S -ядро подгруппы H в G и H^{sG} - S -перестановочное замыкание H в G (следует из [3],[4])

Понятие ядра и перестановочного замыкания являются основой для следующего определения.

Определение. Пусть \mathfrak{F} -произвольный непустой класс групп. Тогда говорим, что подгруппа H группы G является \mathfrak{F}_s -вложенной в G , если в G имеется такая подгруппа T , что $T \in \mathfrak{F}$ и $H^{sG} = H_{sG}T$.

Теорема. Группа G сверхразрешима тогда и только тогда, когда всякая нильпотентная подгруппа группы G U_s -вложена в G .

В работе используются стандартные обозначения, которые можно найти в работах [5],[6],[7].

Доказательство теоремы. Достаточно показать, что если любая нильпотентная подгруппы группы G U_s -вложена в G , то G сверхразрешима. Будем доказывать от противного, т.е. предположим, что это неверно и пусть G -контрпример минимального порядка.

(1) G/N сверхразрешима для любой неединичной нормальной подгруппы N группы G .

Пусть E/N -произвольная нильпотентная подгруппа в G/N . Пусть H -минимальное добавление к N в E . Тогда $H \cap N \leq \Phi(H)$ по лемме: если H -минимальное добавление к нормальной подгруппе N группы G , то $H \cap N \leq \Phi(H)$. С другой стороны $E/N = HN/N \cong H/H \cap N$ -нильпотентная группа, и поэтому H нильпотентна. Таким образом, по условию теоремы в G имеется такая сверхразрешимая подгруппа T , для которой имеет место $T \leq H^{sG}$ и $H^{sG} = H_{sG}T$. В виду леммы: $T \leq A \leq H$ и дгруппы группы, где $H=AN$ и N нормальна в G .

Если $TA_{sG} = A^{sG}$, то $TH_{sG} = H^{sG} = A^{sG}N$.

Имеет место $H^{sG}/N = (H/N)_{s(G/N)}(TN/N)$

Где $TN/N \cong T/T \cap N$ -сверхразрешимая группа. Таким образом условие теоремы остается справедливым для G/N . Следовательно, в виду выбора группы G , G/N сверхразрешима.

(2) Каждая собственная подгруппа группы G сверхразрешима.

Пусть $H \leq E \leq G$, где E -собственная подгруппа группы G и H нильпотентна.

Согласно условию теоремы, в G имеется такая сверхразрешимая подгруппа T , что $T \leq H^{sG}$ и $H^{sG} = H_{sG}T$. Из лемм 2.2 и 2.3 [2]и [3]вытекает, что $H_{sG} \leq H_{sE}$ и $H^{sE} \leq H^{sG}$. Таким образом,

$$H^{sE} = H^{sE} \cap H_{sG}T = H_{sG}(H^{sE} \cap T) = H_{sE}(H^{sE} \cap T).$$

Следовательно, условие теоремы выполняется относительно группы E , поэтому, в силу выбора группы G , E сверхразрешима.

(3) $G = N \times M$, где для некоторого простого числа p , $N = C_G(N) = O_p(G) = F(G)$ -минимальная подгруппа группы G и M - такая сверхразрешимая максимальная подгруппа в G , что $[G : M] > p$.

В силу (2), G -минимальная несверхразрешимая группа, таким образом G -

разрешимая группа по [5, теорема 26.3]. Пусть N - произвольная минимальная нормальная подгруппа группы G . Тогда N является p -группой для некоторого простого числа p . Более того, в силу (1) и выбора группы G , N является единственной минимальной нормальной подгруппой в G и $N=G^U$ сверхразрешимый кородикал группы G . Таким образом, $N = C_G(N) = O_p(G)$ по [8, глава А, теорем 15.2].

(4) $Q_{SG} = 1$ для любой нильпотентной подгруппы Q группы M .

Ввиду леммы 2.3 Q_{SG} - S -перестановочная подгруппа в G . Следовательно, согласно лемме 2.1 [1], Q_{SG} -субнормальная подгруппа в G . Значит

$$Q_{SG} \leq F(G) = N \cap M = 1 \text{ по [следствие 7.7.2].}$$

(5) M не является нильпотентной группой.

Предположим, что M является нильпотентной группой. Тогда по условию в G имеется такая сверхразрешимая подгруппа T , что $M^{SG} = M_{SG}T$. Поскольку M нильпотентна, то

$$M_{SG} \leq M \cap F(G) = M \cap N = 1$$

в виду лемм 2.1 и 2.2, и поэтому $M_{SG} = 1$. Следовательно, $G = M^{SG} = T$ -сверхразрешимая группа. Получили противоречие.

Заключительное противоречие. Пусть Q -силовская g -подгруппа группы M , где g -наибольший простой делитель $|M|$. Согласно (2), G -минимальная несверхразрешимая группа, и поэтому в силу [5, теорема 26.5] выполняются условия: N является силовской подгруппой в G , и M является либо примарной группой, либо дисперсивной по Оре группой Шмидта. Так как в силу (5) группа M не является примарной, то M -группа Шмидта.

Пусть D –ненормальная максимальная подгруппа в M . D -нильпотентная группа, и поэтому в силу (4) $D_{SG} = 1$. Покажем, что $E=G$. Поскольку $D \leq D^{SG} \cap M \leq M$ и D максимальна в M , то либо $D = D^{SG} \cap M$, либо D нормальна в M , что противоречит выбору подгруппы D . Следовательно, $D^{SG} \cap M = M$, т.е. $M \leq D^{SG}$. Значит

$$D^{SG} = D^{SG} \cap NM = M(D^{SG} \cap N)$$

Если $D^{SG} \cap N = 1$, то $D^{SG} = M$ и поэтому M субнормальна в G в силу лемм 2.1 и 2.3. Но тогда M нормальна в G , что влечет $N \leq M$. Полученное противоречие показывает, что $D^{SG} \cap N \neq 1$, значит $D^{SG} = G$. Следовательно, в силу равенства $D_{SG} = 1$, G сверхразрешима. Полученное противоречие завершает доказательство теоремы.

Список литературы

1. Ballester-Bolinches A., Esteban-Romero R. Products of Finite Groups. Asaad-Berlin, New-York:Walter deGruyter, 2010. 334 с.
2. Kegel O.H. Sylow-Gruppen and Subnormalteiler endlicher Gruppen // Math.Z. 1962. Vol. 78. P. 205-221.
3. Skiba A.N. On weakly s-permutable subgroups of finite groups // J.Algebra. 2007. Vol. 315. P. 192-209.
4. Guo W., Skiba A.N. Finite groups with given s-embedded and n-embedded subgroups // J. Algebra. 2009. Vol. 321. P. 2843-2860.
5. Шеметков Л.А. Формации конечных групп. М.: Наука, 1978. 272 с.
6. Шеметков Л.А., Скиба А.Н. Формации алгебраических систем. М: Наука, 1989. 256 с.
7. Монахов В.С. Введение в теорию конечных групп и их классов. Мн.: Высш. шк., 2006. 207 с.
8. Doerk K., Hawkes T. Finite Soluble Groups // New-York:Walter deGruyter,1992.-891p.

УДК 621.316

Ситников Сергей Васильевич
магистрант

Петроченко Александр Владимирович
магистрант

Саулин Александр Юрьевич
магистрант

Брянский государственный аграрный университет

ДИНАМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЯ ВЫСОКИМ ПОСТОЯННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

Аннотация: Проведены экспериментальные исследования с различными марками кабеля, выполнена оценка качества изоляции.

Ключевые слова: испытание изоляции, динамические испытания, переменное, постоянное и импульсное напряжение, электродный узел.

DYNAMIC TEST OF CABLE INSULATION WITH HIGH DC VOLTAGE

SITNIKOV S. V., PETROCHENKO A.YU., SAULIN A.V.

Abstract: Experimental studies with various cable brands are carried out, the quality of insulation is assessed.

Key words: insulation test, dynamic tests, alternating, direct and pulse voltage, electrode assembly.

В процессе производства электрического кабеля его изоляция контролируется на целостность высоким напряжением. Происходит это непосредственно на экструзионных линиях при движении кабеля со скоростью до 50 м/с. К каждому участку изоляции прикладывается высокое испытательное напряжение на время от сотен мкс до десятков мс. Такие испытания являются динамическими.

Область динамических испытаний изоляции в мире изучена слабо. Во многих случаях пользуются теоретической и экспериментальной базой статических испытаний, что не всегда оправдано. В России динамические испытания проводятся только переменным напряжением. За рубежом переменным и постоянным, что строго регламентируется национальными стандартами.

Затраты на контроль постоянным напряжением значительно ниже затрат на контроль переменным напряжением. Слабая теоретическая и экспериментальная проработка этого вопроса привела к тому, что в России динамические испытания постоянным напряжением не допускаются, что приводит к увеличению затрат на контроль. Поэтому возникла необходимость в исследованиях, направленных на продвижение динамических испытаний постоянным напряжением в России.

Исследования могут быть использованы для внесения предложений об изменениях в, в части испытаний постоянным напряжением. Это позволит российским производителям кабельной продукции снизить издержки на производство.

Стоимость испытателей с переменным напряжением составляет, как правило, 5...7 тыс. USD; с постоянным напряжением - около 3 тыс. USD. На кабельных заводах в среднем используется около 30 высоковольтных испытателей изоляции. Всего в России кабельных предприятий около 200. Ожидается, что не менее трети испытателей могут работать с постоянным напряжением. В этом случае уже на первом этапе модернизации производств общий экономический эффект в отрасли может достигать 2...4 млн USD.

За рубежом высоковольтные испытания изоляции кабелей и проводов регламентируются стандартами: BS 5099 и BS EN 50356 (Великобритания), CENELEC TC 20 (общеевропейский), UL 1581 (США) и MIL W16878 (США) и др.

Изоляция электрического кабеля представляет собой, прежде всего электрическую емкость. Для одного и того же кабеля энергия перезаряда емкости изоляции переменным напряжением выражается следующим соотношением (для трех периодов испытательного напряжения по ГОСТ 2990, В8 5099, иБ 1581, CENELEC TC 20):

В связи с малой мощностью испытатели с постоянным напряжением являются более безопасными для обслуживающего персонала. Например, у высоковольтного испытателя с максимальным испытательным напряжением $U_{жп} = 10$ кВ, работающего на изоляцию $C_{из} = 200$ пФ при времени приложения напряжения к каждому участку кабеля 1 мс, требуется мощность источника высокого напряжения всего 10 Вт. Как правило, высоковольтные источники такой мощности имеют ток короткого замыкания единицы мА. Высоковольтные испытатели изоляции, работающие на переменном токе, в аналогичной ситуации могут иметь ток короткого замыкания десятки мА, что превысит предельно допустимый уровень отпускающего тока для человека.

Обзор рынка высоковольтных испытателей изоляции, а также анализ некоторых стандартов промышленно развитых стран показал, что в мире широко используются динамические испытания изоляции кабеля постоянным напряжением. К примеру, в стандарте В8 5099:2004 оговариваются уровни испытательных напряжений для испытаний изоляции и оболочек кабельных изделий постоянным, переменным и импульсным напряжением. В стандарте В8 EN 50356:2002 оговариваются требования к аппаратуре и методике проведения испытаний. Причем стандарт В8 EN 50356:2002 является национальной версией Великобритании общеевропейского стандарта CENELEC TC 20. В группу CENELEC входят следующие страны: Австрия, Бельгия, Чешская республика, Дания, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Исландия, Ирландия, Италия, Люксембург, Мальта, Нидерланды, Норвегия, Португалия, Испания, Швеции, Швейцария и Великобритания.

В подтверждение возможности испытаний постоянным напряжением были проведены эксперименты по выявлению дефектов в изоляции нескольких типов проводов. Длина электродного узла составляла 150 мм, время нахождения контролируемого участка изоляции в электродном узле 10 мс, а скорость движения провода 900 м/мин. Дефектный участок изоляции каждого провода пропусклся

через электродный узел по 100 раз для каждого вида и величины испытательного напряжения. Величина напряжения изменялась от максимальной к минимальной. В качестве детектора дефекта использовался датчик максимального тока в цепи электродного узла. Чувствительность детектора устанавливалась для каждого вида испытаний отдельно и была максимально возможной, с которой при прохождении бездефектного участка изоляции через электродный узел в количестве 100 раз не происходило ни одного ложного срабатывания. Подобные испытания проводились еще для нескольких типов монтажных проводов и проводов кабелей связи. Результаты экспериментов были схожими с приведенными ниже.

Отличия требований стандартов заключается не только в величинах испытательных напряжений, но и в их зависимости от формы и частоты напряжений и типа изоляции. В стандарте ГОСТ 23286-78 нет зависимости величины испытательного напряжения от его формы и частоты, но есть разделение на резиновую и пластмассовую изоляцию. Испытательное напряжение указывается в амплитудных значениях. В стандарте В8 5099:2004 нет разделения по типам изоляции, но присутствует разделение по форме и частоте испытательного напряжения. Испытательное напряжение указывается в действующих значениях.

Список литературы

1. Стеблевская Л.А., Черневский И.Н. Исследование эффективности испытаний, изолированных жил и проводов аппаратами непрерывного контроля // Тр. ВНИИ кабельной промышленности. М.: ВНИИКП, 1974. С. 217-232.
2. ГОСТ 2990-78. Кабели, провода и шнуры. Методы испытания напряжением.
3. ГОСТ 23286-78. Кабели, провода и шнуры. Нормы толщин изоляции, оболочек и испытаний напряжением.
4. British standard BS 5099:2004. Electric cables - Voltage levels for spark testing.
5. British standard BS EN 50356:2002. Method for spark testing of cables.

УДК 621.86.067.2

*Хмыз Игорь**мастер холодильного цеха**ООО «Брянская мясоперерабатывающая компания «Царь-мясо», г. Брянск*

ИСПЫТАНИЕ ШНЕКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ЗЕРНА

Аннотация: Представлены результаты экспериментальных исследований шнекового транспортера-распределителя при заполнении емкостей различного назначения сыпучими материалами. Максимальное отклонение фактического распределения от линии тренда составляет не более 8 %.

Ключевые слова: шнековый транспортер-распределитель, коэффициент заполнения емкости, равномерность распределения материала.

TESTING OF THE SCREW CONVEYOR-DISTRIBUTOR OF GRAIN

HMYZ I.W.

Abstract: The results are presented of experimental researches of the screw conveyor-distributor when containers for various purposes are filled with loose materials. The maximum deviation of the actual distribution versus the trend line is not more than 8%.

Keywords: screw conveyor-distributor, fill capacity factor, uniformity of material distribution.

Введение. Перспективным устройством для загрузки зерном различных емкостей или хранилищ с максимальным коэффициентов заполнения их объема является шнековый транспортер-распределитель [1,2]. Шнековый транспортер-распределитель также может быть использован для обеспечения загрузки зернохранилища со встроенной гелиосушильной системой [3] и является штатным загрузочным устройством гелиосушилки-зернохранилища [4].

Ранее [1,2,5], был предложен шнековый транспортер-распределитель с формой высыпного отверстия, обеспечивающего равномерное распределение материала по всей длине заполняемой емкости (рис.1).

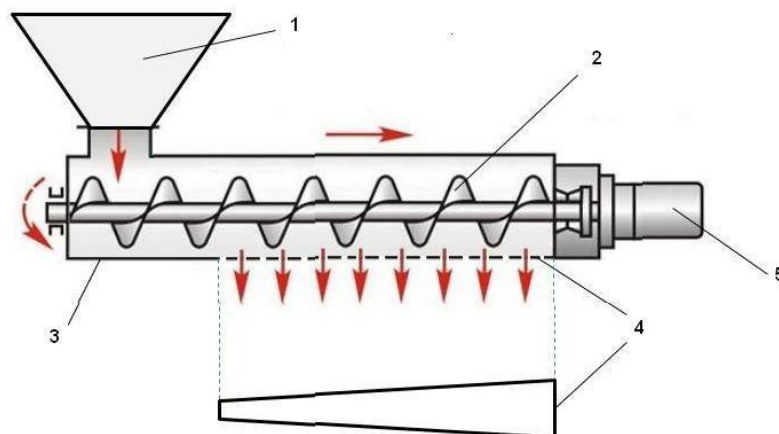


Рис. 1. Схема работы шнекового транспортера-распределителя
и форма высыпного отверстия

В результате теоретического исследования [2] была получена формула для расчета ширины высыпного отверстия по всей его длине:

$$b = \frac{0,0621 + \sqrt{0,0621^2 + 4 * 0,0144 * \frac{\rho_z f \pi R^2 l^2 n}{60 a L}}}{2 * 0,0144}, \quad (1)$$

где b – ширина высыпного отверстия; ρ_z – объемная плотность зерна; f – коэффициент заполнения межвиткового пространства шнека; R – радиус шнека; l – шаг шнека; n – частота вращения шнека; L – длина высыпного отверстия; a – длина участка просыпания зерна через высыпное отверстие в межвитковом пространстве.

Целью исследования является экспериментальная проверка равномерности распределения шнековым транспортером-распределителем материала по всей длине заполняемой емкости.

Материал и методика исследований. Для экспериментальной проверки была изготовлена экспериментальная установка (рис. 2).

Длина высыпного отверстия $L = 800$ мм. Ширина высыпного отверстия в два раза шире расчетного для обеспечения возможности ее изменения в процессе исследований.

Под высыпное отверстие вплотную установили две регулировочные пластины 4 (рис. 2), которые можно перемещать в одной плоскости относительно друг друга, создавая тем самым высыпное отверстие любой ширины с возможностью жесткой фиксации полученной формы.

Для загрузки зерна сверху установили загрузочный бункер 1, снизу которого находится задвижка 2 для его открытия и закрытия.

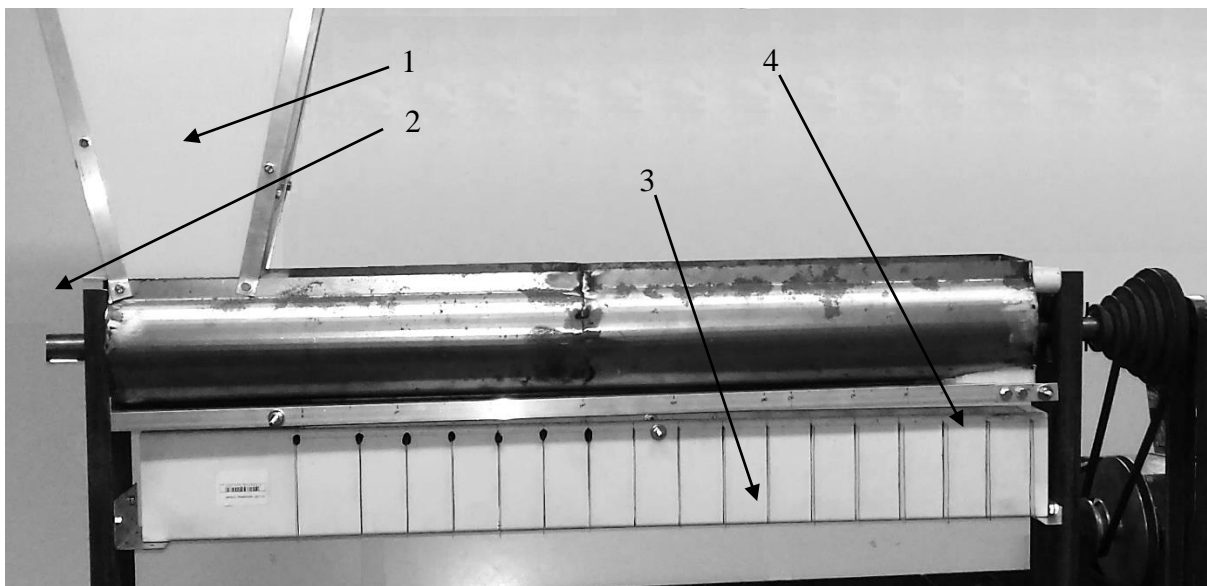


Рис. 2. Экспериментальная установка: 1 – бункер; 2 – задвижка; 3 – приемная емкость; 4 – регулировочные пластины

Под высыпным отверстием установлена приемная емкость 3 из пластиковой прямоугольной трубы, в которой на равном расстоянии установлены поперечные мембраны (разделительные пластины). Они делят приемную емкость по всей ее длине на 16 отсеков шириной 50 мм каждый.

При проведении эксперимента в бункер загружали зерно массой 2600 г.

Форма высыпного отверстия имеет трапецеидальный вид со следующими параметрами (рис. 3): $b_0 = 12,3$ мм, $b_{50} = 11,4$ мм, $b_{400} = 13,5$ мм, $b_{650} = 15,4$ мм, $b_{800} = 21,3$ мм, где под индексами числа b следует понимать расстояние в миллиметрах по длине высыпного отверстия.

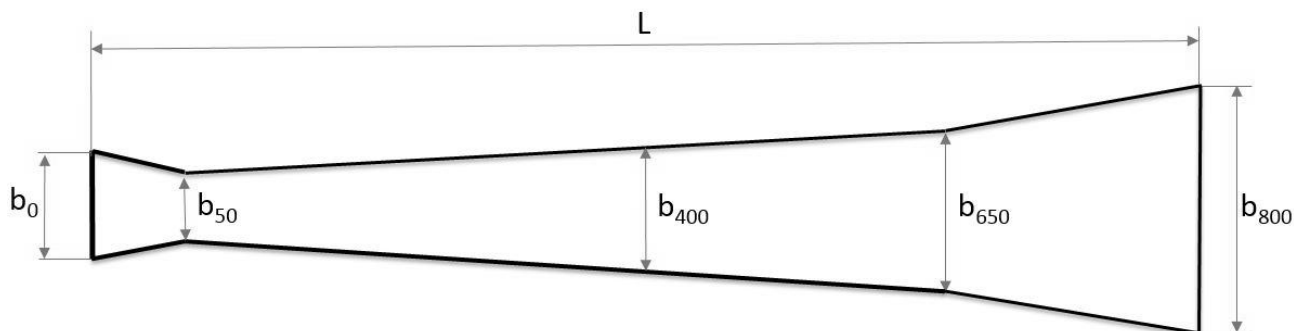


Рис. 3. Форма высыпного отверстия в экспериментальной установке

Результаты эксперимента и их обсуждение. После запуска установки открывается заслонка в загрузочном бункере и зерно, попадая на шнек, начинает перемещаться вдоль кожуха со скоростью 0,335 м/с. Зерно, проходя над высыпным отверстием, начинает просыпаться по всей длине отверстия, попадая в приемную емкость, разделенную на отсеки.

Затем зерно из каждого отсека приемной емкости взвесили и построили график распределения зерна по длине высыпного отверстия (рис. 4).

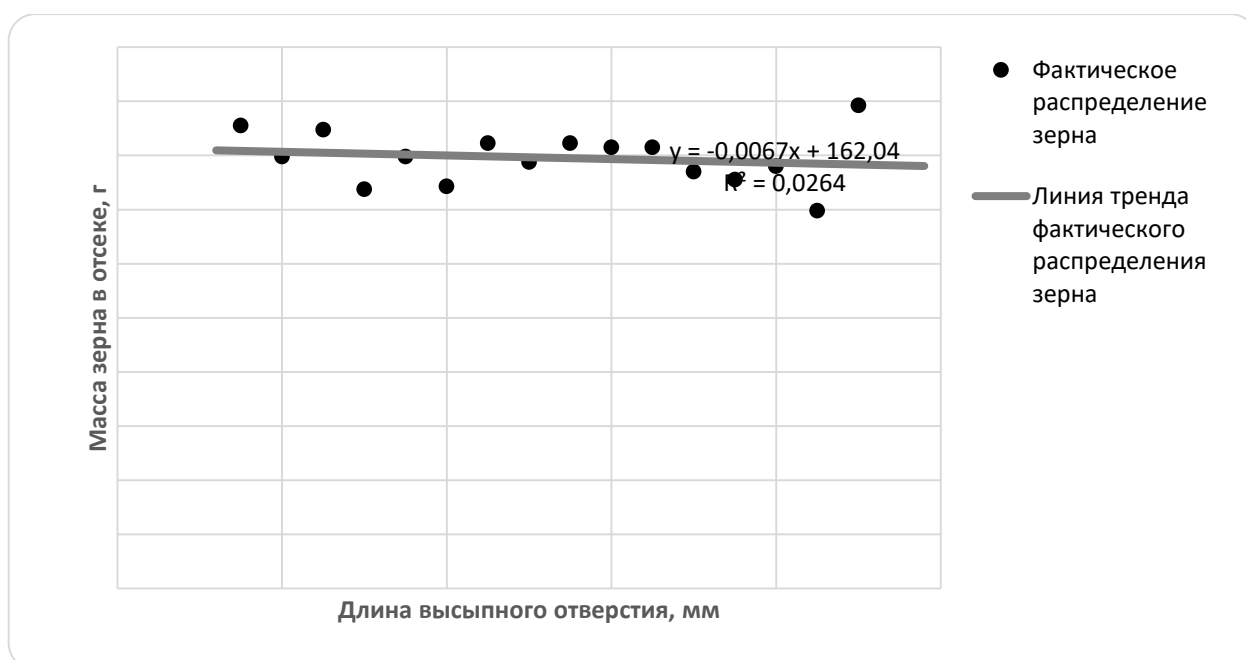


Рис. 4. Распределение зерна по длине высыпного отверстия

Из рис. 4 видно близкое совпадение фактического распределения зерна и линии тренда, отражающей полученное достаточно равномерное распределение зерна вдоль высыпного отверстия. Максимальное отклонение фактического распределения от линии тренда составляет не более 8 %.

Результаты эксперимента подтвердили адекватность теоретического определения формы высыпного отверстия.

Для визуальной оценки равномерности распределения зерна был проведен второй эксперимент с использованием узкой прозрачной приемной емкости (рис. 5) при следующих параметрах: масса зерна в загрузочном бункере 5000 г; параметры высыпного отверстия (см. рис. 4): $b_0 = 15,0$ мм, $b_{50} = 14,1$ мм, $b_{400} = 16,2$ мм, $b_{650} = 18,1$ мм, $b_{800} = 24,0$ мм.

На рис. 5 хорошо видно равномерное распределение зерна по всей длине приемной емкости за исключением начального и конечного отрезков, что объясняется параболической траекторией движения зерна, которое в начале высыпного отверстия по инерции распределяется правее. Вид последнего отрезка очевиден: то, что «не догрузилось» в начале, высыпалось в конце.

Загрузка зерна на наклонные лотки [6] также показала работоспособность предлагаемой конструкции (рис. 6).

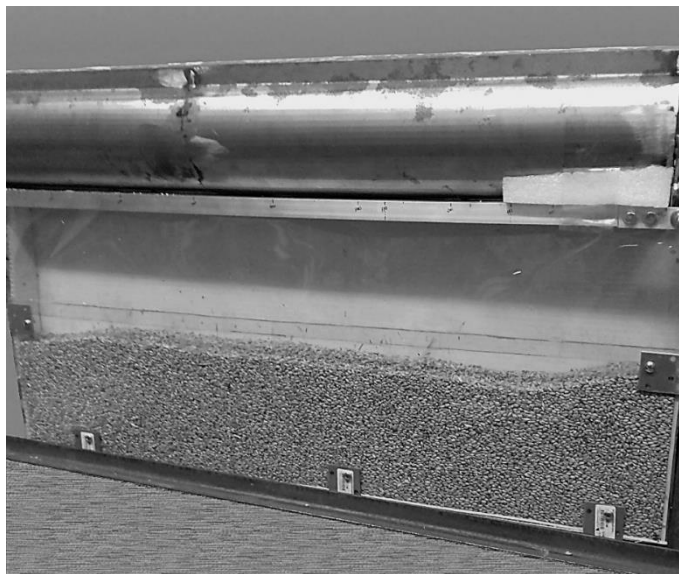
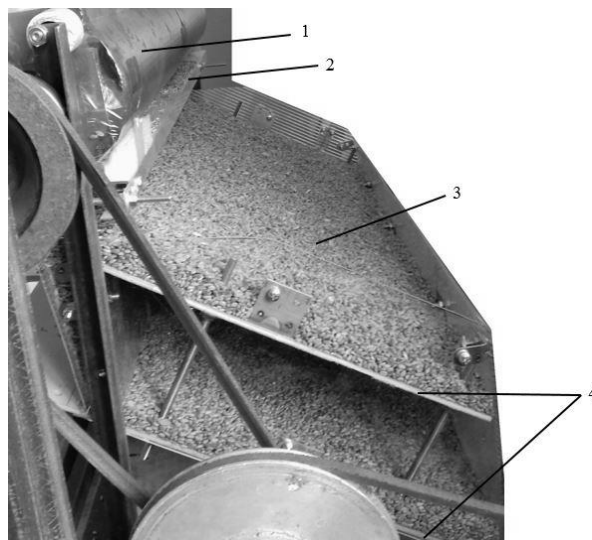


Рис. 5. Распределение зерна в узкую прозрачную приемную емкость (перемещение зерна в шнеке слева направо)

Рис. 6. Загрузка наклонный лотков:

- 1 - кожух шнека;
- 2 - пластины регулировки ширины высыпного отверстия;
- 3 - зерно;
- 4 - наклонные лотки



Выводы. Таким образом, проведенные эксперименты подтвердили работоспособность и обеспечение требуемых качественных показателей шнековым транспортером-распределителем.

Список литературы

1. Бычков И.Е., Купреенко А.И., Исаев Х.М. К обоснованию конструктивно-режимных параметров шнекового транспортера-распределителя // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. работ. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 56-62.

2. Бычков И.Е. К обоснованию формы высыпного отверстия шнекового транспортера-распределителя // Science, Technology and Life – 2017: Proceedings of articles the IV International scientific conference 24-25 December. Czech Republic, Karlovy Vary: Russia, Moscow, 2017. С.18-28.

3. Устройство для загрузки емкости сыпучим материалом: пат. 169064 Рос. Федерация: МКИЗ В65G 65/32 / Купреенко А.И., Бычков И.Е., Исаев Х.М.; заявитель и патентообладатель Брянский ГАУ. - № 2016128176; заявл. 11.07.16; опубл. 02.03.17, Бюл. № 7.

4. Обоснование ширины высыпного отверстия шнекового транспортера-распределителя / И.Е. Бычков, А.И. Купреенко, Т.В. Бычкова, Х.М. Исаев // Тракторы и сельхозмашины. 2018. № 6. С. 40-44.

5. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Байдаков Е.М. Конструкция зернохранилища со встроенной гелиосушильной системой // Конструирование, использование и надежность машин с.-х. назначения: сб. науч. работ. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ. С. 3-7.

6. Гелиосушилка: пат. 159524 Рос. Федерация: МКИЗ F26B 9/06, F26B 3/28 / Чащинов В.И., Купреенко А.И., Исаев Х.М., Байдаков Е.М., Ченин А.Н.; заявитель и патентообладатель Брянский ГАУ. - № 2015132774/06; заявл. 05.08.15; опубл. 10.02.16, Бюл. № 4.

УДК 504.53:332.33

Чолак Екатерина Михайловна
магистрант

Валяева Анна Михайловна
магистрант

Байдакова Елена Валентиновна
научный руководитель,

Брянский государственный аграрный университет

**МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ И РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА, В ТОМ ЧИСЛЕ
МЕРОПРИЯТИЯ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ
ИЛИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ УЧАСТКОВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА**

Аннотация. Основной задачей является разработка мероприятий, снижающих отрицательное воздействие при строительстве на окружающую среду. Описываются основные факторы воздействия на природную среду и среду обитания человека, обусловленные деятельностью объекта.

В статье приведены:

- характеристики источников загрязнения атмосферы и анализ влияния выбросов загрязняющих веществ из этих источников на атмосферный воздух;
- сведения об образовании и количестве ожидаемых отходов.

**MEASURES FOR THE PROTECTION AND RATIONAL USE OF LAND
RESOURCES AND SOIL COVER, INCLUDING MEASURES
FOR THE RECLAMATION OF DISTURBED OR CONTAMINATED SITES
AND SOIL COVER**

COLAK E.M., VALYAEVA A.M., BAYDAKOVA E.V.

Summary. The main task is to develop measures to reduce the negative impact of construction on the environment. The main factors of influence on the natural environment and human habitat caused by the activity of the object are described.

The article presents:

- characteristics of sources of atmospheric pollution and analysis of the impact of emissions of pollutants from these sources on the air;
- information on the formation and amount of expected waste.

Воздействие объекта на территорию и условия землепользования прогнозируется во время проведения строительных работ. В настоящее время территория строительства представляет собой задернованные балки.

Охрана земель от воздействия объекта.

Воздействие строительно-монтажных работ на почвы вблизи территории расположения строящегося объекта возможно в следующих случаях:

Загрязнение грунтов маслами топливом автомобилей и строительных машин на строительных площадках.

Для снижения уровня такого загрязнения заправка автомобилей и других самоходных строительных машин и механизмов топливом, маслами должна производиться на стационарных и передвижных заправочных пунктах в специально отведенных местах. Заправка стационарных машин и механизмов с ограниченной подвижностью производится автозаправщиками. Заправка во всех случаях должна производиться только с помощью шлангов, имеющих затвор у выпускного отверстия. Применение ведер и других видов открытой посуды для заправки не допустимо. На стройплощадке должен быть организован сбор отработанных масел с последующей отправкой их на регенерацию в специализированную организацию. Слив масел на растительный и почвенный покров запрещается.

Загрязнение территории вблизи временной базы строительным мусором и бытовыми отходами.

В целях снижения загрязнения окружающей среды следует располагать временные производственные и бытовые сооружения в единых комплексах. В рабочей зоне предусмотрена установка передвижных бытовых помещений вагонного типа. У бытовых помещений устанавливаются контейнеры для сбора мусора, периодически вывозимого в места утилизации.

Технология производства строительных работ не предполагает использования каких-либо химических соединений, которые могли бы в случае аварии оказать непоправимые последствия на прилегающую территорию.

В процессе работ следует выполнять следующие мероприятия по охране окружающей среды:

- доставку бетона на объект следует осуществлять автобетоносмесителями, что исключает запыленность воздуха и загрязнение грунта, сопровождающих процесс приготовления бетона;

- перевозка и хранение сыпучих, пылящих материалов осуществляется в контейнерах и специальных транспортных средствах;

- строительный мусор вывозится на специализированную свалку, при этом необходимо принять меры против возможного запыления воздуха (пологи, специальные емкости и т.п.);

- хозяйственно-бытовые отходы из бытовых помещений собираются в контейнеры для сбора мусора и периодически вывозятся на полигон ТБО;

Рекультивация нарушенных земель. Охрана и рациональное использование почвенного слоя.

При строительстве предполагается выполнение земляных работ. С целью сохранения плодородного слоя почвы разработка грунта ведется только после снятия (срезки) плодородного слоя почвы (ПСП) в соответствии с ГОСТ 17.4.3.02-85 (2003) «Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ». Мощность снимаемого плодородного и потенциально-плодородного слоев почвы установлена на основе Приложения 1 ГОСТ 17.5.3.06-85 «Охрана природы. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ». При

определении мощности снятия ЛСП учитывалась мощность гумусового горизонта, морфологическое строение почвенного профиля и содержание гумуса у нижней границы снятия. Рельеф участка снятия ПСП позволяет провести работы механизированным способом.

Мощность снятия ПСП м с учетом механизированного способа снятия составляет 0,5-1,2 м. Почвенный слой под гидротехническими сооружениями, плотиной снимается на полную мощность. Ширина снятия ПСП определяется размерами сооружений.

Плодородный слой почвы перемещается во временные отвалы и кавальеры, соответствующие требованиям ГОСТ 17.5.3.04-83. В дальнейшем ПСП подсыпается на откосы плотины, оставшийся грунт разравнивается по берегам проектируемых прудов.

Отвод временно занимаемых земельных участков под сооружения и полосу отвода не требует согласования, т.к. они находятся в пользовании у АПХ «Мираторг».

При рекультивации производится разравнивание грунта, подсыпка ям и понижений, общая планировка участка. Рекультивация нарушенных земель производится надвижкой растительного грунта на нарушенные участки слоем не менее 50 см с последующим его разравниванием на территории.

Приемку рекультивированных участков с выездом на место осуществляет рабочая комиссия, состоящая из представителей заинтересованных организаций (Заказчик, эксплуатирующая организация). В работе комиссии принимают участие представители юридических лиц или граждане, сдающие и принимающие рекультивированные земли, а также при необходимости специалисты подрядных и проектных организаций.

При приемке рекультивированных земельных участков, затронутых строительством, рабочая комиссия проверяет: качество планировочных работ; полноту выполнения требований экологических, санитарно-гигиенических, строительных и других нормативов, стандартов и правил в зависимости от вида нарушения почвенного покрова и дальнейшего целевого использования.

Восстановление и благоустройство территории после завершения строительства объекта.

По окончании строительных работ на строительной площадке производится:

- удаление всех временных устройств и сооружений;
- при необходимости засыпка, послойное трамбование и выравнивание рытвин и ям, возникших в процессе строительных работ.

В целях создания благоприятной экологической обстановки и контроля за образующимися отходами производства и потребления, вокруг строительной площадки проектом предусматриваются следующие мероприятия:

- складирование отходов, строительных материалов и конструкций на специально отведенных участках в специальных контейнерах;
- удаление строительного мусора только в таре;
- запрещение сжигания отходов, остатков материалов;

- соблюдение технических требований при транспортировке, хранении и применении строительных материалов (органические растворители, лаки, синтетические краски и др.);
- организация безопасной заправки и сбора отработанных масел строительной техники на специальной площадке;
- организация места на строительной площадке для установки контейнеров для сбора и временного хранения отходов строительного производства;
- запрещение организации свалок под отходы строительного производства и слив загрязнений на строительной площадке;
- уменьшение скорости движения транспорта.

Список литературы

1. 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.
2. 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.
3. Байдакова Е.В., Ляхова Л.А. Выбор оптимальных трудовых мероприятий в мелиорации // Проблемы природообустройства и экологической безопасности: материалы XVI межвуз. науч.-практ. конф. Брянск, 2003. С. 47-49.
4. Кровопускова В.Н., Байдакова Е.В. Правовой режим водоохраных зон // Актуальные проблемы экологии: материалы междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2017. С. 42-46.
5. Байдакова Е.В. Мероприятия, ускоряющие поверхностный, внутрипочвенный и грунтовый сток // Проблемы энергетики и природопользования. вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2010. С. 25-28.
6. Природообустройство Полесья. Кн. 4. Полесья Юго-Западной России / М.Н. Абадонова, Л.Н. Анищенко, Л.М. Ахромеев, Е.В. Байдакова, Н.М. Белоус, А.Д. Булохов, В.Ф. Василенков, С.В. Василенков, В.Т. Демихов, Ю.А. Ключев, Г.В. Лобанов, О.В. Мельникова, Н.Н. Панасенко, С.Н. Поцепай, И.Л. Прокофьев, Е.В. Просяников, Ю.А. Семенищенков, М.В. Семьшев, В.Е. Ториков, А.В. Харин и др. Рязань, 2019.
7. Опыт организации рационального использования земель сельскохозяйственного назначения в крупных агрохолдингах брянской области / В.Е. Ториков, Е.П. Чирков, Н.А. Соколов, Е.Я. Лебедев, О.М. Михайлов, Т.В. Иванюга; под ред. Н.М. Белоуса. Брянск, 2014.

УДК 697.92:636

*Шкуратов Григорий Вячеславович**преподаватель**Брянский государственный аграрный университет*

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЕНТИЛЯЦИОННО-ОТОПИТЕЛЬНОЙ ПАНЕЛИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Аннотация: В статье приведены результаты испытания опытного образца вентиляционно-отопительной панели как составной части системы естественной вентиляции животноводческих помещений крупного рогатого скота.

Ключевые слова: вентиляционно-отопительная панель, естественная вентиляция коровника

HEAT ENGINEERING PROPERTIES OF THE VENTILATION AND HEATING PANEL OF A LIVESTOCK BUILDING

SHKURATOV G. V.

Abstract: The article presents the test results of the ventilation and heating panel prototype as part of the system of natural ventilation of livestock buildings for cattle.

Keywords: ventilation and heating panel, natural ventilation, microclimate.

Введение. Для ферм крупного рогатого скота применяется в основном система естественной вентиляции производственных помещений на базе приточно-вытяжных каналов в крыше или штор на боковых стенах. Однако они обладают рядом недостатков: отсутствие подогрева приточного воздуха, повышенная запыленность и др. Устранить эти недостатки позволяет система естественной вентиляции на базе вентиляционно-отопительных панелей [3,4,5,6,7]. Однако требуется производственная проверка работоспособности данной системы.

Материал и методика исследований. Для оценки эффективности использования вентиляционно-отопительной панели был изготовлен опытный образец панели. Эффективность данного образца проверялась на базе метеорологической станции Брянского государственного аграрного университета [1, 2]. Для проведения производственных испытаний вентиляционно-отопительная панель была установлена на молочном комплексе «Горицы» (рис. 1).

В панели были установлены датчики температуры с выводом данных замеров на ноутбук через измеритель-регулятор температуры ТРМ-138. Наличие четырех заслонок на входе и выходе приточно-выходных каналов позволяло испытывать панель в различных режимах.



Рис. 1. Опытный образец вентиляционно-отопительной панели

Результаты эксперимента и их обсуждение. Благоприятным фактом оказалось наличие обратной тяги в образце. Данное направление движения воздуха наблюдалось в пасмурную погоду, когда тепловоспринимающая поверхность незначительно прогревалась и не могла создать достаточное давления внутри образца для естественной конвекции в атмосферный воздух. Интересным фактом является то, что при режиме вентиляции с подогревом, в пасмурную погоду, направление движения воздуха не нарушалось, и он также поступал в нижний наружный канал и выходил в верхний, т.е. в коровник. В солнечную теплую погоду, когда животных нужно избавлять от излишней теплоты и влаги, испытывался режим удаления избыточной влаги и теплоты (рис. 2).

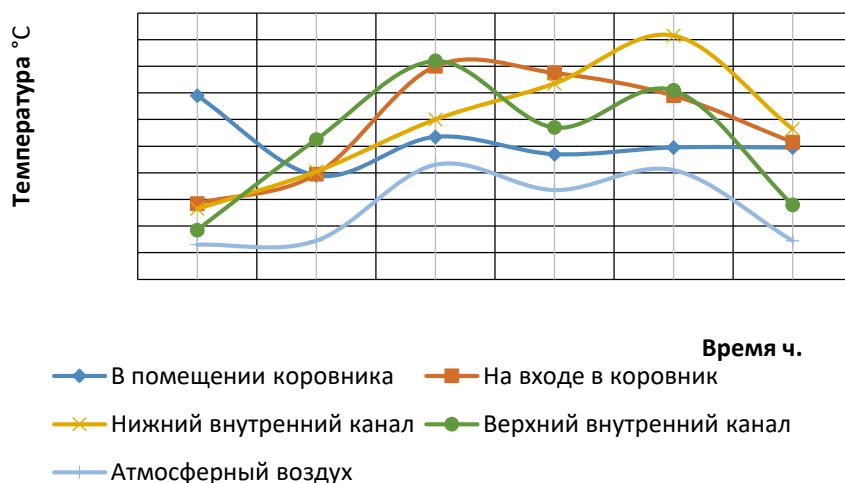


Рис. 2 - Изменение температуры в режиме вентиляции с удалением избыточной влаги и теплоты

Из рис. 3 видно, что при увеличении температуры растёт и скорость движения воздуха, несмотря на то, что движение атмосферного воздуха незначительное. Нужно отметить и тот факт, что скорость движения воздуха на входе в коровник не превышала значения вредных сквозняков в 1 м/с.

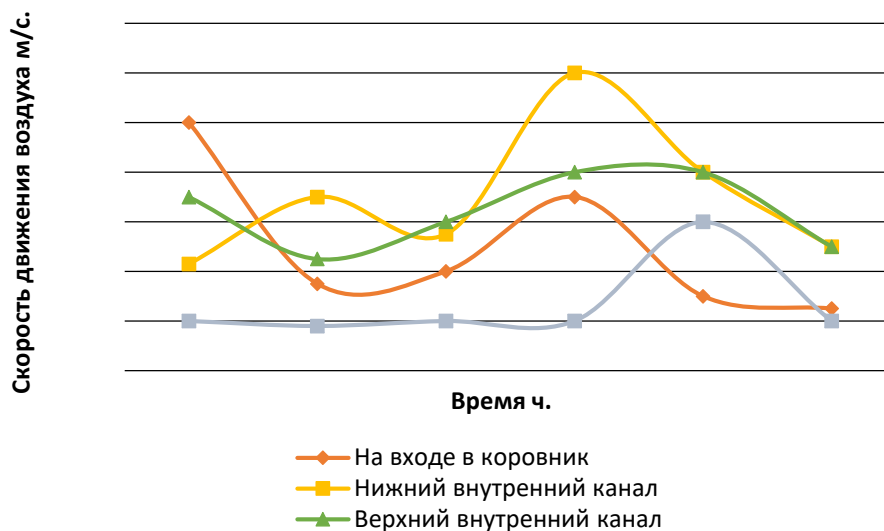


Рис. 3 - Изменение скорости движения воздуха в режиме вентиляции с удалением избыточной влаги и теплоты

Анализ данных рис. 4 показывает, что даже в пасмурную, снежную погоду и температуре наружного воздуха 0°C , вентиляционно-отопительная панель подогревала поступающий воздух в среднем на $3...4^{\circ}\text{C}$.

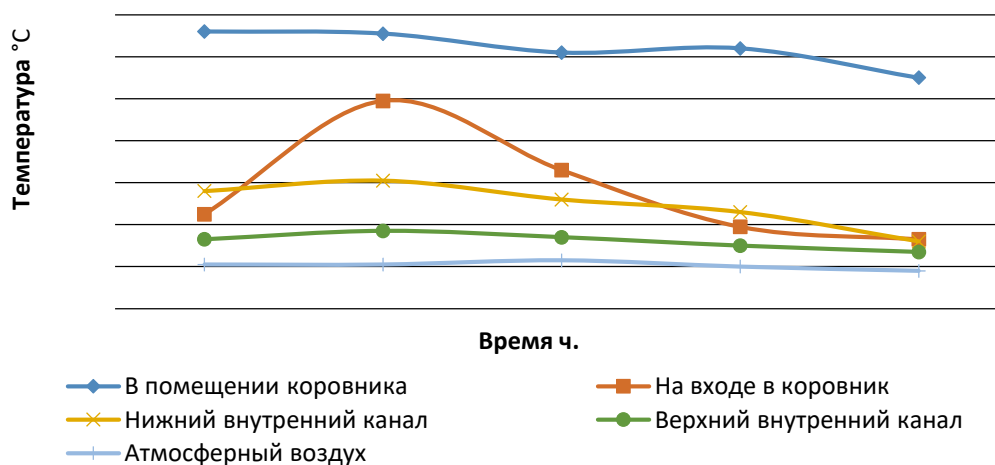


Рис. 4 - Изменение температуры в режиме обратной тяги

Из рис. 5 видно, что при незначительном прогреве воздуха внутри панели и достаточно сильном ветре около 4 м/с, скорость воздуха на входе в коровник была равномерной и составляла в среднем 0,5 м/с, что так же не превышало 1 м/с и не допускало сквозняков, которые неблагоприятно влияют на животных.

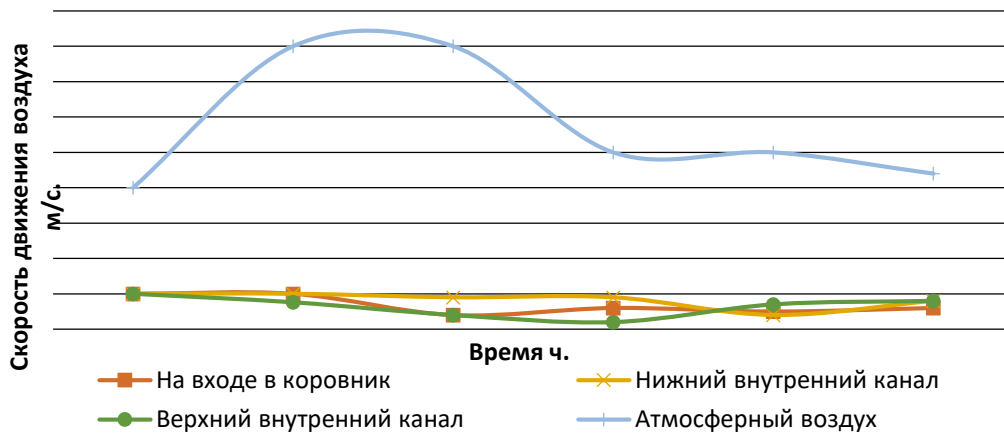


Рис. 5 - Изменения скорости движения воздуха в режиме обратной тяги

Выводы. Таким образом, производственные испытания вентиляционно-отопительной панели показали ее работоспособность в различных режимах естественной вентиляции при дополнительном технологическом эффекте - подогреве приточного воздуха.

Список литературы

1. Купреенко А.И., Шкуратов Г.В. Вентиляционно-отопительные панели как основа обеспечения микроклимата животноводческих помещений // Конструирование, использование и надежность машин с.-х. назначения // сб. науч. работ. междунар. науч.-техн. конф. Брянск: Изд. Брянская ГСХА, 2013. С. 7-13.
2. Купреенко А.И., Шкуратов Г.В. Результаты испытания вентиляционно-отопительной панели для животноводческих помещений / Вестник Брянской ГСХА. 2014. № 3. С. 12-16.
3. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Шкуратов Г.В. Тепловой баланс вентиляционно-отопительной панели // ВНИИМЖ. 2016. № 4 (24). С. 24-27.
4. К определению температуры нагрева объекта теплового воздействия в гелиоустановках / А.И. Купреенко, В.Ф. Комогорцев, Х.М. Исаев, А.Н. Ченин, Г.В. Шкуратов // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 3. С. 20-22.
5. Уравнение теплового баланса воздушного гелиоколлектора с аккумулятором теплоты / А.И. Купреенко, В.Ф. Комогорцев, Х.М. Исаев, А.Н. Ченин, Г.В. Шкуратов // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 4. С. 33-36.
6. Купреенко А.И., Шкуратов Г.В. К определению теплотехнических характеристик вентиляционно-отопительной панели // Вестник Всерос. науч.-исслед. ин-та механизации животноводства. 2015. № 4 (20). С. 209-211.
7. Купреенко А.И., Шкуратов Г.В. Вентиляционно-отопительная панель в системе естественной вентиляции животноводческих помещений // Вестник ВНИИМЖ. 2014. № 4 (16). С. 126-129.
8. Белоус Н.М., Ториков В.Е. Концепция развития животноводства брянской области // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3-2. С. 59-63.

УДК 621.319.3

*Яковенко Николай Иванович**канд. техн. наук, доцент**Завялов Игорь Сергеевич**магистрант**Лапик Павел Владимирович**магистрант**Брянский государственный аграрный университет*

ТЕПЛОВЫЕ ПОТОКИ АСИНХРОННЫХ КОРОТКОЗАМКНУТЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация: в работе рассмотрена распределение потерь энергии в рабочих режимах асинхронных короткозамкнутых электродвигателей по каталожным данным

Ключевые слова: нагрев, потери энергии в активных частях, асинхронный электродвигатель

HEAT FLOWS OF ASYNCHRONOUS SQUIRREL-CAGE ELECTRIC MOTORS

YAKOVENKO N. I., ZAVYALOV I.S., LAPIK P.V.

Abstract: the paper considers the distribution of energy losses in the operating modes of asynchronous short-circuited electric motors based on catalog data

Keywords: heating, energy losses in active parts, asynchronous electric motor

Благодаря удобству передачи на большие расстояния и легкости преобразования переменный ток успешно стал стандартом электроснабжения.

В любом электродвигателе есть две основные составляющие – неподвижный статор, закрепляемый на станине, и вращающийся ротор, через вал которого осуществляется передача механической энергии.

В сфере же производства электродвигателей его способность возбуждать переменное магнитное поле в статоре и соответственно индуцировать ток в короткозамкнутой обмотке ротора позволила создать асинхронные электродвигатели. В этом типе двигателей единственным испытывающим трение узлом остаются коренные подшипники ротора.

Ротор такого электродвигателя – это металлический цилиндр, в пазы которого под углом к оси вращения запрессованы или залиты токопроводящие жилы, на торцах ротора объединенные кольцами в одно целое (это скос пазов – для уменьшения магнитного тяжения). Переменное магнитное поле статора возбуждает в роторе, напоминающем беличье колесо, противоток и, соответственно, отталкивающее его от статора магнитное поле.

Трехфазный асинхронный электродвигатель – наиболее совершенный тип

асинхронного электродвигателя, так как в нем появляется возможность легкого реверса – изменение порядка включения фазных обмоток изменяет направление вращения магнитного поля, а соответственно и ротора

Преобразование электрической энергии в механическую обосновывается следующими положениями теоретической электротехники [5,10-12].

Во-первых: - при протекании переменного электрического тока по проводнику, вокруг него возникает переменное магнитное поле, направление магнитных силовых линий которого, определяется по правилу правого винта. Для получения большей магнитной индукции обмотка АД выполняется из многих проводников.

Во-вторых: - для получения вращающегося магнитного поля в пазах магнитопровода статора располагают три статорные обмотки, начала и концы которых, смещены друг относительно друга, на 120 угловых градусов. Эти обмотки запитываются от трехфазной сети, в которой электрические токи фаз смещены во времени на 120 электрических градусов.

В-третьих: - в обмотке ротора переменным вращающимся магнитным полем статора, в соответствии с основным законом электромагнитной индукции $e = -\frac{\partial \Phi}{\partial t}$, наводится электродвижущая сила, в результате действия которой в обмотке ротора индуцируется вторичный электрический ток.

В-четвертых: - взаимодействие магнитного поля статора (с магнитной индукцией B) током в обмотке ротора – возникает вращающий момент (по закону Ампера)

$$F = B \cdot I \cdot L \cdot \sin \alpha ,$$

где - F - сила Ампера (сила, с которой проводники (статора и ротора) притягиваются или отталкиваются);

- I - ток в обмотке ротора;

- L - длина проводника (в АД – длина пакета статора (ротора)) ;

- α - угол между направлением тока и направлением вектора магнитной индукции B .

Под действием силы Ампера ротор приходит во вращение в направлении вращения магнитного поля статора.

Так как в магнитное поле характеризуется обязательным наличием пары полюсов (северный и южный), катушки статорных обмоток могут иметь схемы соединений в результате которых получаем одну, две, три, четыре и более пар магнитных полюсов ($p = 1,2,3,4,\dots$).

Вследствие этого скорость вращения магнитного поля статора определяется по формуле

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} ,$$

Т.е. 3000, 1500, 1000, 750, ... оборотов в минуту.

При протекании электрического тока по проводникам статора и ротора внутри проводящих сред повышается внутренняя энергия, а, следовательно, и

температура активных частей электрооборудования.

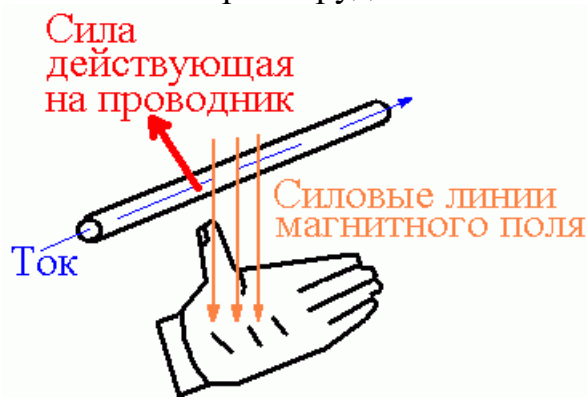


Рис. 1. Определение направления действия силы Ампера

Повышение температуры ограничивается классом нагревостойкости используемых изоляционных материалов, рабочая температура которых должна не превышать допустимую, в реальных эксплуатационных режимах.

Потери энергии в асинхронном двигателе рассмотрим при помощи его энергетической диаграммы (рис. 2).

На диаграмме P_1 - мощность, подводимая к статору двигателя из сети, P_2 - отдаваемая мощность, преобразованная во вращающий момент нагрузки.

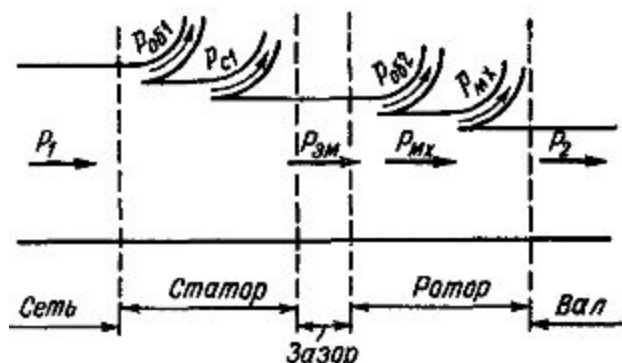


Рис. 2. Энергетическая диаграмма двигателя

Отношение $\frac{P_2}{P_1} = \eta$ есть коэффициент полезного действия асинхронного электродвигателя. Для номинального режима работы значение номинального η - указывается в каталогах и на табличке паспортных данных конкретного АД. Следовательно, по паспортной номинальной мощности может быть определена потребляемая мощность $P_1 = \frac{P_2}{\eta}$, и, соответственно, суммарная мощность всех потерь $\Sigma P = P_1 - P_2$. Составляющие эти потерь:

электрические потери в статорной обмотке - $P_{эл1} \cong 0,5 \cdot \Sigma P$;

электрические потери в обмотке ротора - $P_{эл2} \cong 0,2 \cdot \Sigma P$;

суммарные потери на перемагничивание в статоре и роторе - $P_{с1} \cong 0,18 \cdot \Sigma P$;

потери на трение о внутренний воздух и подшипниках - $P_{мех} \cong 0,07 \cdot \Sigma P$;

потери добавочные всегда берутся равными $P_{доб} \cong 0,05 \cdot \Sigma P$.

В результате потери энергии, идущие на нагрев в активных частях в асинхронном короткозамкнутом электродвигателе, могут составить (88 ÷ 92)% от суммарных потерь энергии в конкретном АД. Значения отдельных составляющих потерь представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатель	АИР100S2	АИР100S4	АИР112М4	АИР132М6
P_2	4	3	5,5	7,5
I_H	8,4	7,2	11,3	16,5
η	84,2	82,6	85,7	86
$\cos\varphi$	0,88	0,82	0,86	0,81
I_{II}/I_H	7,5	7	7	7
G	30	34	45	82
P_1 , кВт	4,75	3,66	6,42	8,72
ΣP , Вт	750	660	920	1220
$P_{эл1} \cong 0,5 \cdot \Sigma P$, Вт	375	330	460	610
$P_{эл2} \cong 0,2 \cdot \Sigma P$, Вт	150	132	184	244
$P_{ст} \cong 0,18 \cdot \Sigma P$, Вт	135	118,8	165,6	219,6

Теплопроводность	$\frac{Вт}{м \cdot град}$	Теплоемкость $\frac{Дж}{кг \cdot град}$
Меди	389,6	380
Алюминий	209,3	920
Железо	74,4	460
Сталь	45,4	500

Теплоемкость меди означает, что для нагревания 1 кг меди на 1 °С необходимо 380 Дж энергии (вода 1 л – 4200 Дж).

Анализ теплового состояния должен проводиться с учетом реальных эксплуатационных режимов работы исполнительных электродвигателей.

Список литературы

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. ГОСТ 30804.4.30-2013. Методы измерений показателей качества электрической энергии.
3. Алексаян И.Э., Безик В.А. Анализ состава и состояния электрооборудования сельскохозяйственных потребителей Рославльского района Смоленской области // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 7-11.
4. Безик В.А. Структура средств защиты электроустановок // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. Брянск, 2012. С. 22-28.

5. Потери энергии и КПД асинхронных двигателей / Н.И. Яковенко, В.В. Ковалев, И.С. Завялов, П.В. Лапик // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2020. С. 192-197.

6. Безик В.А., Маркарянц Л.М. Особенности настройки комбинированного устройства защиты электрооборудования // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сб. науч. тр. факультета энергетике и природопользования. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 47-55.

7. Безик В.А., Белькевич А.Р. К вопросу применения частотного регулируемого электропривода в тягодутьевых механизмах // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф., 27-28 апреля 2019 г. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. С. 31-34.

8. Волков Н.Г. Качество электроэнергии в системах электроснабжения: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. 152 с.

9. Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Муравлев А.И. Качество электроснабжения промышленных потребителей: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. 89 с.

10. Правила устройства электроустановок. 6-е изд. М.: КНО-РУС, 2012. 488 с.

11. Устройство защиты от поражения электрическим током в линии, питающей электродвигатель / В.А. Безик, Л.М. Маркарянц, Д.А. Безик, М.М. Иванюга, В.В. Ковалев, А.В. Жиряков // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природопользования: материалы IX междунар. науч.-техн. конф., 23-24 сентября 2015 г. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2015. С. 11-14.

12. 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.

УДК 621.313.333

*Яковенко Николай Иванович**канд. техн. наук, доцент,**Лапик Павел Владимирович**магистрант**Комаров Данил Сергеевич**магистрант**Брянский государственный аграрный университет*

О НАГРЕВЕ ОБМОТКИ СТАТОРА ПРИ ПУСКЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация: в работе рассмотрена математическая модель нагрева обмотки статора в пусковом процессе (считая процесс нагрева пусковым током – адиабатическим)

Ключевые слова: нагрев, математическая модель, пусковой процесс, график пускового тока, адиабатный нагрев

ON HEATING THE STATOR WINDING WHEN STARTING AN ASYNCHRONOUS MOTOR

YAKOVENKO N. I., LAPIK P. V., KOMAROV D.S.

Abstract: the paper considers a mathematical model of heating the stator winding in the starting process (considering the process of heating by the starting current as adiabatic)

Keywords: heating, mathematical model, starting process, starting current graph, adiabatic heating

В большинстве случаев асинхронные двигатели включаются прямым включением в сеть. В статорной цепи двигателя замыкаются контакты электромагнитного пускателя, обмотки подключаются к линейному напряжению сети, возникает вращающееся электромагнитное поле, и привод начинает работать.

Конечно, при этом происходит пусковой бросок тока, превышающий номинальное значение в пять-семь раз. И длительность этого броска зависит от продолжительности пуска, то есть от мощности двигателя. Чем больше мощность двигателя, тем большее время требуется ему для разгона и тем длительнее будет воздействие повышенного тока на питающую сеть и статорную обмотку [7-8].

Время пуска электродвигателя без учета нагрузки и массы приводимого механизма равно 0,2 – 0,3 сек.

Время пуска электродвигателя с увеличением нагрузки на валу и массы механизма увеличивается, однако обычно не превышает 1 - 2 сек. Во время разгона электродвигатель потребляет из сети ток в 6 - 7 раз больше номинального (для асинхронных двигателей малой и средней мощности), поэтому количество пусков в час для каждой системы двигатель - механизм ограничено. При слишком частом пуске обмотка электродвигателя перегревается и может выйти из строя.

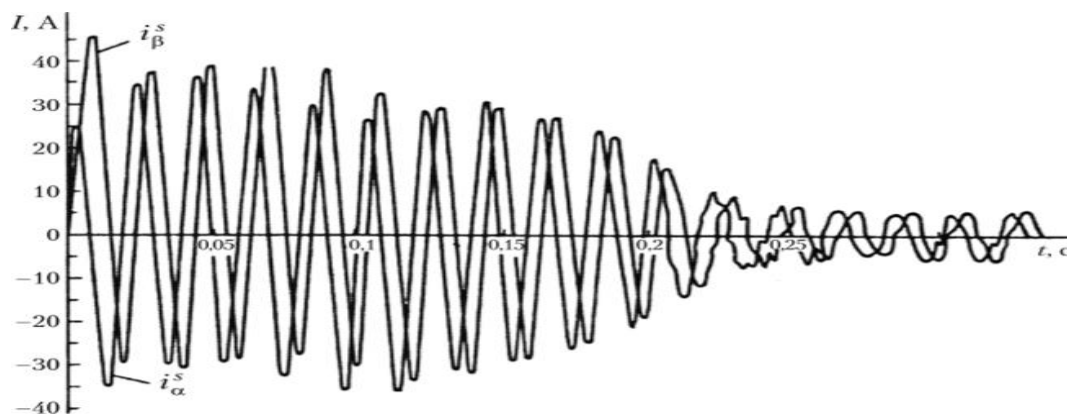


Рис.1. Изменение токов в статоре при пуске

Для асинхронного короткозамкнутого электродвигателя рассмотрим математическую модель нагрева статорной обмотки (считая процесс нагрева пусковым током – адиабатическим) [5,6]. Адиабатными называют тепловые процессы, в которых отсутствует обмен между нагреваемым объектом и окружающей средой – все выделяющееся тепло идет на повышение температуры самого объекта.

Тогда уравнение теплового баланса между выделившейся, за время пуска, в обмотке потерями электрической энергии ($P = I^2 \cdot R$) и растраченные на её нагрев ($C \cdot M$) имеет вид:

$$P dt = C \cdot M d\vartheta \text{ или } d\vartheta = \frac{P}{C \cdot M} dt, \quad (1)$$

где C - удельная теплоемкость материала обмотки статора,

M - масса обмотки статора,

R - сопротивление обмотки,

ϑ - превышение температуры.

При больших температурах изменение сопротивления и удельной теплоемкости необходимо учитывать. Тогда,

$$R = \rho_0 \cdot \frac{l}{S} \cdot k_d = \rho_0 \cdot \frac{l}{S} \cdot k_d \cdot (1 + \alpha \cdot \vartheta) \text{ и } P = I^2 \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot k_d \cdot (1 + \alpha \cdot \vartheta), \quad (2)$$

где k_d — коэффициент дополнительных потерь;

ρ_0 — удельное сопротивление при 0 °С;

α — температурный коэффициент сопротивления материала проводника;

l — длина проводника;

S — сечение проводника.

Зависимость удельной теплоемкости от температуры может быть выражена уравнением: $C = C_0 \cdot (1 + \beta \cdot \vartheta)$,

где C_0 — удельная теплоемкость при 0°С; (β — температурный коэффициент теплоемкости).

Масса проводника может быть определена выражением: $M = S \cdot l \cdot \gamma$,

где S и l — сечение и длина проводника;

γ — удельный вес материала проводника.

Окончательно получим:

$$\frac{I^2}{S^2} \cdot dt = \frac{C_0 \cdot \gamma \cdot (1 + \beta \cdot \vartheta)}{k_D \cdot \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \vartheta)} \cdot d\vartheta \quad (3)$$

и проинтегрировав

$$\int_0^{t_{II}} \frac{I^2}{S^2} \cdot dt = \int_{\vartheta_H}^{\vartheta_K} \frac{C_0 \cdot \gamma \cdot (1 + \beta \cdot \vartheta)}{k_D \cdot \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \vartheta)} \cdot d\vartheta, \quad (4)$$

где t_{II} — длительность протекания пускового тока;

ϑ_H — температура обмотки до начала пускового режима (температура рабочего режима); ϑ_K — температура обмотки в конце пускового режима за время t_{II} .

В результате интегрирования левой части интегрального уравнения (1), получим:

$$\frac{I^2}{S^2} \cdot t_{II} = j^2 \cdot t_{II} = A_{\vartheta_K} - A_{\vartheta_H} \quad (5)$$

где j — плотность тока;

A_{ϑ_K} — значение интеграла правой части при верхнем (конечном) значении предела интегрирования - t_{II} ;

A_{ϑ_H} — значение интеграла правой части при нижнем (начальном) значении предела интегрирования.

На практике по известным A_{ϑ_H} и A_{ϑ_K} можно воспользоваться, для оценки превышений температуры в пусковых режимах, графиком адиабатного нагрева.

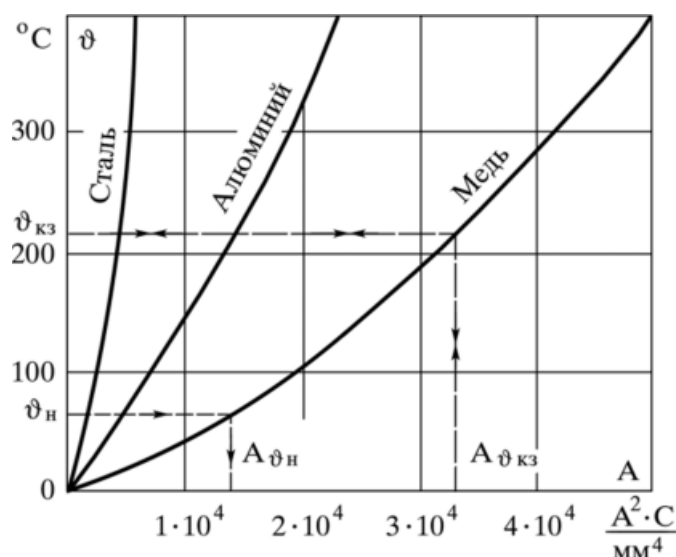


Рис. 2. Кривые адиабатического нагрева проводников:

ϑ_H , ϑ_{K3} — температура нагрева в рабочем режиме и при КЗ;

$A_{\vartheta_{K3}}$ — значения интегралов при температурах рабочего режима и при коротком замыкании.

Более точные результаты могут быть получены и при интегрировании выражения (4). Правая часть которого, может быть достаточно просто вычислена при известных постоянных величинах. Этот интеграл от линейной функции.

Список литературы

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

2. Алексанян И.Э., Безик В.А. Анализ состава и состояния электрооборудования сельскохозяйственных потребителей Рославльского района Смоленской области // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 7-11.

3. Безик В.А. Структура средств защиты электроустановок // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. Брянск, 2012. С. 22-28.

4. Безик В.А., Маркарянц Л.М. Особенности настройки комбинированного устройства защиты электрооборудования // Сб. науч. тр. факультета энергетики и природопользования. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 47-55.

5. Устройство защиты от поражения электрическим током в линии, питающей электродвигатель / В.А. Безик, Л.М. Маркарянц, Д.А. Безик, М.М. Иванюга, В.В. Ковалев, А.В. Жиряков // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природопользования: материалы IX междунар. науч.-техн. конф., 23-24 сентября 2015 г. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2015. С. 11-14.

6. 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.

7. Потери энергии и КПД асинхронных двигателей / Н.И. Яковенко, В.В. Ковалев, И.С. Завялов, П.В. Лапик // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2020. С. 192-197.

7. Яковенко Н.И. О математическом моделировании теплового состояния частично сосредоточенных взаимосвязанных объектов // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. / 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: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 182.

УДК 621.313.33

*Яковенко Николай Иванович**канд. техн. наук, доцент**Завялов Игорь Сергеевич**магистрант**Майстренко Сергей Александрович**магистрант**Брянский государственный аграрный университет*

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ОХЛАЖДЕНИЯ ЛОБОВЫХ ЧАСТЕЙ ОБМОТКИ СТАТОРА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация: в работе рассмотрены особенности условий теплообмена различных участков лобовых частей обмотки статора асинхронных двигателей

Ключевые слова: нагрев, обмотка статора, лобовые части, теплообмен

CONSIDERATION OF THE INFLUENCE OF COOLING CONDITIONS ON THE FRONT PARTS OF THE STATOR WINDING OF ASYNCHRONOUS MOTORS

YAKOVENKO N. I., ZAVYALOV I.S., MAYSTRENKO S.A.

Abstract: the paper considers the features of heat exchange conditions for various sections of the front parts of the stator winding of asynchronous motors

Keywords: heating, stator windings, frontal parts, heat exchange

По условиям охлаждения лобовые части статорных обмоток, выполнение из круглого провода, могут быть разделены по длине на два участка. В месте выхода секций обмотки из паза сердечника статора между ними имеется промежуток, равный ширине зубца, который постепенно сужается по мере приближения к головкам лобовых частей [9].

Тепловой поток из центра сечения пучка направлен ко всей поверхности, так как на этом участке секции воздух омывает весь периметр этого сечения.

Воздух, увлекаемый вращающимся ротором, омывает внутреннюю поверхность секций лобовых частей и проходит через существующие промежутки ускоряясь и ещё более турбулизируясь. Данное заключение можно легко проверить визуально, согласуется уже опубликованными экспериментальными данными. Поэтому данный участок лобовых частей является хорошо продуваемым и расположен вблизи выхода секций обмотки и пазов статора.

Другой участок – головки лобовых частей, объединенные в сплошной кольцевой жгут для увеличения жесткости конструкции, охлаждается значительно хуже по двум причинам:

во-первых, вследствие формовки лобовых частей асинхронных двигателей

в процессе изготовления. Секции плотно соприкасаются друг с другом значительно уменьшая общую поверхность охлаждения, приходящуюся на единицу длины секции;

во-вторых, увеличивается температурный градиент между центром жгута и его поверхностью, вследствие увеличения пути прохождения теплового потока (увеличивается тепловое сопротивление).

Данный участок (крайние части головки секций обмотки статора) и получил название плохо продуваемого участка лобовых частей обмотки статора асинхронного двигателя.

Отмеченная разница в условиях охлаждения лобовых частей обмотки статора и разбиение всей обмотки на три последовательных участка дает возможность по результатам расчета получить кривую распределения превышений температуры по длине машины (фактически определить наиболее нагретую область всей обмотки статора) [8]. Распределение превышений температуры по длине обмотки статора закрытых асинхронных двигателей малой мощности имеет седловидный характер.

Определение тепловой проводимости от различных участков лобовых частей обмотки статора может проводиться при следующих допущениях: секции обмотки статора, выходящие и пазов можно представить как сплошные стержни с внутренним тепловыделением, охлаждаемый по длине, тогда уравнение теплопроводности для этого случая запишется в виде

$$\lambda_M \cdot S_M \cdot \frac{d^2 \Theta}{dx^2} + \frac{P_{ML}}{l_{S1}} = (\Theta - \Theta_{BB}) \Lambda_{yy} \quad (1)$$

$\Theta(x)$ - текущая температура лобовых частей;

Θ_{BB} - средняя температура внутреннего воздуха, охлаждающего лобовые части обмотки статора;

λ_M - коэффициент теплопроводности материала стержня;

Λ_{yy} - удельная тепловая проводимость от лобовых частей к внутреннему воздуху (на единицу длины);

P_{ML} - величина потерь в обмотке, приходящаяся на долю лобовых частей;

l_{S1} - длина лобовой части статорной обмотки;

S_M - площадь сечения стержня.

Первое слагаемое характеризует приток тепла к участку (единичной длины) от соседних участков, а второе – количество тепла, выделяющееся на этом участке.

Если в кривой распределения температуры по длине обмотки статора (рисунки), участок лобовых частей разбить на элементарные отрезки Δx и применить формулы численного дифференцирования, то тепловая проводимость лобовых частей в функции координаты x определяются, из выражения (1), по формуле:

$$\Lambda_{yy} = \frac{\frac{P_{ML}}{l_{s1}} + \lambda_M \cdot S_M \cdot \frac{d^2 \Theta}{dx^2}}{(\Theta - \Theta_{BB})} . \quad (2)$$

Определить средние тепловые проводимости для отдельных участков лобовых частей можно интегрированием кривой $\Lambda(x)$ по длине участков

$$\Lambda_{1CP} = \int_0^{l_{s1}/3} \Lambda(x) dx$$

$$\Lambda_{1CP} = \int_{l_{s1}/3}^{l_{s1}} \Lambda(x) dx .$$

Распределение общей тепловой проводимости от лобовых частей по выделенным участкам можно выразить через коэффициенты

$$K_1 = \frac{\Lambda_{1CP}}{\Lambda_{1CP} + \Lambda_{2CP}}$$

$$K_2 = \frac{\Lambda_{2CP}}{\Lambda_{1CP} + \Lambda_{2CP}}$$

Численные расчеты ряда асинхронных двигателей малой мощности с высотой оси вращения 112 и 132 мм дают средние значения коэффициентов

$$K_1 = 0,6 \text{ и } K_2 = 0,4 .$$

Таким образом, учет различных условий охлаждения отдельных участков лобовых частей обмотки статора асинхронных двигателей, возможен при помощи соответствующего перераспределения тепловых проводимостей.

Используя данный подход, тепловую проводимость от хорошо продуваемого участка обмотки статора к внутреннему воздуху для ЭТС можно выразить как:

$$\Lambda_{27} = \frac{0,6 \cdot \Lambda_{Л}}{1 + 0,6 \cdot m_{Л}}$$

И для плохо продуваемого участка лобовых частей

$$\Lambda_{37} = \frac{0,4 \cdot \Lambda_{Л}}{1 + 2,4 \cdot m_{Л}}$$

где $\Lambda_{Л}$ - общая тепловая проводимость от поверхности лобовых частей обмотки статора к внутреннему воздуху;

$m_{Л}$ - коэффициент влияния теплового сопротивления изоляции лобовых частей на тепловые проводимости от различных участков к внутреннему воздуху.

Все необходимые геометрические размеры при расчете тепловых параметров эквивалентных тепловых схем берутся из формуляра расчетов данных асинхронных двигателей.

Коэффициент теплоотдачи от поверхностей лобовых частей к внутреннему воздуху определяется по скорректированному (по экспериментальным данным) выражению:

$$\alpha_{Л} = 10 + 18 \cdot \varepsilon \cdot \frac{(V_2 \cdot D_{H2})}{D_{H1} \cdot \left(1 + \frac{0,3}{p}\right)}$$

где V_2 - окружная скорость вращения ротора м/с;

p - число пар полюсов асинхронного двигателя.

Тепловая проводимость от всей поверхности охлаждения лобовых частей к внутреннему воздуху выражается через площадь этой поверхности $S_{Л}$ и её коэффициент теплоотдачи $\alpha_{Л}$

$$\Lambda_{Л} = \alpha_{Л} \cdot S_{Л}$$

Коэффициент влияния теплового сопротивления изоляции лобовых частей на передачу тепла к внутреннему воздуху может быть выражен через тепловое сопротивление пучка проводов в пазу статора

$$m_{Л} = 0,6 \cdot \Lambda_{Л} \cdot R_{ПЭ} \cdot \frac{l_1}{l_{s1}} \cdot \frac{2}{p}$$

Список литературы

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. ГОСТ 30804.4.30-2013. Методы измерений показателей качества электрической энергии.
3. Безик В.А. Структура средств защиты электроустановок // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. Брянск, 2012. С. 22-28.
4. Безик В.А., Маркарянц Л.М. Особенности настройки комбинированного устройства защиты электрооборудования // Сб. науч. тр. факультета энергетики и природопользования. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 47-55.
5. Волков Н.Г. Качество электроэнергии в системах электроснабжения: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. 152 с.
6. Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Муравлев А.И. Качество электроснабжения промышленных потребителей: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. 89 с.
7. Правила устройства электроустановок. 6-е изд. М.: КНОРУС, 2012. 488 с.
8. 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.
9. Электрические машины. Вращающиеся электрические машины: учеб. пособие / В.А. Безик, В.А. Башлыков, О.В. Кубаткина, В.В. Ковалев. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. 41 с.
10. Яковенко Н.И. О математическом моделировании теплового состояния частично сосредоточенных взаимосвязанных объектов // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 180-181.
11. Яковенко Н.И. О применении гармонического анализа расчета квазистационарных процессов // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 182.
12. Реактивная мощность и энергоэффективность / Н.И. Яковенко, И.М. Марин, Д.А. Цыпичев, И.А. Цыпичев // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф., 27-28 апреля 2019 г. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ. 2019. С. 277-280.

УДК 621.313.33

Яковенко Николай Иванович*канд. техн. наук, доцент***Ковалев Виталий Витальевич***ст. преподаватель***Завялов Игорь Сергеевич***магистрант***Лапик Павел Владимирович***магистрант**Брянский государственный аграрный университет***ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ И КПД АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Аннотация: в работе представлен анализ тепловых потерь в активных частях асинхронного короткозамкнутого двигателя

Ключевые слова: потери энергии, нагрев, обмотки статора и ротора, коэффициент полезного действия

ENERGY LOSSES AND EFFICIENCY OF ASYNCHRONOUS MOTORS**YAKOVENKO N. I., KOVALEV V. V., ZAVYALOV I. S., LAPIK P. V.**

Abstract: the paper presents an analysis of heat losses in the active parts of an asynchronous squirrel-cage engine

Key words: energy loss, heating of the stator winding and rotor, the coefficient of performance

Передача электрической энергии по проводникам к потребителям и её преобразование в механическую энергию асинхронными двигателями всегда сопровождается потерями [8]. Фактически при этом уменьшается коэффициент полезного действия электроустановок.

В электрическом двигателе при преобразовании одного вида энергии в другой часть энергии теряется в виде теплоты, рассеиваемой в различных частях двигателя. В электрических двигателях имеются потери энергии трех видов: потери в обмотках, потери в стали и механические потери. Кроме того, имеются незначительные добавочные потери [21].

Потери энергии в асинхронном двигателе рассмотрим при помощи его энергетической диаграммы (рис. 1).

На диаграмме (P_1) - мощность, подводимая к статору двигателя из сети. Основная часть этой мощности (P_1), за вычетом потерь в статоре ($P_{эм} = P_1 - P_{об1}$), передается электромагнитным путем на ротор через зазор. ($P_{эм}$) называется электромагнитной мощностью.

Потери мощности в статоре складываются из потерь мощности в его обмотке ($P_{об1} = m_1 \cdot R_1 \cdot I_1^2$) и потерь в стали (P_{c1}). Мощность (P_{c1}) является потерями на вихревые токи и на перемагничивание сердечника статора.

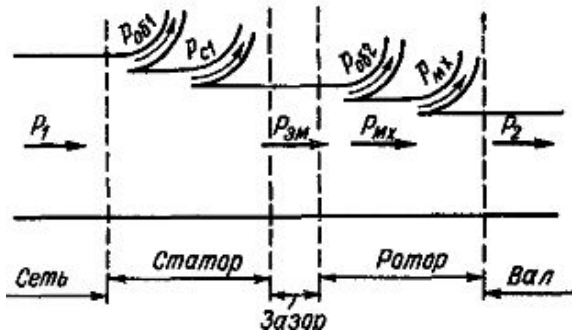


Рисунок 1. Энергетическая диаграмма двигателя

Потери в стали имеются и в сердечнике ротора асинхронного двигателя, но они невелики и могут не приниматься во внимание [11-12]. Это объясняется тем, что скорость вращения магнитного потока относительно статора (n_0) во много раз больше скорости вращения магнитного потока относительно ротора, если скорость вращения ротора асинхронного двигателя соответствует устойчивой части естественной механической характеристики.

Механическая мощность асинхронного двигателя ($P_{мх}$), развиваемая на валу ротора, меньше электромагнитной мощности ($P_{эм}$) на значение мощности потерь в обмотке ротора ($P_{об2}$):

$$(P_{мх} = P_{эм} - P_{об2}).$$

Электрическая мощность на валу двигателя (P_2):

$$(P_2 = P_{мх} - p_{мх}),$$

где ($p_{мх}$) - мощность механических потерь, равная сумме потерь на трение в подшипниках, на трение вращающихся частей о воздух (вентиляционные потери) и на трение щеток о кольца (для двигателей с фазным ротором).

Электромагнитная и механическая мощности равны:

$$P_{эм} = \omega_0 \cdot M ;$$

$$P_{мх} = \omega \cdot M ,$$

где (ω_0) и (ω) - синхронная скорость и скорость вращения ротора двигателя; M - вращающий момент, развиваемый двигателем, т. е. момент, с которым вращающееся магнитное поле действует на ротор.

Из этих выражений следует, что мощность потерь в обмотке ротора:

$$P_{об2} = P_{эм} - P_{мх} = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} \cdot P_{эм} = \frac{n_0 - n}{n_0} \cdot P_{эм} \text{ или } P_{об2} = s \cdot P_{эм} .$$

В случаях, когда известно активное сопротивление (R_2) фазы обмотки ротора, потери в этой обмотке могут быть найдены также из выражения

$$P_{OB2} = m_2 \cdot R_2 \cdot I_2^2.$$

В асинхронных электродвигателях имеются также добавочные потери, обусловленные зубчатостью ротора и статора, вихревыми токами в различных конструктивных узлах двигателя и другими причинами [25]. При полной нагрузке двигателя потери ($P_{ДОБ}$) принимаются равными 0,5% его номинальной мощности (P_2).

Коэффициент полезного действия (КПД) асинхронного двигателя:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - (P_{OB} - P_{СТ} - P_{МХ} - P_{Д})}{P_1},$$

где ($P_{OB} = P_{OB1} + P_{OB2}$) - суммарная мощность потерь в обмотках статора и ротора асинхронного двигателя.

Поскольку общие потери зависят от нагрузки, то и КПД асинхронного двигателя является функцией нагрузки [16-17].

На рис. 2, а дана кривая коэффициента полезного действия электродвигателя $\eta = f\left(\frac{P}{P_{НОМ}}\right)$, где $\left(\frac{P}{P_{НОМ}}\right)$ - относительная мощность.

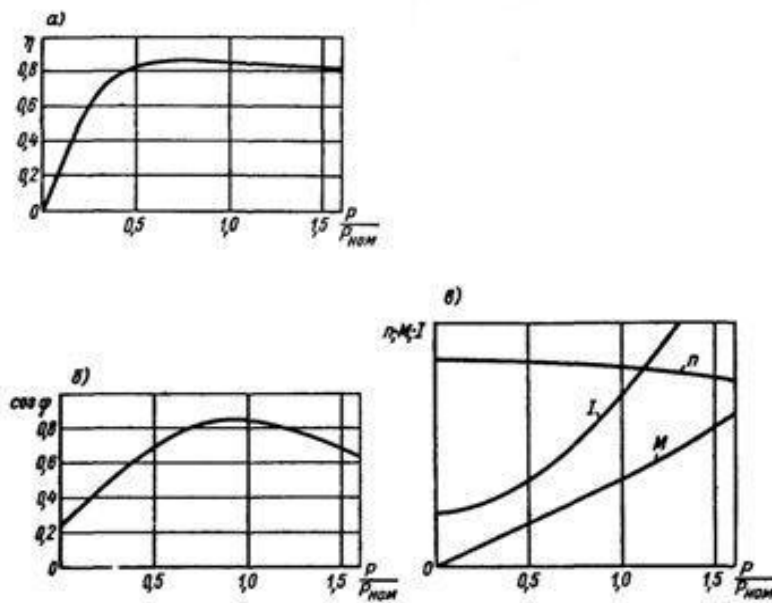


Рисунок 2. Рабочие характеристики асинхронного двигателя

Асинхронный электродвигатель конструируется таким образом, чтобы максимум его коэффициента полезного действия ($\eta_{МАХ}$) имел место при нагрузке, несколько меньшей номинальной $P_{НОМ}$. КПД двигателя достаточно высок и в широком диапазоне нагрузок (рис. 2, а).

Для большинства современных асинхронных двигателей КПД имеет значение 80 - 90%, а для мощных двигателей 90-96%.

Список литературы

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

2. Алексанян И.Э., Безик В.А. Анализ состава и состояния электрооборудования сельскохозяйственных потребителей Рославльского района Смоленской области // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 7-11.

3. Безик В.А. Структура средств защиты электроустановок // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. Брянск, 2012. С. 22-28.

4. Безик В.А., Маркарянц Л.М. Особенности настройки комбинированного устройства защиты электрооборудования // Сб. науч. тр. факультета энергетики и природопользования. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 47-55.

5. Безик В.А., Белькевич А.Р. К вопросу применения частотного регулируемого электропривода в тягодутьевых механизмах // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф., 27-28 апреля 2019 г. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. С. 31-34.

6. Белоус Н.М., Ториков В.Е. Концепция развития животноводства Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2015. № 3-2. С. 59-63.

7. Бельченко С.А., Наумова М.П., Ковалев В.В. Технологическая модернизация – основа эффективности АПК // Вестник Курской ГСХА. 2018. № 7. С. 127-132.

8. Ковалев В.В., Яковенко Н.И. Основные способы экономии электроэнергии в осветительных установках // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. Брянск, 2016. С. 99-103.

9. Кубаткина О.В., Кисель Ю.Е. Светильники с автоматическим поддержанием уровня освещенности // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф., 28-29 апреля 2018 г. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. С. 97-102.

10. Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Муравлев А.И. Качество электроснабжения промышленных потребителей: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. 89 с.

11. Опыт применения светильников автоматическим поддержанием уровня освещенности в учебных аудиториях // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: материалы междунар. науч.техн. конф. / В.В. Ковалев, Ю.Е. Кисель, А.Ю. Сауленко, С.В. Рудой. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. С. 73-77.

12. Особенности светодиодного освещения / В.В. Ковалев, А.М. Давыдов, А.А. Подгаецкий, И.В. Кузин // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф., 27-28 апреля. Брянск, 2019. С. 123-127.

13. Реактивная мощность и энергоэффективность / Н.И. Яковенко, И.М.

Марин, Д.А. Цыпичев, И.А. Цыпичев // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф., 27-28 апреля 2019 г. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. С. 277-280.

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

15. Правила устройства электроустановок. 6-е изд. М.: КНОРУС, 2012. 488 с.

16. 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.

17. Яковенко Н.И., Ковалев В.В. Некоторые аспекты энергосбережения в системах электроснабжения // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: материалы междунар. науч.-техн. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 96-99.

18. Яковенко Н.И. О математическом моделировании теплового состояния частично сосредоточенных взаимосвязанных объектов // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 180-181.

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

20. Яковенко Н.И. О применении гармонического анализа расчета квазистационарных процессов // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 182.

21. Яковенко Н.И., Ковалев В.В. Основные способы экономии электроэнергии в осветительных установках // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: материалы междунар. науч.-техн. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. - С. 99-102.

22. Современное состояние электроэнергетики России / Н.И. Яковенко, В.Н. Скрипин, А.Ю. Саулин, Ю.Ю. Сенин // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф., 27-28 апреля 2019 г. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. С. 246-250.

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

24. Яковенко Н.И. О некоторых элементах экономии на электрическом освещении // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: VIII междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2014. С. 225-227.

25. Яковенко Н.И., Жиряков А.В., Ковалев В.В. Светотехника: учеб. пособие для студентов бакалавриата направлений подготовки: 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника и 15.03.04 - Автоматизация технологических процессов и производств. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. 144 с.

УДК 621.313.333

*Яковенко Николай Иванович**канд. техн. наук, доцент**Лапик Павел Владимирович**магистрант**Марин Игорь Михайлович**магистрант**Брянский государственный аграрный университет***ОСНОВЫ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ**

Аннотация: в работе рассмотрены особенности условий теплообмена в различных элементах асинхронных двигателей

Ключевые слова: потеря энергии, нагрев, теплопроводность, конвекция, излучение, изоляция

FUNDAMENTALS OF THERMAL PROCESSES OF ELECTRIC RECEIVERS*YAKOVENKO N. I., LAPIK P. V. MARIN I. M.*

Abstract: the paper considers the features of heat transfer conditions in various elements of asynchronous motors

Keywords: energy loss, heating, thermal conductivity, convection, radiation, insulation

Работа любого электроприемника всегда сопровождается потерей некоторой части потребляемой электрической энергии, которая выделяется в виде тепловой в токопроводящих средах. Данное обстоятельство может привести к значительному нагреву самих токопроводящих сред и изоляционных материалов вплоть до потери их изоляционных свойств и выходу из строя самого электрооборудования. В связи с этим обстоятельством имеется острая необходимость в рассмотрении основ теплопередачи в конструкциях электроприемников.

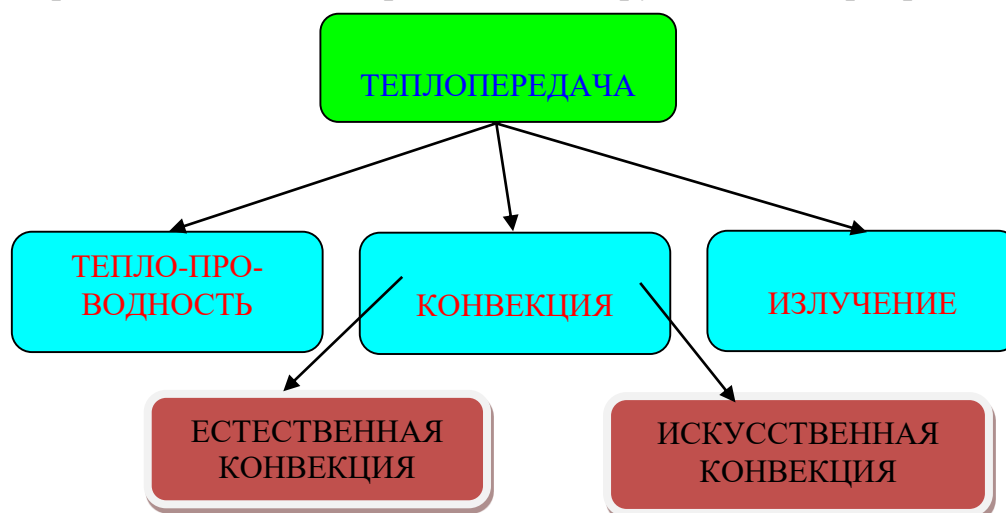


Рисунок 1. Виды теплопередачи

В общей теории теплопередачи рассматриваются три основных способа переноса тепловой энергии:

- теплопроводность,
- конвективный теплообмен и
- тепловое излучение.

Рассмотрим более подробно каждый из способов теплопередачи, встречающихся в рабочих режимах различных электроприемников.

Теплопроводность

Если внутри какого-либо тела имеются области с различной температурой, то теплота самопроизвольно передается от точек с более высокой температурой к точкам с низкой температурой.

Теплопроводностью – называют процесс переноса теплоты (внутренней энергии) в самом теле или при непосредственном контакте различных тел, обусловленное разностью температур.

В твердых телах температура определяется внутренней энергией атомов, находящихся в узлах кристаллической решетки. Таким образом температура \mathcal{G} является функцией пространственных координат (x, y, z) и времени t

$$\mathcal{G} = f(x, y, z, t).$$

Совокупность значений температуры \mathcal{G} во всех его точках, включая и граничные, образует температурное поле. В общем виде это температурное поле пространственное, однако, в силу симметричности конструкции электроприемников, а также практической одинаковостью параметров используемых материалов, на практике могут рассматриваться тепловые процессы в направлении одной координаты.

Изотермической поверхностью (изотермой для одномерного температурного поля) является совокупность точек тела с одинаковыми температурами.

Градиентом температуры принято называть предел отношения изменения температуры к расстоянию между изотермами

$$\lim_{\Delta n \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta \mathcal{G}}{\Delta n} \right) = \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial n} = grad(\mathcal{G}).$$

Градиент температуры – векторная величина и направлена в сторону увеличения температуры. Передача тепла идет в обратном направлении, т.е. от изотермической поверхности с большей температурой к поверхности с меньшей температурой.

Тепловой поток Q (Дж/с) – количество тепловой энергии, переносимое через изотермическую поверхность в единицу времени. Плотностью теплового потока q (Вт/м²) – называют тепловой поток Q , передаваемый через единицу изотермической поверхности.

Экспериментально была установлена пропорциональная зависимость количества переданной теплоты от разности температур, времени и площади сечения – эта зависимость носит название **закона Фурье**:

$$\vec{q} = -\lambda \cdot \text{grad}\vartheta,$$

где знак минус характеризует, что передача тепла осуществляется в направлении, противоположном направлению $\text{grad}\vartheta$.

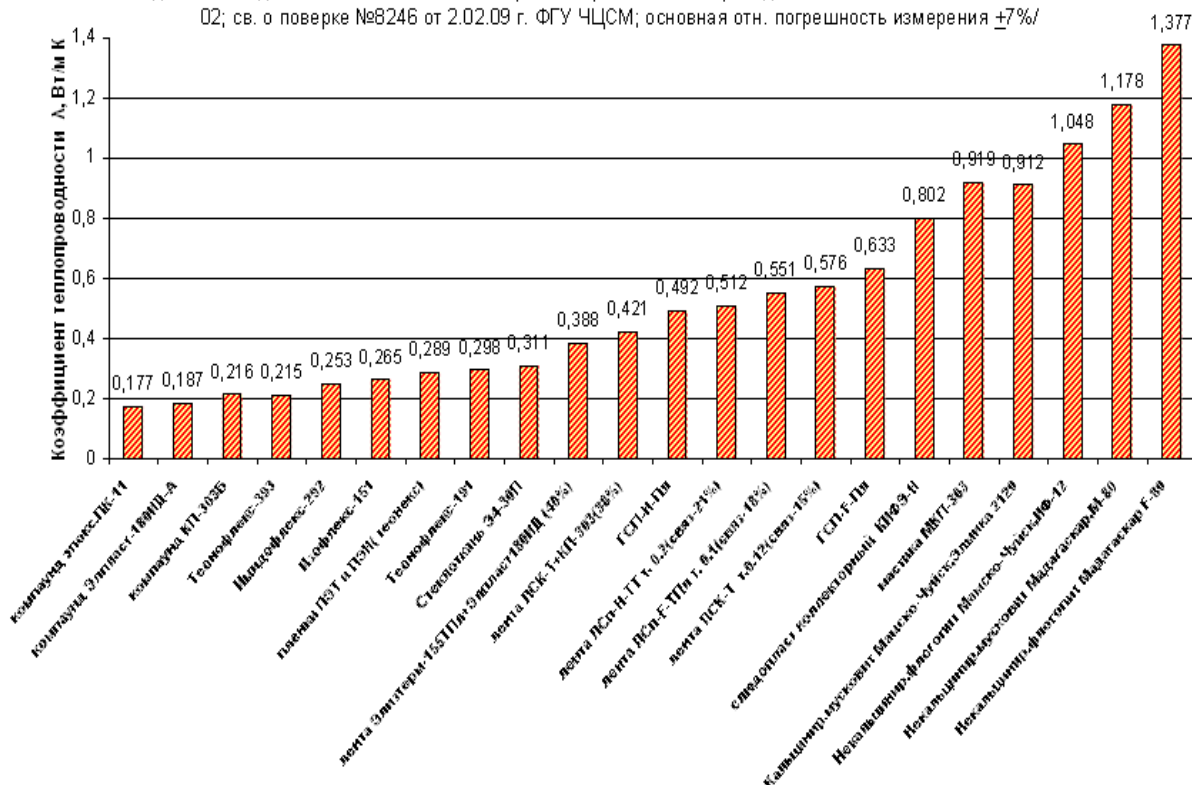
Коэффициент теплопроводности $\lambda = \frac{|\vec{q}|}{\text{grad}\vartheta}$ есть количество теплоты переданное через единицу изотермической поверхности в единицу времени при разности температур в один градус (Вт/(м²·град)).

Коэффициенты теплопроводности некоторых электротехнических материалов в (Вт/(м²·град))

Медь	406	Алюминий	218
Железо	68	Лакоткань	0,13
Битум	0,09	Воздух	0,05
Полиамид	0,15	Полиорганосиликон	0,08
Резина	0,15	Олово	67

Теплопроводность электроизоляционных материалов(оценочно).

Зондовый метод по ГОСТ 30256-94 с помощью измерителя теплопроводности "МИТ-1" ТУ 4211-001-302531012-02; св. о поверке №8246 от 2.02.09 г. ФГУ ЧЦСМ; основная отн. погрешность измерения ±7%!



На данном рисунке представлены численные значения коэффициентов теплопроводности $\left(\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}\right)$ некоторых изоляционных материалов.

Хорошая теплопроводность электроизоляционных материалов обеспечивает отвод тепла от нагревающегося объекта (обмотки, магнитопровода электродвигателя), что позволяет избежать тепловых прожогов материала изоляции.

Коэффициент теплопроводности большинства электротехнических материалов [5] зависит от температуры и с её ростом уменьшается. Однако для рабочих температур производственного электрооборудования эта зависимость уже учтена в справочных данных.

Конвективный теплообмен

Конвективным теплообменом (*теплоотдачей*) называют процесс переноса тепловой энергии от твердой поверхности в газообразную (жидкую) среду. Совершенно очевидно, что перенос тепла может осуществляться как путем теплопроводности самого газа (жидкости), так и путем конвекции.

Конвективный теплообмен непосредственно связан с движением самой среды газа (жидкости) – различают конвекцию вынужденную и свободную.

Свободная (естественная) конвекция определяется движением атомов и молекул газа (жидкости) за счет разной плотности нагретой и холодной частей в поле гравитации. В газе – более нагретые атомы поднимаются вверх, а холодные опускаются вниз.

Собственно само понятие температуры, исходя из физической картины, формулируется так:

температура – есть мера хаотичности движения атомов газа. Такой мерой является скорость движения.

Вынужденная конвекция – движение атомов и молекул охлаждающей среды осуществляется за счет посторонних сил (вентиляторов или насосов).

Интенсивность конвективного теплообмена зависит от параметров самой охлаждающей среды и может быть определена исходя из закона Ньютона-Рихмана:

$$Q = \alpha \cdot (g_{cm} - g_{жс}) \cdot S$$

где Q - тепловой поток,

S - поверхность теплообмена,

$g_{cm}, g_{жс}$ - температуры твердой стенки и охлаждающей среды (газа, жидкости),

$\alpha = \frac{Q}{(g_{cm} - g_{жс}) \cdot S}$ - коэффициент теплоотдачи, равный количеству тепловой

энергии, переданной окружающей среде в единицу времени при $(g_{cm} - g_{жс}) = 1$.

На практике существуют два вида движения среды вблизи охлаждаемой поверхности: ламинарный (в движущейся среде её слои не перемешиваются) и турбулентный (слои интенсивно перемешиваются).

В каждом конкретном случае конвективный теплообмен носит очень сложный характер, требует кропотливого исследования с применением теории подобия. На практике имеется возможность использовать наработки, использованные в прототипах и аналогах, и уже сконцентрированные в рекомендациях, применяемых, в том числе, и при проектировании (например, в ПУЭ).

Тепловое излучение

При нагреве тела на достаточно высокую температуру тепловая энергия излучения подчиняется закону Стефана-Больцмана:

$$Q = \sigma \cdot (T^4),$$

где $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ (Вт/(м²·К⁴)).

При рабочих температурах токопроводящих проводников для большого диапазона их геометрических размеров, тепловое излучение при установившейся температуре поверхности изоляции в установившемся тепловом режиме нагрева, может составлять, на одном метре длины проводника, (5-7) Вт. Эта величина может составлять несколько процентов от теплового потока, передаваемого в окружающую среду конвекцией и теплопроводностью [7-8].

Этот вид теплоотдачи используется только в специальных видах электротехнологий.

Выводы:

1. Теплообмен элементов электрооборудования может осуществляться тремя способами: теплопроводностью среды, конвекцией и тепловым излучением.
2. Теплопроводность определяется значением коэффициента теплопроводности материалов, в которых выделяется тепловая энергия.
3. Конвективный теплообмен между поверхностью и окружающей средой зависит от среды и определяется коэффициентом теплоотдачи. При естественной конвекции его значение лежит в пределах $5 \leq \alpha \leq 25$ (Вт/(м²·град)). При вынужденной конвекции - $15 \leq \alpha \leq 200$ (Вт/(м²·град)).
4. Тепловое излучение, при рабочих температурах элементов электрооборудования, играет несущественную роль.

Список литературы

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. ГОСТ 30804.4.30-2013. Методы измерений показателей качества электрической энергии.
3. Алексаян И.Э., Безик В.А. Анализ состава и состояния электрооборудования сельскохозяйственных потребителей Рославльского района Смоленской области // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 7-11.
4. Безик В.А. Структура средств защиты электроустановок // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. Брянск, 2012. С. 22-28.

5. 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.

6. Правила устройства электроустановок. 6-е изд. М.: КНОРУС, 2012. 488 с.

7. Яковенко Н.И. О математическом моделировании теплового состояния частично сосредоточенных взаимосвязанных объектов // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. / 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: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 182.

9. Широбокова О.Е., Кирдищев Д.В. Общая энергетика: учеб.-метод. пособие для бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Брянск, 2018.

10. Широбокова О.Е. Электротехника и электроника: учеб.-метод. пособие к выполнению самостоятельной работы студентов. Брянск, 2015.

УДК 338.45:621.31

*Яковенко Николай Иванович**канд. техн. наук, доцент**Завялов Игорь Сергеевич**магистрант**Брянский государственный аграрный университет*

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Аннотация: в работе рассмотрены основные характеристики российской энергетики по состоянию на начало 2019 года

Ключевые слова: выработка электроэнергии, потребление энергии, баланс электроэнергии

MAIN CHARACTERISTICS OF THE RUSSIAN ELECTRIC POWER INDUSTRY

YAKOVENKO N. I., ZAVYALOV I. S.

Abstract: the paper considers the main characteristics of the Russian energy sector as of the beginning of 2019

Keywords: power generation, energy consumption, electricity balance

Энергосистема Российской Федерации состоит из ЕЭС России (семь объединенных энергосистем (ОЭС) – ОЭС Центра, Средней Волги, Урала, Северо-Запада, Юга и Сибири) и территориально изолированных энергосистем (Чукотский автономный округ, Камчатский край, Сахалинская и Магаданская область, Норильско-Таймырский и Николаевский энергорайоны, энергосистемы северной части Республики Саха (Якутия)).

Потребление электрической энергии

Фактическое потребление электроэнергии в Российской Федерации в 2018 г. составило 1076,2 млрд кВт·ч (по ЕЭС России 1055,6 — млрд кВт·ч), что выше факта 2017 г. на 1,6% (по ЕЭС России — на 1,5%).

В 2018 г. увеличение годового объема электропотребления ЕЭС России из-за влияния температурного фактора (на фоне понижения среднегодовой температуры относительно прошлого года на 0,6°C) оценивается величиной около 5,0 млрд кВт·ч. Наиболее значительное влияние температуры на изменение динамики электропотребления наблюдалось в марте, октябре и декабре 2018 г., когда соответствующие отклонения среднемесячных температур достигали максимальных значений.

Кроме температурного фактора на положительную динамику изменения электропотребления в ЕЭС России в 2018 г. повлияло увеличение потребления электроэнергии промышленными предприятиями. В большей степени этот прирост обеспечен на металлургических предприятиях, предприятиях деревообрабатывающей промышленности, объектах нефте-газопроводного и железнодорожного транспорта.

В течение 2018 г. значительный рост потребления электроэнергии на крупных металлургических предприятиях, повлиявший на общую положительную динамику изменения объемов электропотребления в соответствующих территориальных энергосистемах, наблюдался:

- в энергосистеме Вологодской области (прирост потребления 2,7% к 2017 г.) — увеличение потребления ПАО «Северсталь»;
- в энергосистеме Липецкой области (прирост потребления 3,7% к 2017 г.) — увеличение потребления ПАО «НЛМК»;
- в энергосистеме Оренбургской области (прирост потребления 2,5% к 2017 г.) — увеличение потребления АО «Уральская сталь»;
- в энергосистеме Кемеровской области (прирост потребления 2,0% к 2017 г.) — увеличение потребления АО «Кузнецкие ферросплавы».

В составе крупных промышленных предприятий деревообрабатывающей промышленности, увеличивших в отчетном году потребление электроэнергии:

- в энергосистеме Пермской области (прирост потребления 2,5% к 2017 г.) — увеличение потребления АО «Соликамскбумпром»;
- в энергосистеме Республики Коми (прирост потребления 0,9% к 2017 г.) — увеличение потребления АО «Монди СЛПК».

Среди промышленных предприятий нефтепроводного транспорта, увеличивших в 2018 г. годовые объемы потребления электроэнергии:

- в энергосистемах Астраханской области (прирост потребления (1,2% к 2017 г.) и Республики Калмыкия (прирост потребления 23,1% к 2017 г.) — увеличение потребления АО «КТК-Р» (Каспийский трубопроводный консорциум);
- в энергосистемах Иркутской (прирост потребления 3,3% к 2017 г.), Томской (прирост потребления 2,4% к 2017 г.), Амурской областей (прирост потребления 1,5% к 2017 г.) и Южно-Якутского энергорайона энергосистемы Республики Саха (Якутия) (прирост потребления 14,9% к 2017 г.) — увеличение потребления магистральными нефтепроводами на территориях указанных субъектов Российской Федерации.

Увеличение объемов потребления электроэнергии предприятиями газотранспортной системы в 2018 г. отмечено на промышленных предприятиях:

- в энергосистеме Нижегородской области (прирост потребления

0,4% к 2017 г.) — увеличение потребления ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород»;

- в энергосистеме Самарской области (прирост потребления 2,3% к 2017 г.) — увеличение потребления ООО «Газпром трансгаз Самара»;
- в энергосистемах Оренбургской (прирост потребления 2,5% к 2017 г.) и Челябинской областей (прирост потребления 0,8% к 2017 г.) — увеличение потребления ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»;
- в энергосистеме Свердловской области (прирост потребления 1,4% к 2017 г.) — увеличение потребления ООО «Газпром трансгаз Югорск».

В 2018 г. наиболее значительное увеличение объемов железнодорожных перевозок и вместе с ним увеличение годовых объемов потребления электроэнергии предприятиями железнодорожного транспорта наблюдалось в ОЭС Сибири в энергосистемах Иркутской области, Забайкальского и Красноярского краев и Республики Тыва, а также в границах территорий энергосистем г. Москвы и Московской области и г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

При оценке положительной динамики изменения объема потребления электроэнергии следует отметить рост в течение всего 2018 г. электропотребления на предприятии АО «СУАЛ» филиал «Волгоградский алюминиевый завод».

В 2018 г. с увеличением объема производства электроэнергии на тепловых и атомных электростанциях наблюдалось увеличение расхода электроэнергии на собственные, производственные и хозяйственные нужды электростанций. Для АЭС это проявилось в значительной мере с вводом в 2018 г. новых энергоблоков №5 на Ленинградской АЭС и №4 на Ростовской АЭС.

Производство электрической энергии

В 2018 г. выработка электроэнергии электростанциями России, включая производство электроэнергии на электростанциях промышленных предприятий, составила 1091,7 млрд кВт·ч (по ЕЭС России — 1070,9 млрд кВт·ч) (табл. 1, табл. 2).

Увеличение к объему производства электроэнергии в 2018 г. составило 1,7%, в том числе:

- ТЭС — 630,7 млрд кВт·ч (падение на 1,3%);
- ГЭС — 193,7 млрд кВт·ч (увеличение на 3,3%);
- АЭС — 204,3 млрд кВт·ч (увеличение на 0,7%);
- электростанции промышленных предприятий — 62,0 млрд кВт·ч (увеличение на 2,9%).
- СЭС — 0,8 млрд кВт·ч (увеличение на 35,7%).
- ВЭС — 0,2 млрд кВт·ч (увеличение на 69,2%).

Табл. 1 Баланс электрической энергии за 2018 г., млрд кВтч

	2017	2018	Изменение, % к 2017
Выработка электроэнергии, всего	1 073,7	1 091,7	+1,7
в т.ч.:			
ТЭС	622,4	630,7	+1,3
ГЭС	187,4	193,7	+3,3
АЭС	202,9	204,3	+0,7
ВИЭ	0,69	0,98	+42,0
Электростанции промышленных предприятий	60,3	62,0	+2,9
Потребление электроэнергии	1 059,7	1 076,2	+1,6
Сальдо перетоков электроэнергии, «+» - прием, «-» - выдача	-14,0	-15,5	

Табл. 2 Производство электроэнергии в России по ОЭС и энергозонам в 2018 г., млрд кВтч

	2017	2018	Изменение, % к 2017
Энергозона Европейской части и Урала, в т.ч.:	814,4	828	+1,7
числе:			
ОЭС Центра	237,6	231,8	-2,4
ОЭС Северо-Запада	108,4	113,3	+4,6
ОЭС Средней Волги	107,8	114,4	+6,1
ОЭС Юга	100,0	104,7	+4,7
ОЭС Урала	260,6	263,7	+1,2
Энергозона Сибири, в т.ч.:	210,4	213,1	+1,3
ОЭС Сибири	202,7	205,3	+1,3
НТЭК*	7,7	7,8	+1,2
Энергозона Востока, в т.ч.:	48,9	50,6	+3,5
ОЭС Востока	36,8	37,6	+2,2
Изолированные энергорайоны	12,1	13	+7,4
Итого по России	1073,7	1091,7	+1,7

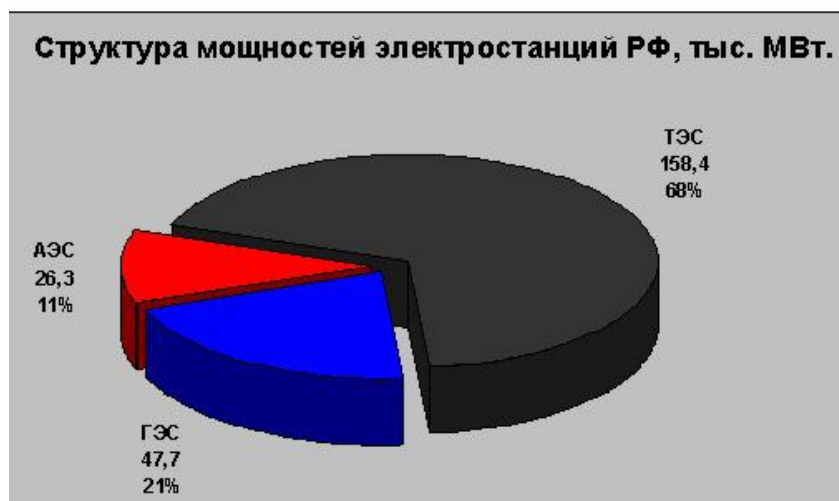
* - Норильско-Таймырский энергетический комплекс

Структура и показатели использования установленной мощности

Число часов использования установленной мощности электростанций в целом по ЕЭС России в 2018 г. составило 4411 часов или 50,4% календарного времени (коэффициент использования установленной мощности) (табл. 3, табл. 4).

В 2018 г. число часов и коэффициент использования установленной мощности (доля календарного времени) по типам генерации следующие:

- ТЭС — около 4 075 часов (46,5% календарного времени);
- АЭС — 6 869 часов (78,4% календарного времени);
- ГЭС — 3 791 часов (43,3% календарного времени);
- ВЭС — 1 602 часов (18,3% календарного времени);
- СЭС — 1 283 часов (14,6% календарного времени).



По сравнению с 2017 г. использование установленной мощности на ТЭС и ГЭС увеличилось на 20 и 84 часа соответственно, снизилось на СЭС на 2 часа.

Существенно, на 409 часов снизилось использование установленной мощности АЭС, а использование установленной мощности ВЭС наоборот увеличилось на 304 часа.

Табл. 3 Структура установленной мощности электростанций объединенных энергосистем и ЕЭС России на 01.01.2019

	Всего, МВт	ТЭС		ГЭС		ВЭС		СЭС		АЭС	
		МВт	%	МВт	%	МВт	%	МВт	%	МВт	%
ЕЭС РОССИИ	243 243,2	164 586,6	67,7	48 506,3	19,9	183,9	0,08	834,2	0,3	29 132,2	12,0
ОЭС Центра	52 447,3	37 049,9	70,6	1 800,1	3,4	-	-	-	-	13 597,3	25,9
ОЭС Средней Волги	27 591,8	16 349,3	59,3	6 990,5	25,3	85,0	0,3	95,0	0,3	4 072,0	14,8
ОЭС Урала	53 614,3	50 017,5	93,3	1 871,2	3,5	1,6	0,0	239,0	0,5	1 485,0	2,8
ОЭС Северо-Запада	24 551,8	15 648,6	63,7	2 950,3	12,0	5,3	0,02	-	-	5 947,6	24,2
ОЭС Юга	23 535,9	13 025,8	55,3	5 942,8	25,3	92	0,4	445,0	1,9	4 030,3	17,1
ОЭС Сибири	51 861,1	26 514,5	51,1	25 291,4	48,8	-	-	55,2	0,1	-	-
ОЭС Востока	9 641,0	5 981,0	62,0	3 660,0	38,0	-	-	-	-	-	-

Табл. 4 Коэффициенты использования установленной мощности электростанций по ЕЭС России и отдельным ОЭС в 2017 и 2018 годах, %

	2017					2018				
	ТЭС	ГЭС	АЭС	ВЭС	СЭС	ТЭС	ГЭС	АЭС	ВЭС	СЭС
ЕЭС России	46,29	42,32	83,08	14,82	14,67	46,51	43,27	78,41	18,29	14,65
ОЭС Центра	38,78	27,89	84,24	-	-	38,67	24,08	79,71	-	-
ОЭС Средней Волги	34,32	42,48	91,31	9,72	2,21	39,92	40,70	90,93	28,59	11,99
ОЭС Урала	55,41	40,07	78,42	5,29	13,87	55,50	36,76	67,94	7,04	13,68
ОЭС Северо-Запада	43,04	54,83	73,14	1,68	-	44,51	51,46	66,84	5,90	-
ОЭС Юга	52,80	41,89	88,20	15,85	15,04	49,87	42,31	84,71	15,54	15,42
ОЭС Сибири	46,45	42,41	-	-	14,32	44,09	45,98	-	-	13,53
ОЭС Востока	48,02	40,10	-	-	-	49,87	37,21	-	-	-

Табл. 5 Изменение показателей установленной мощности электростанций объединенных энергосистем, в том числе ЕЭС России в 2018 году

	На 01.01.2018, МВт	Ввод	Вывод из эксплуатации (демонтаж, длительная консервация)	Перемарки- ровка		Прочие из- менения (уточнение и др.)	На 01.01.2019, МВт
				+	-		
РОССИЯ	246 867,6	5 023,2	2 033,9	294,8	5,3	295,8	250 442,0
ЕЭС РОССИИ	239 812,2	4 792,1	1 950,4	294,8	5,3	299,8	243 243,2
ОЭС Центра	53 077,1	10,1	692,0	46,1	-	6,0	52 447,3
ОЭС Средней Волги	27 203,8	386,0	68,0	35,5	-	34,5	27 591,8
ОЭС Урала	52 714,9	590,8	97,0	200,3	4,9	210,2	53 614,3
ОЭС Северо-Запада	23 865,2	1 725,8	1 039,4	-	-	0,2	24 551,8
ОЭС Юга	21 538,5	1 939,9	-	3,0	0,4	54,9	23 535,9
ОЭС Сибири	51 911,2	-	54,0	9,9	-	-6,0	51 861,1
ОЭС Востока	9 501,5	139,5	-	-	-	-	9 641,0
Технологически изо- лированные терри- ториальные энерго- системы:	7 055,4	231,1	83,5	0,0	0,0	-4,0	7 198,8

ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ. Фактическое потребление электроэнергии в ЕЭС России в 2018 году составило 1 055 559 млн. кВтч, что выше факта 2017 года на 15 679,1 млн. кВтч (рост 1,51 %). Относительно фактического объема потребления электроэнергии в 2016 году увеличение составляет 28 702,6 млн. кВтч (рост 2,8 %), без учета 29 февраля високосного 2016 года увеличение годового объема потребляемой электроэнергии в отчетном периоде составило 31 717,6 млн. кВтч (3,1 %). Динамика потребления электроэнергии в ЕЭС России по месяцам 2018 года в сравнении с 2017 и 2016 годами представлена на рис. 3.1.

На чем производит электроэнергию Дальний Восток? Местные угли и реки, ТЭЦ и ГЭС, 64,4% и 34,7% генерации соответственно. Отличие от прочей территории России — полное отсутствие АЭС

Список литературы

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

2. Основные характеристики Российской электроэнергетики / М-во энергетики РФ. – Режим доступа <https://minenergo.gov.ru/node/532>

3. Реактивная мощность и энергоэффективность / Н.И. Яковенко, И.М. Марин, Д.А. Цыпичев, И.А. Цыпичев // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф., 27-28 апреля 2019 г. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. С. 277-280.

4. Современное состояние электроэнергетики России / Н.И. Яковенко, В.Н. Скрипин, А.Ю. Саулин, Ю.Ю. Сенин // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф., 27-28 апреля 2019 г. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. С. 246-250.

5. Эксплуатационная надежность потребительских сетей / Н.И. Яковенко, Д.С. Комаров, С.А. Майстренко, С.В. Ситриков // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф., 27-28 апреля 2019 г. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. С. 242-246.

6. Яковенко Н.И., Ковалев В.В. Некоторые аспекты энергосбережения в системах электроснабжения // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: материалы междунар. науч.-техн. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 96-99.

7. Яковенко Н.И., Ковалев В.В. Основные способы экономии электроэнергии в осветительных установках // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: материалы междунар. науч.-техн. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 99-102.

8. Яковенко Н.И., Жиряков А.В., Ковалев В.В. Светотехника: учеб. пособие для студентов бакалавриата направлений подготовки: 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника и 15.03.04 - Автоматизация технологических процессов и производств. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. 144 с.

9. Широбокова О.Е., Кирдищев Д.В. Общая энергетика: учеб.-метод. пособие для бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Брянск, 2018.

10. Широбокова О.Е. Электротехника и электроника: учеб.-метод. пособие к выполнению самостоятельной работы студентов. Брянск, 2015.

УДК 631.371

Яковенко Николай Иванович*канд. техн. наук, доцент***Иванюга Михаил Михайлович***ст. преподаватель***Котляров Евгений Александрович***магистрант***Ланик Павел Владимирович***магистрант**Брянский государственный аграрный университет***ПРЕОБРАЗОВАНИЕ В ОПТИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ**

Аннотация: в работе рассматривается сам процесс преобразования электрической энергии в световую, как субъекта электротехнологий

Ключевые слова: оптическое излучение, возбуждение атома, квант света, энергетический уровень, длина электромагнитной волны

CONVERSION TO OPTICAL ENERGY**YAKOVENKO N. I., IWANAGA M. M., KOTLAROV E.A., LAPIK, P. V.**

Abstract: the paper considers the process of converting electric energy into light energy as a subject of electrical technologies

Keywords: optical radiation, the excitation of the atom, a quantum of light, energy level, length of the electromagnetic wave

Ниже преимущественно рассматривается сам процесс преобразования электрической энергии в световую как субъекта электротехнологий [6].

Оптическое излучение – есть спектр электромагнитных волн с диапазоном их длин (λ) от долей миллиметра до 10 нанометров. Энергия (e), переносимая электромагнитной волной длины (λ), пропорциональна частоте (ν) и равна:

$$e = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

где $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с постоянная Планка.

Излучение электромагнитных волн (*квантов света*) осуществляется возбужденными атомами.

В соответствии с планетарной моделью атома вокруг ядра, с упакованными нейтронами и положительно заряженными протонами, на стационарных орбитах вращаются отрицательно заряженные электроны.

При равенстве числа протонов и электронов в атоме и одинаковых

величинах их электрических зарядов атомы электронейтральны.

Положение электронов на стационарных орбитах уравнивается центробежными силами на каждой орбите и силой притяжения между электронами и протонами, в соответствии формулой Кулона

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_n^2},$$

где q_1, q_2 - заряды протона и электрона, соответственно, r_n - радиус n -ой орбиты атома.

Можно констатировать, что чем ближе к ядру расположена орбита, тем большая сила притяжения к ядру действует на соответствующий электрон – тем выше должна быть центробежная сила [9]. Таким образом, чем ближе к ядру стационарная орбита тем большей энергией обладает электрон, тем выше его энергетический уровень.

Для возбуждения атома необходимо его отдельным электронам (электрону) сообщить извне, дополнительную энергию и электроны (электрон) перейдут (переместятся) на орбиту большего энергетического уровня. Таким образом, **возбужденный атом** – атом, в котором электроны переместились на более высокие энергетические уровни.

Закономерности излучения атомов

Возбужденное состояние атома не является стационарным и электроны спонтанно (самостоятельно) возвращаются на свои прежние уровни с освобождением избыточной энергии [5] в виде кванта света (фотона).

Излучение света происходит при переходе электрона в атоме с высшего энергетического уровня (E_k) на один из низших энергетических уровней ($E_n (k > n)$). Атом в этом случае излучает фотон с энергией ($h \cdot \nu_k$)

$$\nu_{k n} = R \cdot C \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$

где $\nu_{k n}$ - частота излучения, $[\nu] = 1 \text{ Гц}$,

R – постоянная Ридберга, $[R] = 1 \text{ м}^{-1}$,

C – скорость света, $[C] = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$,

n, k – номера орбит стационарных состояний электрона.

Поглощение света - процесс обратный [10]. Атом поглощает фотон, переходит из низшего состояния k в более высокое n ($n > k$). Атом в этом случае поглощает фотон с энергией ($h \cdot \nu_k$)

$$\nu_{kn} = R \cdot C \cdot \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

Энергия электрона на n-й орбите

$$W_n = \frac{W_1}{n^2}, \quad W_1 = -13,55 \text{ эВ},$$

где W_1 - энергия на первой орбите.

Невозбужденный атом водорода находится на первой орбите, обладает энергией -13,55 эВ. Для ионизации требуется энергия, равная 13,55 эВ.

Энергия излучаемого фотона W_{kn} при переходе электрона с n-ой более дальней от ядра орбиты, на k-ую более близкую орбиту

$$W_{kn} = W_H \cdot \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

где $W_H = 13,55 \text{ эВ}$ - энергия ионизации.

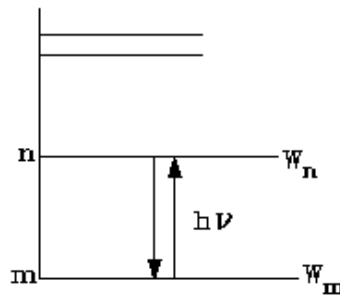


Рис. 1 - Изображены квантовые переходы: Направление вверх – изображает поглощение атомом фотона ($h \cdot \nu$), стрелка направленная вниз – излучение фотона (кванта света) той же частоты (ν)

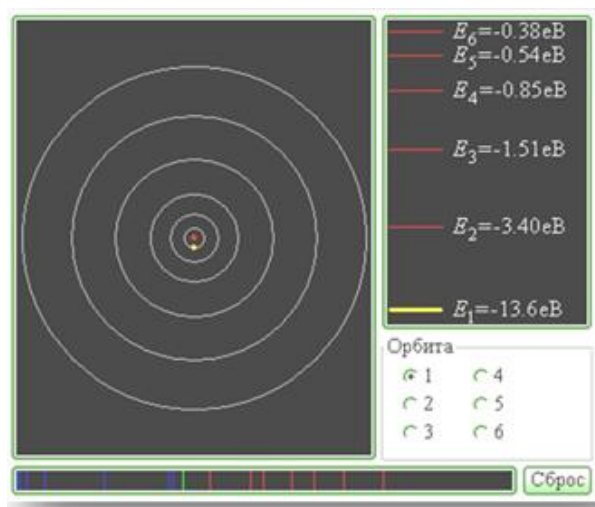


Рис. 2 - Энергетические (квантовые) уровни атома водорода

Так, например, для атома водорода, так как $\frac{h \cdot C}{\lambda} = W_k - W_n$ получаем длину волны $\lambda = \frac{h \cdot C}{W_k - W_n}$ излучаемую при переходе с k – той орбиты на n - ую орбиту

Однако следует помнить, что один электрон атома водорода не способен излучать всю серию спектральных линий. Когда один электрон переходит с одной орбиты на другую, он излучает только один фотон (квант света одной длины волны). А когда мы рассматриваем несколько атомов водорода, то различные электроны переходят на разные орбиты, и мы получаем весь линейчатый спектр.

n	k	$\lambda, 10^{-7} \text{ м}$	Спектр. область	Серия
1	2	1,19348	Ультрафиолет.	Лаймана
	3	1,00688		
	4	0,095467		
	5	0,932445		
2	3	6,439954	Красная Сине-голубая Фиолетовая Фиолетовая	Бальмера
	4	4,771062		
	5	4,263186		
	6	4,02555		
3	4	18,41067	Инфракрасная	Пашена
	5	12,6126		
	6	10,73737		
4	5	40,049	Инфракрасная	Брэкета
	6	25,7624		
5	6	72,2181	Инфракрасная	Пфунда

Преобразования электрической энергии [20] в оптическую происходит при протекании электрического тока по соответствующим материалам. Движущиеся заряженные частицы при соударениях с атомами данного вещества передают кинетическую энергию своего движения отдельным электронам – возбуждая атом. Возбужденный атом спонтанно излучает фотоны (кванты света).

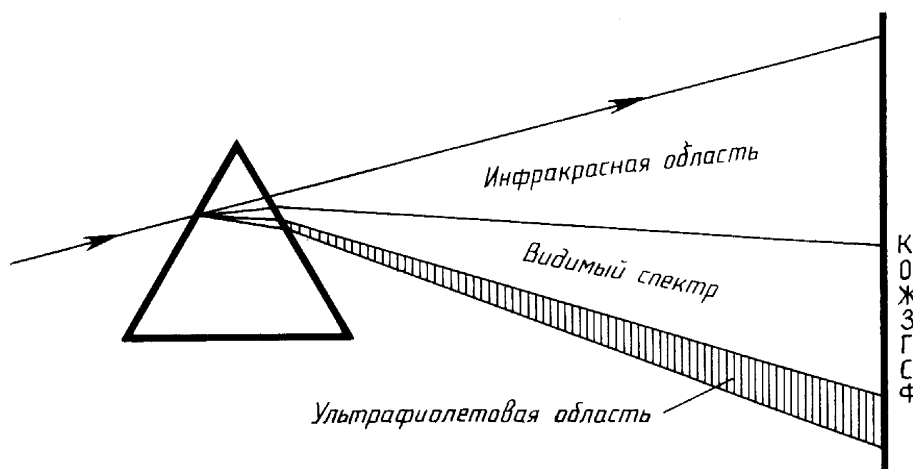


Рис. 3 - Спектр оптического излучения

Список литературы

1. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. Алексанян И.Э., Безик В.А. Анализ состава и состояния электрооборудования сельскохозяйственных потребителей Рославльского района Смоленской области // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сб. материалов междунар. науч.-техн.й конф. / под общ.ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 7-11.
3. Безик В.А. Структура средств защиты электроустановок // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. Брянск, 2012. С. 22-28.
4. Безик В.А., Маркарянц Л.М. Особенности настройки комбинированного устройства защиты электрооборудования // Сб. науч. тр. факультета энергетики и природопользования. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 47-55.
5. Ковалев В.В., Яковенко Н.И. Основные способы экономии электроэнергии в осветительных установках // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. Брянск, 2016. С. 99-103.
6. Ковалев В.В., Соловьев Ю.М. Электротехнология // Метод. ук. по выполнению курсовой работы. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2008. 32 с.
7. Кубаткина О.В., Кисель Ю.Е. Светильники с автоматическим поддержанием уровня освещенности // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сборник материалов междунар. науч.-техн. конф., 28-29 апреля 2018 г. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. С. 97-102.
8. Опыт применения светильников автоматическим поддержанием уровня освещенности в учебных аудиториях // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: материалы междунар. науч.-техн. конф. / В.В. Ковалев, Ю.Е. Кисель, А.Ю. Сауленко, С.В. Рудой. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. С. 73-77.
9. Особенности светодиодного освещения / В.В. Ковалев, А.М. Давыдов, А.А. Подгаецкий, И.В. Кузин // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф., 27-28 апреля. Брянск, 2019. С. 123-127.
10. Соловьев Ю.М., Ковалев В.В., Яковенко Н.И. Светотехника и электротехнологии: метод. ук. и задания для курсовой работы для студентов очного и заочного обучения факультета "Энергетика и природопользование". Брянск, 2012.
11. Способ учета остаточного ресурса высоковольтных выключателей / В.В. Ковалев, В.С. Гурулев, А.В. Оланцев, В.А. Шауро // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф., 27-28 апреля. Брянск, 2019. С. 128-132.

12. 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.

13. Яковенко Н.И. О математическом моделировании теплового состояния частично сосредоточенных взаимосвязанных объектов // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 180-181.

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

15. Яковенко Н.И. О применении гармонического анализа расчета квазистационарных процессов // Проблемы энергетики, природопользования, экологии: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2009. С. 182.

16. Белоус Н.М., Ториков В.Е. Концепция развития животноводства Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2015. № 3-2. С. 59-63.

17. Современное состояние электроэнергетики России / Н.И. Яковенко, В.Н. Скрипин, А.Ю. Саулин, Ю.Ю. Сенин // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф., 27-28 апреля 2019 г. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. С. 246-250.

18. Яковенко Н.И. Энергоэффективное освещение // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природопользования: материалы IX междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2015. С. 276-281.

19. Яковенко Н.И. О некоторых элементах экономии на электрическом освещении // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК: VIII междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Л.М. Маркарянц. Брянск, 2014. С. 225-227.

20. Яковенко Н.И., Жиряков А.В., Ковалев В.В. Светотехника: учеб. пособие для студентов бакалавриата направлений подготовки: 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника и 15.03.04 - Автоматизация технологических процессов и производств. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. 144 с.

Научное издание

Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК

**Сборник материалов
международной научно-технической конференции
(19-20 марта 2020 г.)**

Редактор Павлютина И.П.

ISBN 978-5-88517-338-4



9 785885 173384

Подписано к печати 14.08.2020 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага печатная. Усл. п. л.11,33. Тираж 550 экз. Изд. №.6677.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ