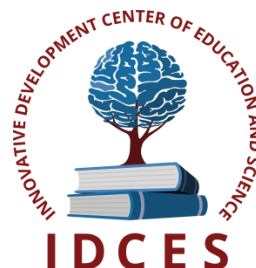


ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК: НОВЫЕ ПОДХОДЫ В РЕШЕНИИ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

Выпуск II

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(8 июня 2015г.)**

**г. Казань
2015 г.**

Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 2. Казань, 2015. 80 с.

Редакционная коллегия:

доктор технических наук, профессор Аракелян Эдик Койрунович (г.Москва), доктор физико-математических наук, профессор Будагян Ирина Фадеевна (г.Москва), доктор технических наук, доцент Бунаков Павел Юрьевич (г.Коломна), кандидат технических наук Валеев Анвар Рашитович (г.Уфа), доктор технических наук, профессор Высоцкий Лев Ильич (г.Саратов), доктор технических наук, старший научный сотрудник Галкин Александр Фёдорович (г.Санкт-Петербург), кандидат технических наук, доцент Горюнова Валентина Викторовна (г.Пенза), кандидат педагогических наук, доцент Давлеткиреева Лилия Зайнитдиновна (г.Магнитогорск), доктор технических наук, профессор Дадашев Мирали Нуралиевич (г.Москва), доктор технических наук, профессор Денисов Валерий Николаевич (г.Санкт-Петербург), кандидат технических наук Егоров Алексей Борисович (г.Харьков), доктор технических наук, профессор Жуманиязов Максуд Жаббиевич (г.Ургенч), доктор технических наук, профессор, заслуженный мелиоратор РФ Заднепровский Рэм Петрович (г.Волгоград), кандидат технических наук Иванов Валерий Игоревич (г.Москва), кандидат технических наук Ключева Инна Викторовна (г.Новосибирск), кандидат технических наук, доцент Корниенко Владимир Тимофеевич (г.Ростов-на-Дону), кандидат технических наук, профессор Куберский Сергей Владимирович (г.Алчевск), доктор технических наук, доцент Курганова Юлия Анатольевна (г.Москва), кандидат технических наук Мостовой Антон Станиславович (г.Энгельс), доктор технических наук, профессор Мухуров Николай Иванович (г.Минск), кандидат технических наук, доцент Никулин Владимир Валерьевич (г.Саранск), кандидат технических наук, профессор Охрименко Ольга Владимировна (г.Вологда-Молочное), доктор технических наук, профессор Пачурин Герман Васильевич (г.Нижний Новгород), кандидат технических наук Полонский Яков Аркадьевич (г.Волгоград), кандидат технических наук Решетняк Сергей Николаевич (г.Москва), инженер, аспирант Рычков Евгений Николаевич (г.Пуатье), кандидат химических наук Хентов Виктор Яковлевич (г.Новочеркасск)

В сборнике научных трудов по итогам международной научно-практической конференции «Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем» (г. Казань) представлены научные статьи, тезисы, сообщения студентов, аспирантов, соискателей учёных степеней, научных сотрудников, докторантов, специалистов практического звена Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных, не подлежащих открытой публикации. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов. Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

Сборник включен в национальную информационно-аналитическую систему "Российский индекс научного цитирования" (РИНЦ).

Оглавление

СЕКЦИЯ №1.	
ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, CAD, CAE (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)	5
СЕКЦИЯ №2.	
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)	5
АНАЛИЗ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОНОМНЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ УЗЛОВ	
Суханов А.В., Артемова А.И., Евмириди А.С.	5
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ	
Аббакумов А.А., Федюшкин Н.А., Нечайкин Р.В.	7
СЕКЦИЯ №3.	
ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00).....	9
ВОЗМОЖНОСТИ КОНТРОЛЯ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА КРЕМНИЙ-САПФИР С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ПОВЕРХНОСТНОЙ ФОТО-ЭДС	
Соколов Е.М., Федотов С.Д., Чумак В.Д., Романов А.А.	9
СЕКЦИЯ №4.	
МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)	14
ВЛИЯНИЕ ПОНИЖЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ НА РАБОТУ ТРАДИЦИОННЫХ И РЕЗОНАНСНЫХ ИНВЕРТОРНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ	
Шолохов М.А., Разиков М.Н., Фивейский А.М., Мельников А.Ю.	14
МЕТОДИКА КОНТРОЛЬНОЙ ПРОВЕРКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА НАДЕЖНОСТЬ ПРИ КОМПОНОВКЕ МАШИНЫ	
Анцупов А.В., Анцупов А.В., Анцупов В.П., Слободянский М.Г., Русанов В.А.	16
СЕКЦИЯ №5.	
ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)	20
ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПЕРЕДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ	
Левин В.М., Рычагова Е.А., Сорокин И.В.	20
СЕКЦИЯ №6.	
ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)	30
К ВОПРОСУ УСТАНОВКИ ЦЕМЕНТНОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ НА ОСЬ БЕЗ ОСТАНОВКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА	
Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Дуганов В.Я.	30
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ МЕТОДОМ ВИБРОДИАГНОСТИКИ	
Новиков И.И., Малов А.К.	32
СЕКЦИЯ №7.	
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)	34
ДИФФУЗИОННОЕ МОЛИБДЕНИРОВАНИЕ СТАЛИ В РЕЖИМЕ МИКРОДУГОВОГО НАГРЕВА	
Степанов М.С., Домбровский Ю.М.	34
СТРУКТУРА ПОКРЫТИЯ 315Х19Ф3, ПОЛУЧЕННОГО ПЛАЗМЕННО-ПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКОЙ	
Емелюшин А.Н., Нефедьев С.П., Шекшеев М.А.	38
СЕКЦИЯ №8.	
ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)	40
СЕКЦИЯ №9.	
АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10).....	41
СЕКЦИЯ №10.	
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)	41
ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЗОН ЛЕСОЗАВОДСКОГО ГО	
Свидерская Е.А., Зверева М.А.	41

ИНДУСТРИАЛЬНОЕ «СУХОЕ» СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
Вержбовский Г.Б.	43
КЛАССИФИКАЦИЯ БАЛОК С ГОФРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ	
Лукин А.О., Шевцов И.А.	46
РОЛЬ РЕЛЬЕФА В ЛАНДШАФТЕ И В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ	
Базилевич А.М.	51
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ МЕТАЛЛОДЕРЕВЯННЫХ СИСТЕМ ОБРАМЛЕНИЯ ФАСАДОВ ЗДАНИЙ НА ПРАКТИЧЕСКОМ ПРИМЕРЕ (СОЧИ-ОЛИМПИЙСКАЯ ДЕРЕВНЯ)	
Ульшин А.Н.	54
СЕКЦИЯ №11.	
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)	60
СЕКЦИЯ №12.	
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)	60
СЕКЦИЯ №13.	
ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)	60
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРИКОТАЖНОЙ ЛЕНТЫ ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ	
Шленникова О.А., Поболь О.Н.	60
СЕКЦИЯ №14.	
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)	64
СЕКЦИЯ №15.	
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)	64
ВЫПРЯМИТЕЛЬ СО СТАБИЛИЗАЦИЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ	
Афанасьев А.Ю., Гимранов М.Р., Кунгурцев А.А., Мохаммед Р.Д.	64
СЕКЦИЯ №16.	
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)	68
СЕКЦИЯ №17.	
ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)	68
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ. НОВЫЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	
Осипов В.А., Осипова М.Г., Шилов Д.П., Кузин И.Ю.	68
СЕКЦИЯ №18.	
ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)	70
ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА	
Муфтахова О.С.	70
СЕКЦИЯ №19.	
НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)	73
СЕКЦИЯ №20.	
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)	73
СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ ВНУТРИ ЗДАНИЙ	
Свиридов А.Н., Хорошев Д.А., Шошин А.М.	73
СЕКЦИЯ №21.	
МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)	77
ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2015 ГОД	78

**СЕКЦИЯ №1.
ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)**

**СЕКЦИЯ №2.
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)**

**АНАЛИЗ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОНОМНЫХ
БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ УЗЛОВ**

Суханов А.В., Артемова А.И., Евмириди А.С.

НПК «Технологический центр», г.Зеленоград

Беспроводная сенсорная сеть (БСС) представляет собой совокупность вычислительных устройств, объединенных в самоорганизующуюся сеть с помощью радиоканала. В настоящее время узлы БСС автономны, то есть энергию для получения, обработки и передачи данных они получают из окружающей среды. Передовые сенсорные узлы снабжены энергохарвестерами, которые преобразуют механическую, тепловую и радиочастотные энергии. Использование новейших энергохарвестеров позволяет накапливать полученную энергию в аккумуляторах, но всё-равно в настоящее время одна из самых больших проблем БСС заключается в оптимизации энергопотребления. Оптимизация энергопотребления БСС позволяет существенно продлить срок работы БСС [1]. Энергопотребление БСС зависит от: альтернативных источников энергии, количества узлов, использовании прямой, либо промежуточной передачи данных, предварительной обработки данных, времени включения передачи, воздействий окружающей среды.

Для анализа энергопотребления беспроводного сенсорного узла (БСУ)БСС рассмотрим его структуру (Рисунок 1). Он содержит цифровой газовый датчик микроконтроллер, flash-память, приемопередатчик zigbee, аккумулятор, контроллер управления зарядом аккумуляторов от маломощных источников энергии, RF-энергохарвестер и пьезохарвестер. Из структуры БСУ очевидно, что больше всего энергии потребляет приемопередатчик, из этого следует, что необходимо оптимизировать узел приёмопередатчика информации. В нашем случае в схеме присутствует газовый электрохимический сенсор, который значительно меньше потребляет, чем микроконтроллер и приемопередатчик.



Рис.1. Структурная схема автономного сенсорного узла

Энергопотребление БСУ за один энергоцикл основном состоит из энергии, уходящей на прослушивание эфира, на отправку полученной информации, на спящий режим и выход из спящего режима [2].

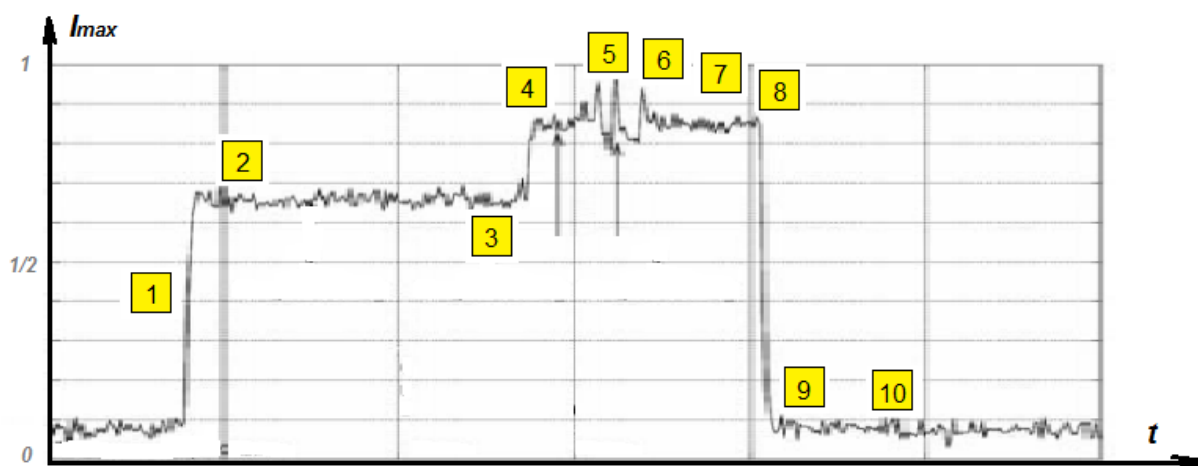


Рис.2. График энергопотребления БСУ

При анализе энергопотребления БСУ (Рисунок 2) можно выделить следующие состояния:

- Переход точки 1 показывает «пробуждение» БСУ из режима «сна»;
- Микроконтроллер точки 2 начинает работать на внешнем кварцевом резонаторе, а затем частота повышается (точка 3);
- Когда микроконтроллер входит в рабочий режим, происходит включение приемопередатчика и начинается прослушивание эфира для поиска сигнала координатора БСС (точка 4);
- В БСС БСУ связывается с координатором, после этого приемопередатчик переходит в режим передачи информации (точка 5), при передаче пакетов тратится больше всего энергии, после передачи происходит переключение из режима передачи (точка 6) на режим прослушивания эфира (точка 7), далее происходит снова прослушивание эфира с затратой энергии;
- Точки с 8 по 9 показывают процесс окончания прослушивания эфира и установления адреса узла;
- При переходе с точки 9 в точку 10 узел переходит в спящий режим.

Основная часть энергии БСУ тратится на прием, прослушивание и передачу данных, а не на обработку или сохранение данных полученных от сенсора. Выделим основные моменты, которые нуждаются в оптимизации БСС — это энергетическая эффективность сенсорных узлов в сравнении со связностью, а также метод обнаружения соседей. Целесообразно использовать алгоритмы сжатия передаваемой информации[3] и новые алгоритмы инициализации сети. Использование ретрансляции пакетов между БСУ позволяет оптимизировать затраты электроэнергии.

1) Энергетическая эффективность в сравнении со связностью.

Потребление энергии имеет важное значение для большинства сенсорных сетей на этапе инсталляции, так как он требует много времени. На данном этапе важно не израсходовать большую часть энергии, поскольку самоконфигурирование значительно увеличивает количество информации и связанные с этим расходы энергии. Потребление энергии и задействование наибольшего числа узлов является компромиссом. Можно потратить много энергии и настойчиво искать соседние узлы, сформировав при этом наиболее полную топологию. Однако, если эти узлы не могут принять участие в инициализации, то такой подход — напрасная трата энергии. С другой стороны, минимизация транзакций для поиска соседей и пониженные уровни передачи уменьшают не только потребление энергии, но и связность.

2) Обнаружение соседей в БСС.

Можно сократить время обнаружения соседей в своей окрестности, что позволит быстро настроить топологию. Так как в спящем режиме узел не может иметь информацию о своих соседях, то необходим первоначальный обмен информацией, для которого требуется большое количество энергии. Таким образом, обнаружение соседей должно проходить на последнем этапе развертывания, чтобы избежать повторного поиска в окрестности в то время, как некоторые узлы еще только присоединяются. При выходе из режима сна все соседи должны быть доступны. Следовательно, обнаружение происходит после пробуждения всех узлов.

На Рисунке 3 показана последовательность состояний узлов при инициализации сети. При получении управляющего сигнала изменяется соответствующее фактическое состояние.

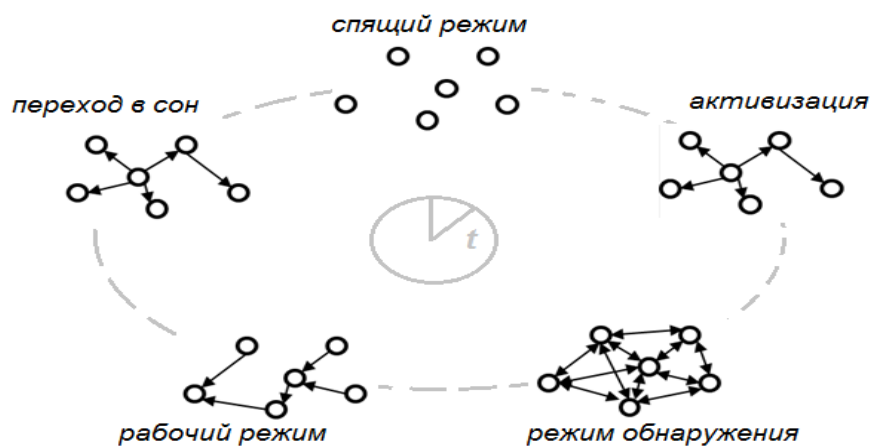


Рис.3. Последовательность состояний БСУ при инициализации сети

Использование управляющих сигналов позволяет переключать узлы из режима «сна» в активный и обратно. Это повышает энергоэффективность за счет энергосберегающего режима ожидания. При запуске/перезапуске сети (режимы инициализации, эксплуатации, переконфигурирования и т.д.) предоставляются функциональные возможности связи с соседями установлением краткосрочных соединений. Таким образом, в БСС поддерживается актуальная информация о целостности сети.

Работы выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Соглашение № 14.577.21.0134, уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57714X0134) с использованием оборудования ЦКП «Функциональный контроль и диагностика микро- и наносистемной техники» на базе НПК «Технологический центр»

Список литературы

1. Суханов А.В., Прокофьев И.В., Гусев Д.В. Мультиагентная система мониторинга web-датчиков, созданная на основе наносенсорики // Нано- и микросистемная техника. -2014. №6. –С. 42-45.
2. Власова, В. А. Анализ энергоциклов узлов беспроводных сенсорных сетей / В. А. Власова, А. Н. Зеленин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Т. 3, № 9 (57). – С. 13–17.
3. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб.– Питер, 4-е издание, 2010. – 943 с.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ

Аббакумов А.А., Федюшкин Н.А., Нечайкин Р.В.

НИ МГУ имени Н.П. Огарева, РФ, г.Саранск

Аннотация.

В статье рассматриваются перспективные области применения программного обеспечения, предназначенного для управления осветительной установкой на основе светодиодных источников света, и объясняется выбор NI LabVIEW в качестве среды разработки для данного программного обеспечения.

Ключевые слова: осветительная установка, интенсивность освещения, «умный дом», LabVIEW.

В современном мире все чаще появляются задачи создания систем управления освещением, которые предоставляли бы эффективное управление энергией в различных областях жизнедеятельности человека. Такие системы должны обладать достаточно простым и понятным механизмом управления и предоставлять пользователю максимальный комфорт.

Предполагается разработка программного обеспечения, которое будет использоваться для управления осветительными установками, основанными на светодиодных источниках света. В частности для управления интенсивностью искусственного освещения. Такое программное обеспечение может иметь очень широкое применение. Наиболее перспективным является его использование в цеху по выращиванию домашней птицы, где очень важным критерием для успешного выращивания птиц является поддержание определенного уровня

освещенности, характерного для конкретного времени суток и времени года. Также возможно применение данного программного обеспечения в различных тепличных хозяйствах, где тоже важно иметь возможность изменять интенсивность освещения в зависимости от времени суток. Но на этом область применения данного программного обеспечения не заканчивается. Его можно применять для управления уличным освещением, что поможет снизить затраты на электроэнергию и техническое обслуживание, так как предполагается удаленное управление. В данном случае возможно добавление в программу графической визуализации для представления производительности и экономии электроэнергии. В любом офисном помещении присутствует естественное и искусственное освещение. Возможно применение данных алгоритмов для изменения интенсивности искусственного освещения, в зависимости от интенсивности естественного. Например, в солнечный день, в полдень, искусственное освещение не требуется, и поэтому либо отключается совсем, либо интенсивность освещения понижается до требуемой величины. Такой подход существенно снизит затраты на электроэнергию.

Сейчас очень популярным стало такое направление разработки, как «SmartHome», что в переводе означает «Умный дом». Технология «SmartHome» - это интеллектуальная информационная система, предполагающая разработку различных гаджетов и девайсов для управления и обеспечения автоматической и согласованной работы всех систем жизнеобеспечения и безопасности. Такая система самостоятельно распознает изменения в помещении и реагирует на них соответствующим образом. Основной особенностью такой технологии является объединение отдельных подсистем и устройств в единый комплекс, управляемый при помощи автоматики. Основные подсистемы — это подсистема управления системами безопасности, подсистема управления микроклиматом и подсистема управления освещением. Нас в первую очередь интересует подсистема управления освещением. Разрабатываемое программное обеспечение вполне может подойти для такого управления. Возможно как полностью автоматическое, так и автоматизированное использование.

Разработку программного обеспечения для управления осветительной установкой предполагается производить в среде графического программирования NI LabVIEW (National Instruments Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench). LabVIEW позволяет существенно снизить временные затраты на разработку программного обеспечения по сравнению с текстовыми языками программирования. Процесс разработки ПО в LabVIEW заключается в создании программного кода, который в достаточной степени похож на алгоритм. Такое представление кода, разрабатываемой программы, имеет высокий уровень наглядности, что существенно позволяет упростить процесс разработки ПО.

Выбор LabVIEW в качестве среды разработки обусловлен рядом преимуществ перед другими, схожими по функционалу, средствами программирования (программа моделирования Matlab с использованием библиотек Simulink, SCADA, PROTEUS и другие):

- интуитивно понятный пользователю процесс графической разработки приложений;
- встроенные функции для измерения сигналов, управление приборами и устройствами, обработки результатов измерений, генерации отчетов, передачи данных по сети;
- интеграция с широким спектром оборудования, включая платы сбора данных USB/PCI/PCI Express, промышленные контроллеры, системы на базе ПЛИС, беспроводные системы сбора данных, модульное измерительное оборудование PXI, системы машинного зрения, приводы;
- программирование и управление приборами сторонних производителей по стандартным интерфейсам USB, RS-232/485, GRIIB, Ethernet;
- возможность подключения внешнего кода, написанного на других языках программирования.

Стоит отметить еще несколько важных особенностей NI LabVIEW, которые повлияли на ее выбор:

- LabVIEW является многоплатформенной средой которая совместима со многими операционными системами такими как Windows, MacOS, Linux, Solaris и т.д.. В LabVIEW можно создавать приложения на одной системе, а потом экспортировать на другую при этом в них практически ничего не меняется.
- В LabVIEW есть возможности подключения к локальной сети или к сети Internet. В ней используется протокол DataSocket для передачи данных, быстрого доступа к виртуальным приборам на других компьютерах и взаимодействия с базами другой программы на удаленном сервере. С помощью InternetToolkit можно работать с ftp серверами.

– LabVIEW хорошо взаимодействует с различными базами данных посредством DatabaseConnectivityToolkit (MySQL, MSAccess и другие).

Важно отметить, что компиляция в среде разработки LabVIEW, в отличие от других сред программирования, происходит «на лету» - в любой момент разработки программа всегда готова к запуску.

В итоге, простота создаваемых графических конструкций, наглядность и читаемость созданных программ, возможность подключения кода, написанного на других языках программирования и интеграция с широким

спектром оборудования – все это заставляет отдать предпочтение среде разработки программного обеспечения NI LabVIEW.

Список литературы

1. Беспалов Н.Н., Ильин М.В., Пьянзин И.И. Использование LabVIEW для разработки программного обеспечения системы управления осветительной установки [Электронный ресурс] // Электроника и информационные технологии. – 2010. – № 1. – Режим доступа: http://fetmag.mrsu.ru/2010-1/pdf/Lighting_Control_System.pdf
2. Крюченко Д.Н. Анализ систем моделирования электротехнических устройств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sworld.com.ua/konfer31/316.pdf>
3. Степанов К.В., Федосова Л.О. Использование робототехнической платформы NI LabVIEW Robotics Starter Kit в учебном процессе // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева – 2014. – № 5(107). – С. 289.

СЕКЦИЯ №3.

ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)

ВОЗМОЖНОСТИ КОНТРОЛЯ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА КРЕМНИЙ-САПФИР С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ПОВЕРХНОСТНОЙ ФОТО-ЭДС

¹Соколов Е.М., ²Федотов С.Д., ¹Чумак В.Д., ³Романов А.А.

¹ЗАО «ЭПИЭЛ»

²Национальный исследовательский университет МИЭТ

³ОАО «Ангстрем»

Введение.

Технология кремний на сапфире (КНС) является одним из направлений технологии кремний на изоляторе (КНИ). Данная технология имеет ряд практических преимуществ: высокая химическая стойкость сапфира позволяет формировать элементы ИС путем вытравливания изолированных кремниевых островков, что повышает степень интеграции элементов и значительно упрощает процесс фотолитографии, высокое удельное сопротивление подложки позволяет применять КНС для изготовления СВЧ и радиационно-стойких приборов, малая толщина эпитаксиальных слоев КНС уменьшает паразитную емкость и увеличивает быстродействие элементов ИС одновременно с уменьшением энергопотребления.

Однако использование структур КНС влечет за собой ряд трудностей: плотность структурных дефектов в слоях КНС сравнительно велика, вследствие различия кристаллических решеток кремния и сапфира, что ведет к падению подвижности носителей заряда и снижению быстродействия ИС. Также известно, что электрофизические свойства эпитаксиальных структур КНС могут ухудшаться от дислокаций в глубоком гетероэпитаксиальном слое и высокой дефектности интерфейса кремний-сапфир [1,2].

В настоящее время, в российской микроэлектронике структуры КНС применяются в основном для производства п- и р-канальных МОП транзисторов КМОП ИС. На данный момент отечественная технология КНС позволяет формировать тонкие эпитаксиальные слои кремния толщиной до 300 нм на подложках лейкосапфира диаметром 150 мм. Для соответствия международным стандартам качества, необходимо обладать методом контроля концентрации дефектов приграничной области интерфейса кремний-сапфир, что позволит оптимизировать процесс производства КНС.

Теоретическая часть.

Структуры КНС, производимые ЗАО «ЭПИЭЛ», используются в производстве МОП транзисторов с индуцированным каналом. Дрейфовый поток носителей заряда проходит в подзатворной области (Рисунок 1. (б) области II и IV), поэтому такие характеристики проводящего канала, как подвижность носителей заряда и время их жизни, напрямую зависят от свойств эпитаксиального слоя кремния вблизи интерфейса кремний-воздух.

Еще одним определяющим параметром МОП транзистора является величина тока утечки при прямом смещении. При возрастании тока утечки, увеличивается энергопотребление и снижается максимально возможное пороговое напряжение прибора. В работе [4] показано, что основная область эпитаксиального слоя, плотность

дефектов в которой определяет величину тока утечки, расположена вблизи интерфейса кремний-сапфир (Рисунок 1, (б) область III). Высокая концентрация дефектов в этой области приводит к повышению неоднородности профиля удельного сопротивления и обеднению носителями заряда за счет их захвата структурными дефектами (глубокие уровни) эпитаксиального слоя.

Таким образом, контроль электрофизических параметров и кристаллографического совершенства эпитаксиального слоя кремния на сапфире позволит изготавливать МОП транзисторы с желаемым набором характеристик. Метод контроля должен быть неразрушающим и бесконтактным.

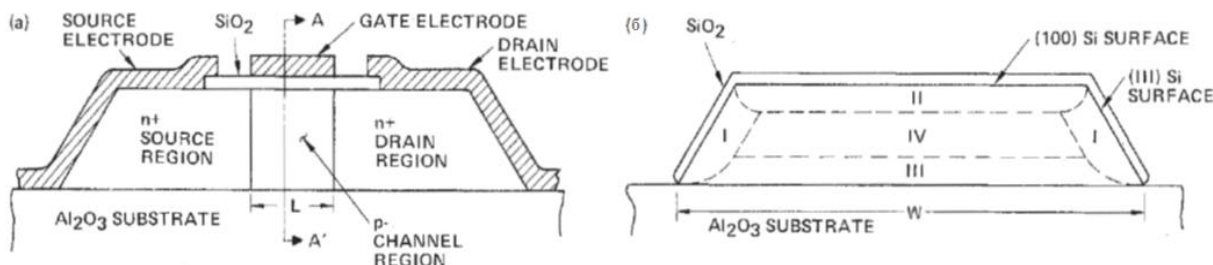


Рис.1. Схема МОП - транзистора на КНС, где (а) - разрез типичного n - канального транзистора; (б) - разрез А-А' по ширине канала [3].

До настоящего времени кристаллографическое совершенство области интерфейса кремний-сапфир определялось с помощью метода высоковольтного эффекта поля [5]. Возможности данного контактного метода позволяли получить только локальную информацию и не давали представления об однородности распределения параметра по площади структуры КНС. Помимо этого, существовали значительные ограничения по допустимому уровню легирования измеряемых эпитаксиальных структур.

В настоящее время активно исследуются методики и оборудование для бесконтактного контроля состояния интерфейса кремний-сапфир методом поверхностной фото-ЭДС [6]. Механизм измерения заключается в зондировании исследуемой области эпитаксиального слоя световым потоком с заданной длиной волны, генерирующим избыточное количество электронно-дырочных пар, изменяющих электронную структуру слоя, что отражается на величине поверхностного потенциала. Структуры КНС не требуют дополнительной подготовки к измерениям, т.к. неоднородность электрофизических параметров по профилю эпитаксиального слоя создает встроенный потенциал. Характер изменения поверхностного потенциала связан с рекомбинационными процессами, что позволяет судить о концентрации структурных дефектов в объёме исследуемого слоя.

Экспериментальная часть.

Одним из воплощений метода поверхностной фото-ЭДС является установка «ЕРИПП», разработанная ЗАО «Телеком-СТВ» [7] (Рисунок 2). Засветка области интерфейса кремний-сапфир, измеряемой структуры КНС, осуществляется со стороны сапфировой подложки с помощью импульсного светодиода (длина волны 405 нм). Инжектируемый световой поток, проходящий без рассеяния через подложку, формирует неравновесную концентрацию электронно-дырочных пар в приграничной области интерфейса кремний-сапфир и создает фото-ЭДС, вследствие растекания заряда. Возникновение фото-ЭДС, в свою очередь, изменяет поверхностный потенциал измеряемого участка, что регистрируется посредством сверхпроводящего ёмкостного электрода, расположенного вблизи поверхности сапфировой подложки. Усиленный регистрируемый аналоговый сигнал поступает на высокоскоростное АЦП, далее цифровая информация обрабатывается аналитически. После математической обработки, управляющая программа выдает информацию о величине амплитуды изменения поверхностного потенциала (показатель фото-ЭДС), выраженную в мВ. Даная величина является сравнительной количественной характеристикой концентрации структурных дефектов в приграничной области интерфейса кремний-сапфир.

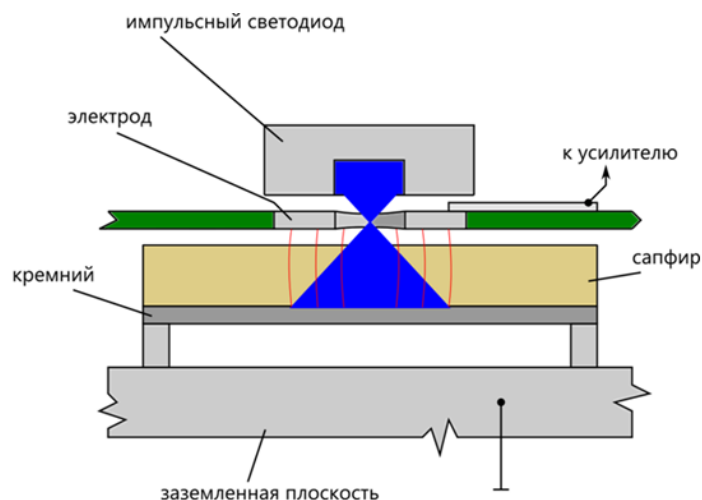


Рис.2. Принципиальная схема установки «ЕРИПП» (ЗАО «Телком-СТВ»).

ЗАО «Эпизл» совместно с ОАО «Ангстрем» проведены исследования, направленные на поиск зависимости величины тока утечки МОП транзисторов и показателя фото-ЭДС структур КНС. Усредненные результаты измерения МОП транзисторов, изготовленных на структурах КНС с различным показателем фото-ЭДС (ПФЭ), приведены на Рисунке 3.

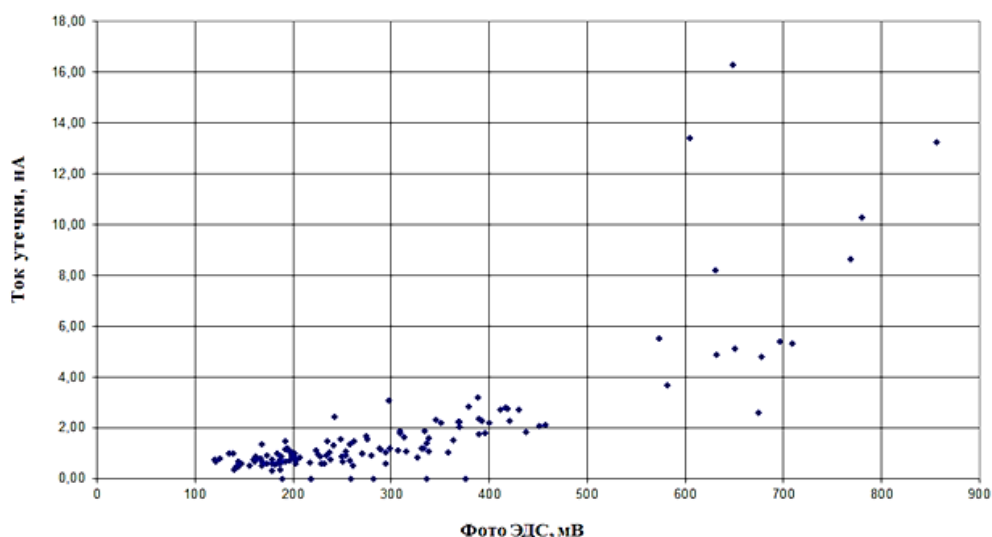


Рис.3. Соотношение средних значений показателя фото-ЭДС и токов утечки изготовленных транзисторов.

Из приведённой выше зависимости можно определить, что в диапазоне 100 - 450 мВ ток утечки имеет тенденцию к росту с ростом ПФЭ, но при этом не превышает максимально допустимое значение в 5 нА. В диапазоне выше 500 мВ имеются приборы с допустимым значением тока утечки, однако высокая неоднородность этого параметра делает затруднительным прогнозирование качества изготавливаемых транзисторов. Полученные данные позволяют использовать метод поверхностной фото-ЭДС для оптимизации технологического процесса получения структур КНС.

В дополнение, проведенные работы позволили найти зависимость между выходом годных кристаллов на структурах КНС диаметром 100 мм и значением показателя фото-ЭДС, усредненного по площади пластины. Измерения производились на прототипе установки «ЕРИПП» с подвижным измерительным устройством, позволяющим производить картографирование ПФЭ по площади.

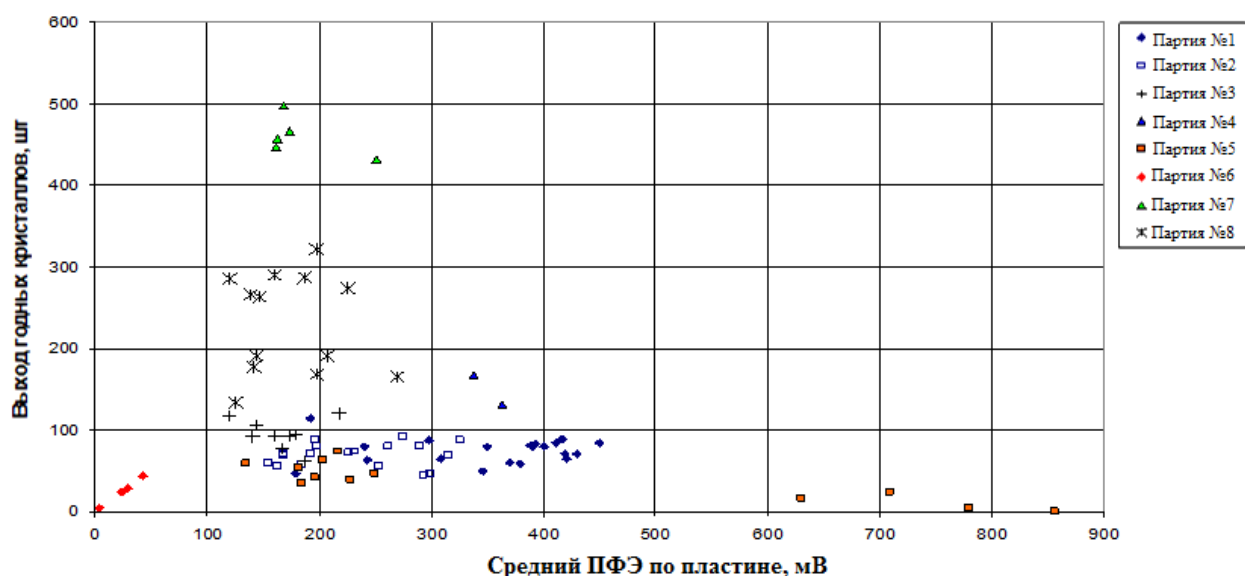


Рис.4. Соотношение средних значений ПФЭ и выхода годных кристаллов.

Полученные данные также говорят в пользу выбранного диапазона допустимых значений ПФЭ 100-450 мВ.

Таким образом, подтверждается, что состояние приграничной области интерфейса кремний-сапфир оказывает влияние на технологию изготовления приборов на КНС.

На основании найденных зависимостей была проведена оптимизация технологического процесса изготовления структур КНС. Эпитаксиальные структуры диаметром 100 мм были изготовлены в вертикальном реакторе LPE 2061S (Италия), оснащенном трёхъярусным подложкодержателем (ПД). Сапфировые подложки в каждом процессе располагались на верхнем и нижнем ярусе ПД, температура на этапе осаждения варьировалась от 940 до 995 °С. Концентрация дефектов в приборных областях (Рисунок 1. (б) область II и IV) контролировалась с помощью метода УФ рассеяния [3,8], который позволяет получать усреднённое значение измеряемого параметра в относительных единицах (максимально допустимое значение 1 отн. ед.). Приграничная область интерфейса кремний-сапфир контролировалась с помощью метода поверхностной фото-ЭДС на установке «ЕРИПП» (максимально допустимое значение показателя фото-ЭДС 450 мВ).

На Рисунке 5 приведены зависимости, найденные в результате оптимизации. На графике слева приводится зависимость УФ-рассеяния от температуры осаждения, которая позволяет определить оптимальные условия для нормального полиморфного роста кремния на сапфире. На графике справа показана зависимость ПФЭ от температуры осаждения, с помощью которой возможно подобрать максимально допустимую температуру начальной стадии роста, обеспечивающую правильное зарождение, рост и коалесценцию кремниевых островков. Зелеными точками отмечены результаты измерений структур, полученные на нижнем ярусе ПД, синими – на верхнем ярусе ПД.

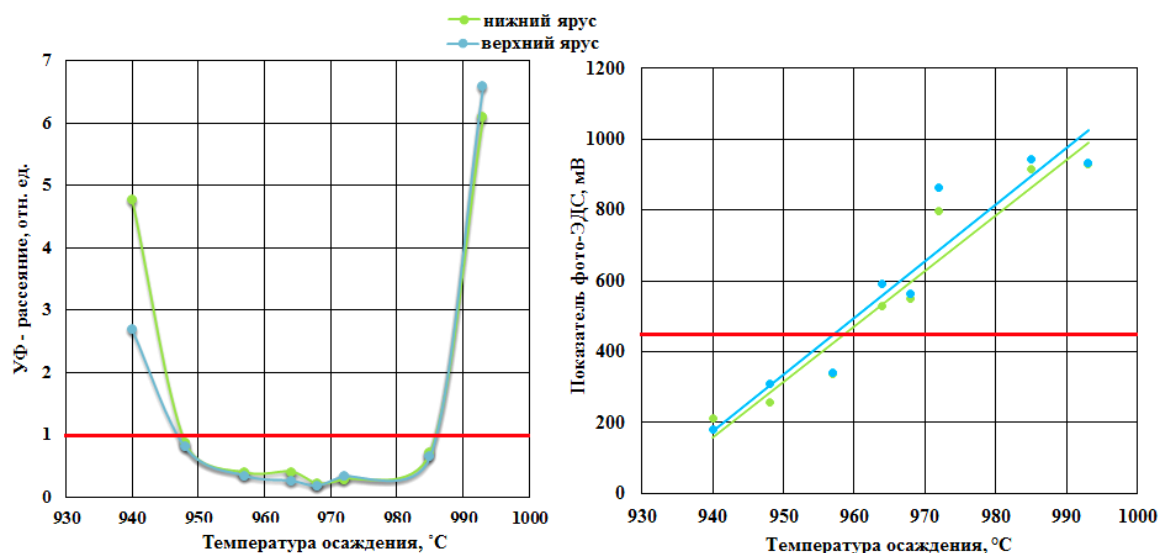


Рис.5. Результаты оптимизации процесса получения КНС в едином цикле с отжигом.

В результате проведенной оптимизации был найден новый температурный интервал, примерно 950-960 °C, при котором изготавливаемые структуры удовлетворяют оба контролируемые параметра.

Выводы.

- 1) Наиболее подходящим методом контроля кристаллографического совершенства интерфейса кремний-сапфир является метод поверхностной фото-ЭДС: измерение не требует особой подготовки образцов, высокая экспрессность позволяет интегрировать метод в линейку производственного контроля.
- 2) Концентрация дефектов в приграничной области интерфейса кремний-сапфир оказывает влияние на характеристики и процент выхода получаемых приборов на КНС.
- 3) С помощью метода поверхностной фото-ЭДС произведена оптимизация технологического процесса изготовления КНС, найден оптимальный температурный диапазон осаждения 950-960 °C.

Список литературы

1. Cristoloveanu S., Li S.S. Electrical characterization of SOI materials and devices // The Springer International Series in Engineering and Computer Science, ser. vol. 305, Springer, 1995.
2. Cristoloveanu S. Silicon films on sapphire // Reports on Progress in Physics, vol. 3, p. 327, (1987).
3. Duffy M.T., Corboy J.F. et al. Measurement of the near-surface crystallinity of silicon on sapphire by UV reflectance // Journal of Crystal Growth, vol. 58, p. 10-18, (1982).
4. McGreivy D.J. On the origin of leakage currents in Silicon-On-Sapphire MOS transistors // IEEE Trans on Elect. Devices, vol. ED-24 №. 6, p. 730-738, June 1977.
5. Сидоров А.И., Сальников Л.А., Чумак В.Д. // Электронная техника сер. Материалы, вып. 5 (204), с.20-22, (1985).
6. Яремчук А.Ф., Старков А.В., Соколов Е.М. // Известия вузов. Электроника. №5(103), с. 14-18, (2003).
7. Патент РФ № 2515415 от 10.05.2014 г.
8. Патент РФ № 2141647 от 20.11.1999 г.

СЕКЦИЯ №4.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)

ВЛИЯНИЕ ПОНИЖЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ НА РАБОТУ ТРАДИЦИОННЫХ И РЕЗОНАНСНЫХ ИНВЕРТОРНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

¹Шолохов М.А., ²Разиков М.Н., ²Фивейский А.М., ²Мельников А.Ю.

¹ООО «ШТОРМ», РФ, г.Екатеринбург

²УрФУ, РФ, г.Екатеринбург

Целью настоящей работы являлось сравнение сварочно-технологических свойств инверторов для ручной дуговой сварки Handy 160 и MicorStick 160. Оба аппарата предназначены для небольших объемов сварочных работ при ремонте или монтаже. Несомненным достоинством MicorStick 160 является возможность проведения сварочных работ при отсутствии электроснабжения с применением питания от Li-ионного аккумулятора MobilePower 1. Однако, в ряде случаев, возможно применение достаточно длинных удлинителей, которые при небольшом сечении проводов имеют большое падение напряжения. Поэтому практический интерес представляет испытания этих инверторов при пониженном напряжении питающей сети.

Основным отличием данных аппаратов является разное построение силовой части. Handy 160 собран по схеме полного моста с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), а MicorStick 160 - резонансного полного моста. Вследствие этого у MicorStick отсутствует провал мощности при переключении диагоналей моста транзисторов, а также к управляющим сигналам, поступающим от ШИМ контроллера, не предъявляется таких высоких требований, что позволяет переключать силовые транзисторы импульсным трансформатором [1]. При этом, данное отличие позволяет получить ряд других преимуществ: благодаря системе управления MICOR обеспечивается положение рабочей точки в одной и той же части резонансной кривой; резонансный контур продолжает колебаться независимо от подачи внешней энергии, и таким образом, происходит выравнивание и повторная адаптация частоты включения схемных элементов к резонансной частоте контура; благодаря подобному способу регулировки можно добиться такой выходной характеристики сварочного источника, в которой малому току соответствует высокое выходное напряжение для поддержания горения дуги, причем параметры силовой части источника могут поддерживаться на низком уровне, так как дополнительно необходимая энергия поставляется из резонансного контура; после изменения сопротивления дуги быстро восстанавливаются заданные параметры источника в соответствие с резонансным контуром; высокий КПД, а значит низкое потребление энергии; возможность более полного управления переносом капли за счет мгновенной (1,5 MHz) реакции схемы управления на возмущения дуги, а как следствие, значительное уменьшение разбрызгивания и стабильное горение сварочной дуги во всех пространственных положениях [1].

Технология Micor отразилась на вольт-амперной характеристике источника, показанной на Рисунке 1.

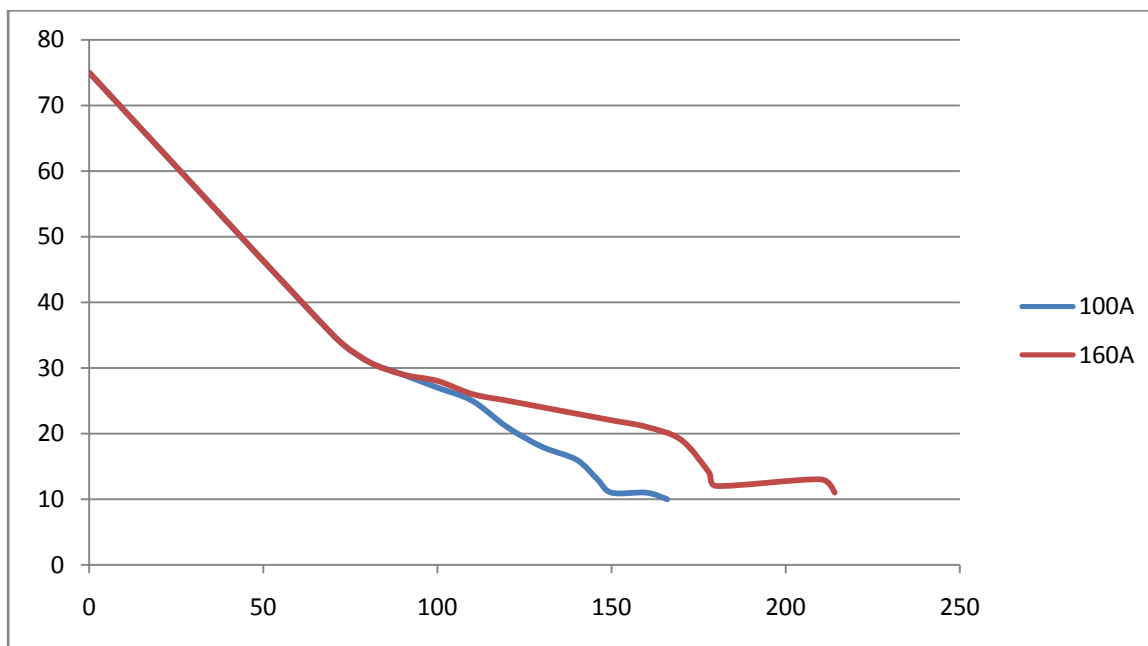


Рис.1. Вольт-амперная характеристика MicorStick 160 при питании от сети 220V

Вольт-амперная характеристика Handy 160, представленная на Рисунке 2, не отличается от большинства современных инверторов.

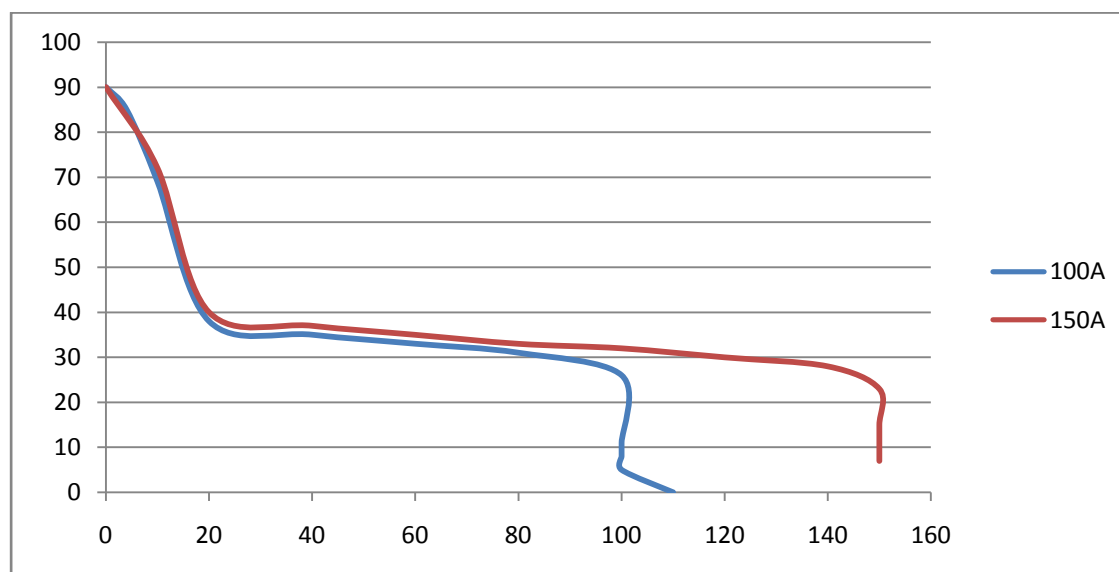


Рис.2. Вольт-амперная характеристика Handy 160

Преимущества технологии Micor проявляются также при сварке на пониженном напряжении питающей сети. Инверторы подключались к сети через лабораторный автотрансформатор АОМН-40-220-75У4, максимальный ток которого составляет 40 ампер, частота 50 герц, пределы регулируемого напряжения от 0 до 240 вольт, число фаз – 1. При снижении напряжения питающей сети до 140 вольт производилась контрольная наплавка валика на металлическую пластину электродом рутилового типа диаметром 3 мм.

При использовании MicorStick 160 при выставлении регулятора тока в максимальное положение контрольный валик аналогичен валику, полученному на токе 50 ампер при напряжении питающей сети 220 вольт. При использовании Handy 160 не удалось добиться формирования валика при напряжении сети 140 вольт.

Поскольку MicorStick 160 имеет возможность работы от аккумуляторной батареи MobilePower 1 получена вольт-амперная характеристика, показанная на Рисунке 3.

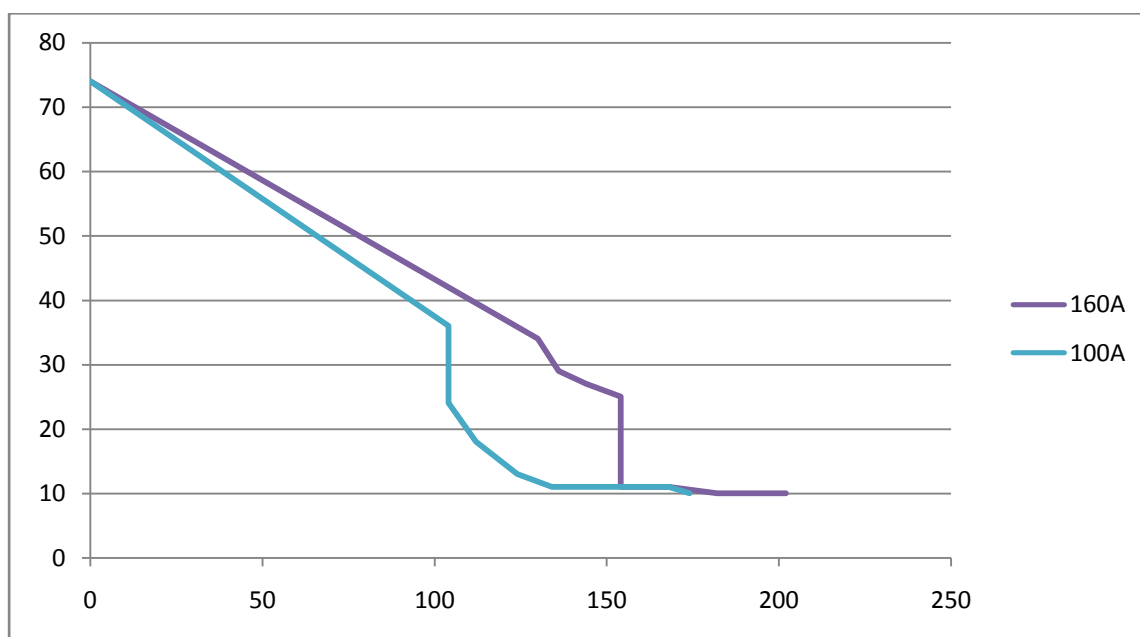


Рис.3. Вольт-амперная характеристика MicorStick 160 при питании от аккумуляторной батареи MobilePower 1

При питании от аккумулятора наблюдается крутой спад характеристики на выставленном токе, что характеризует высокую стабилизацию по току.

Проведенными исследованиями показано значительное преимущество использования технологии Micor в условиях пониженного напряжения питания, возможность использования длинных удлинителей или аккумуляторной батареи, что позволяет достичь более высокой мобильности в выполнении сварочных работ.

Список литературы

1. Зиновкин, А.А. Резонансные технологии в сварке: этапы развития. [Текст] / А.А. Зиновкин, М.А. Шолохов, А.М. Фивейский // Сварка и диагностика. - 2013. - №1. – С. 48-52

МЕТОДИКА КОНТРОЛЬНОЙ ПРОВЕРКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА НАДЕЖНОСТЬ ПРИ КОМПОНОВКЕ МАШИНЫ

Анцупов А.В. (мл), Анцупов А.В., Анцупов В.П., Слободянский М.Г., Русанов В.А.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
РФ, г.Магнитогорск

Аннотация.

Предложена методика теоретической оценки и обеспечения долговечности наиболее нагруженных деталей машин на стадии их конструирования без проведения экспериментов. В ее основу положена универсальная зависимость для расчета скорости повреждаемости структуры материалов в условиях статического и циклического нагружения элементов во всем диапазоне напряжений и температур.

Ключевые слова: надежность, долговечность, критерий, кинетическая прочность, плотность скрытой энергии, ресурс.

На стадии конструирования машин при их компоновке в процессе сравнительного анализа различных вариантов конструкции основных, наиболее нагруженных элементов, выполняют контрольную проверку их надежности [1]. В работах [2-6] при прогнозировании надежности исследуемых деталей в предполагаемых условиях эксплуатации предложено использовать аналитические модели отказов, в основу построения которых положен кинетический подход к моделированию процесса разрушения конструкционных материалов и термодинамическая теория прочности твердых тел [7, 8].

Ниже излагается методика прогнозирования ресурса деталей машин по кинетическому критерию прочности материалов в стационарных условиях их статического или циклического нагружения. Согласно

термодинамической концепции в качестве параметра технического состояния исследуемых элементов принимают текущую плотность скрытой энергии u_{et} дефектов структуры локальных, наиболее нагруженных объемов материала, в которых действуют максимальные статические или циклические напряжения σ при рабочей температуре T [2-4].

В этом случае для расчета среднего ресурса t_* различных вариантов конструкции исследуемых элементов и обеспечения требуемого в техническом задании уровня долговечности можно использовать базовую зависимость общей теории прогнозирования надежности технических объектов вида [2, 7, 9]:

$$t_* = (u_{e*} - u_{e0}) / \bar{\dot{u}}_e, \quad (1)$$

u_{e*} , u_{e0} - критическое и начальное значение плотности скрытой энергии дефектов u_{et} при $t = t_*$ и $t = t_0$;

$$u_{e*} = \Delta H_{TB} - c(T) \cdot \rho(T) \cdot T; \quad u_{e0} = \left((0,067 \cdot HV_0)^{1,2} \cdot k_\sigma \right)^2 / (6 \cdot G);$$

ΔH_{TB} - энтальпия плавления материала в твердом состоянии;

$c(T)$, $\rho(T)$ - теплоемкость и плотность материала;

HV_0 - среднее значение твердости по Виккерсу;

k_σ - комплексный структурный параметр [7]:

$$k_\sigma = \left(6,47 \cdot 10^{-6} \cdot HV_0 + 0,12 \cdot 10^{-2} \right)^{-1}$$

$\bar{\dot{u}}_e$ - скорость повреждаемости структуры материалов исследуемых деталей.

Для оценки величины $\bar{\dot{u}}_e$ в работе [7, ф.(3.37)] выведено кинетическое уравнение повреждаемости в квазистационарном приближении:

$$\bar{\dot{u}}_e = A_1 \cdot sh[a \cdot (\alpha'_y \cdot \sigma^2 - \bar{u}_e)], \quad (2)$$

где a и α'_y - параметры;

$\bar{u}_e = (u_{e*} + u_{e0}) / 2$ - среднее значение плотности скрытой энергии, накопленное за весь период t_* деформирования вплоть до разрушения.

Однако сам автор к практическому использованию рекомендует только два частных случая общей зависимости (2): "линеаризованный" - для условий многоциклового, и "экспоненциальный" - при малоциклового усталости [7]. Кроме того, условие (2) теряет смысл для интервала напряжений σ , при котором аргумент гиперболического синуса меньше нуля, что противоречит практике и базовым положениям кинетической концепции [9].

Для устранения противоречия и учета по принципу Ле-Шателье сопротивления $\bar{u}_e$ упрочняющейся структуры материала во всем возможном диапазоне значений эксплуатационных напряжений, на наш взгляд, корректнее поступить следующим образом. Если в условии (2) принять $\bar{u}_e = 0$, то получим выражение для оценки скорости $\dot{u}_e$ накопления плотности энергии дефектов структуры без учета ее упрочнения. Тогда на момент разрушения t_* плотность этой энергии дефектов достигнет величины $u_{et*} = \dot{u}_e \cdot t_*$, которая превысит истинное критическое значение плотности u_{e*} [7, рис. 12] на величину $\bar{u}_e = (u_{e*} + u_{e0}) / 2$, т.е. будет равна:

$$u_{et*} = u_{e*} + \bar{u}_e = u_{e*} + (u_{e*} + u_{e0}) / 2.$$

Отношение $(u_{e*} - u_{e0}) / (u_{et*} - u_{e0})$ определит коэффициент снижения скорости $\dot{u}_e$ до величины $\bar{\dot{u}}_e$, т.е. коэффициент, учитывающий сопротивление структуры материала:

$$K_C = \frac{\bar{\dot{u}}_e}{\dot{u}_e} = \frac{u_{e*} - u_{e0}}{u_{et*} - u_{e0}} = \frac{u_{e*} - u_{e0}}{u_{e*} + \bar{u}_e - u_{e0}} = \frac{2 \cdot (u_{e*} - u_{e0})}{3 \cdot u_{e*} - u_{e0}}. \quad (3)$$

Таким образом, уточненное уравнение (2) можно записать в виде:

$$\ddot{u}_e = K_C \cdot \dot{u}_e = K_C \cdot A_1 \cdot sh[a \cdot \alpha'_y \cdot \sigma^2]. \quad (4)$$

Подставляя выражение (4) с учетом (3) в условие (1), раскрывая A_1 , a и α'_y согласно [7, 8] и вводя коэффициент частоты нагружения k_ω , получим теоретическую зависимость для оценки проектного ресурса в квазистационарном приближении:

$$t_* = k_\omega \cdot \frac{h \cdot (3 \cdot u_{e*} - u_{e0}) \cdot \left(sh \left[\frac{\nu_0 \cdot V_{am}}{2 \cdot k \cdot T_*} \cdot \left(\frac{\alpha \cdot \sigma_i^2}{\nu_0} \right) \right] \right)^{-1}}{4 \cdot k \cdot T \cdot U(\sigma_0, T_0) \cdot \exp \left[- \frac{U(\sigma_0, T_0)}{k \cdot T} \cdot V_{am} \right]}. \quad (5)$$

Параметры, входящие в условие (5), определим по одному из вариантов, предложенных в работах [7, 8]:

k , h , V_{am} - постоянная Больцмана, постоянная Планка, атомный объем материала детали;

T - рабочая температура элемента. При статических нагрузках рабочая температура равна температуре окружающей среды: $T = T_0$. При стационарном циклическом нагружении:

$$T = T_0 + (T_* - 870 \cdot \nu_0) / (44 \cdot \nu_0); \quad (5.1)$$

T_* - температура локальных разогревов:

$$T_* = T_0 \cdot \sigma_{np}^2 / (\sigma_{np}^2 - \sigma_a^2); \quad (5.2)$$

σ_{np} - предельное напряжение, равное пределу текучести σ_T для пластичных и пределу прочности σ_B для хрупких материалов; пределу выносливости σ_{lim} при расчете ресурса на контактную или объемную усталость;

$\nu_0 = T_0 / 870$ - коэффициент неравномерности распределения скрытой энергии;

σ_0 и σ_i - шаровая и девиаторная часть тензора напряжений:

$$\sigma_0 = M_R \cdot \sigma / 3 \quad \text{и} \quad \sigma_i = M_R \cdot \sigma; \quad (5.3)$$

M_R - коэффициент эквивалентности воздействия статических и циклических напряжений. Для статических напряжений $M_R = 1$. При циклических нагрузках:

$$M_R^2 = \sigma_T \cdot (65 + 0,46 \cdot HV_0) / \sigma_R^2 \quad (5.4)$$

σ_R - предел выносливости материала; $R = \sigma_{min} / \sigma_{max}$ - коэффициент асимметрии цикла; σ_{max} и σ_{min} - максимальное минимальное напряжение цикла;

$U(\sigma_0, T_0)$ - энергия активации процесса разрушения межатомных связей при напряжении σ_0 и исходной температуре T_0 :

$$U(\sigma_0, T_0) = U(p_{T_0}) - \Delta U_{T_0} - \Delta U_{\sigma_0}; \quad (5.5)$$

$U(p_{T_0})$ - энергия активации с учетом теплового давления при $T = T_0$, $\sigma = 0$ и $\Delta U_{T_0} = 0$:

$$U(p_{T_0}) = (0,1215 + 5,8257 \cdot 10^{-3} \cdot T_0) \cdot 10^{-19} / V_{am}; \quad (5.6)$$

ΔU_{T_0} - изменение энергии активации от повышения температуры до $T = T_0$:

$$\Delta U_{T_0} = 3 \cdot \alpha_0 \cdot K \cdot T_0 / 2; \quad (5.7)$$

α_0 , $K = E / (3 \cdot (1 - 2 \cdot \mu))$, E , μ - коэффициент теплового расширения, модуль объемной и линейной упругости, коэффициент Пуассона;

ΔU_{σ_0} - изменение энергии активации от шаровой части тензора напряжений:

$$\Delta U_{\sigma_0} = \beta \cdot \sigma_0^2; \quad (5.8)$$

α и β - энергетические параметры:

$$\alpha = \varphi_{\sigma}^2 / (6 \cdot G(T)) \text{ и } \beta = \varphi_{\sigma}^2 / (2 \cdot K(T)); \quad (5.9)$$

$\varphi_{\sigma} = k_{\sigma} \cdot v_0^{0,5}$ - коэффициент перенапряжения межатомных связей;

$G(T)$ и $K(T)$ - модуль сдвига и объемной упругости материала в функции температуры:

$$G(T) = E(T) / (2 \cdot (1 + \mu(T))); \quad K(T) = E(T) / (3 \cdot (1 - 2 \cdot \mu(T))); \quad (5.10)$$

$\mu(T)$, $E(T)$ - коэффициент Пуассона и модуль линейной упругости в функции температуры [2]:

$$\mu(T) = \mu \cdot e^{-0,0005 \cdot T} \text{ и } E(T) = E \cdot e^{-0,0007 \cdot T}; \quad (5.11)$$

$k_{\omega} = \omega_0 / \omega$ - коэффициент частоты циклического нагружения (при статических нагрузках $k_{\omega} = 1$);

$\omega_0 = 12,5 \text{ с}^{-1}$ - базовая частота нагружения образцов в эксперименте [5]; $\omega = 2 \cdot \pi / t_0$ - фактическая частота нагружения исследуемой детали; t_0 - период цикла.

Достоверность методики (5), (5.1) - (5.11) была проверена сравнением (см. Табл.1) расчетных значений рабочих температур T^p и средних значений скоростей $\bar{u}^p$ повреждаемости материалов с соответствующими экспериментальными величинами T^{ε} и $\bar{u}^{\varepsilon}$.

Эти величины получены при проведении исследований процесса повреждаемости и усталостного разрушения образцов из отожженной стали 45(о) при симметричном цикле "растяжения - сжатия" в различных условиях нагружения, которые описаны в работе [7, Рисунки 6 и 7].

Приведенные в таблице результаты показывают корректность расчетной методики, так как ошибки сравнения укладываются в экспериментальный диапазон рассеивания величины $\bar{u}^{\varepsilon}$, который для стали 45(о) составляет $\pm 11,93\%$ [7]. Кроме того, численные значения $\bar{u}^{\varepsilon}$ нами были определены по аппроксимирующим графикам, нанесенным на Рисунке 6 работы [7], что вносит дополнительные неточности в результаты сравнительного анализа.

Таблица 1

Сравнение экспериментальных и расчетных данных

№	Амплитуда цикла, σ , МПа	Температура образцов, T^{ε} / T^p , °C	Скорость повреждаемости, $\bar{u}^{\varepsilon} / \bar{u}^p$, (Дж / мм ³ · с)	Ошибка расчета, δ_T / δ_u , %
1	225	37 / 41,3	0,000312 / 0,000214	11,6 / 31,4
2	231	42 / 45,7	0,00053 / 0,000329	8,8 / 37,7
3	239	49 / 51,4	0,000901 / 0,000622	4,9 / 30,9
4	248	53 / 56,8	0,00145 / 0,00144	7,2 / 0,669
5	253	62 / 63,7	0,00285 / 0,00259	2,7 / 10,0

Таким образом, разработанная методика расчета ожидаемого ресурса (5), (5.1)-(5.11) позволяет проводить на стадии компоновки машины сравнительный анализ различных вариантов и модификаций конструкции деталей в предполагаемых условиях нагружения по критерию их долговечности и выбирать наиболее целесообразные из них при компоновке машин. Это позволяет избежать проведения дополнительных модельных или натурных испытаний и существенно снизить материальные, временные и финансовые затраты этапов разработки.

Список литературы

1. Надежность в машиностроении: Справочник 1/Н17 Под общ. ред. В.В. Шашкина, Г. П. Карзова.- СПб.: Политехника, 1992.- 719 с.
2. А.В. Анцупов (мл.) Теория и практика обеспечения надежности деталей машин по критериям кинетической прочности и износостойкости материалов: монография / А.В. Анцупов (мл.), А.В. Анцупов, В.П. Анцупов // Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. 308с.

3. Основы физической теории надежности деталей машин по критериям кинетической прочности материалов / В.П. Анцупов, Л.Т. Дворников, Д.Г. Громаковский, А.В. Анцупов (мл.), А.В. Анцупов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2014. №1. С. 141-146.
4. Анцупов А.В. (мл.). Развитие теории прогнозирования надежности деталей машин / А.В. Анцупов (мл.), А.В. Анцупов, В.П. Анцупов // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2014. №2. С.26-32.
5. Анцупов А.В. Обеспечение надежности узлов трения машин на стадии проектирования: Монография / А.В. Анцупов, А.В. Анцупов (мл.), В.П. Анцупов // Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013.- 293с.
6. Выбор износостойких материалов при проектировании узлов трения / В.П. Анцупов, А.В. Анцупов (мл.), А.В. Анцупов и др. // Материалы 67-й научно-технической конференции: сб. докл. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009.- Т.1.- С. 197-200.
7. Федоров В.В. Кинетика повреждаемости и разрушения твердых тел. Ташкент: Издательство «Фан» УзССР, 1985. 165с.
8. Федоров В.В. Основы эргодинамики и синергетики деформируемых тел / В.В. Федоров; под ред. С.В. Федорова. - Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО "КГТУ", 2014. - Ч.III. Основы эргодинамики деформируемых тел.- 222с.
9. Особенности проектной оценки долговечности деталей машин в условиях много- и малоцикловой усталости / А.В. Анцупов (мл.), А.В. Анцупов, В.П. Анцупов, М.Г. Слободянский, В.А. Русанов // Механическое оборудование металлургических заводов: Междунар. сб. науч. тр. / под ред. Корчунова А.Г. Вып.3 - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. С. 40-47.

СЕКЦИЯ №5.

ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)

ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПЕРЕДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Левин В.М., Рычагова Е.А., Сорокин И.В.

НГТУ, РФ, г.Новосибирск

Введение.

Современные электрические сети по своему составу и связям, процессам и способам управления относятся к разряду сложных многоуровневых иерархических систем [6], для которых всё большую актуальность приобретают вопросы рациональной организации эксплуатации и эффективного управления функционированием [8]. Техническое обслуживание и ремонты (ТОиР) оборудования электрических сетей представляют собой один из основных инструментов в обеспечении их длительной надежной эксплуатации. В свете этого особое внимание уделяется стратегиям ТОиР электрооборудования (ЭО), призванным обеспечить снижение затрат на эксплуатацию без риска для надежности. Разработка таких стратегий является центральной темой большинства отечественных и зарубежных исследований на протяжении нескольких последних десятилетий [2,4,7,9,10].

Одной из признанных стратегий ТОиР является стратегия профилактики. Согласно ей предотвращение аварийных отказов ЭО достигается путем проведения упреждающих профилактических мероприятий, направленных на устранение опасных повреждений (дефектов) и поддержания работоспособного состояния. Известны несколько модификаций стратегии профилактического обслуживания (табл.1):

- 1) по факту отказа (Run-to-Failure – RTF);
- 2) по фиксированной наработке (Time Based Maintenance – TBM);
- 3) по фактическому состоянию (Condition Based Maintenance – CBM);
- 4) по надежности (Reliability Centered Maintenance – RCM);
- 5) по оценке прогнозируемых рисков (Risk Based Maintenance – RBM).

Их различают по целям и способам достижения, а, кроме того, по степени

Таблица 1

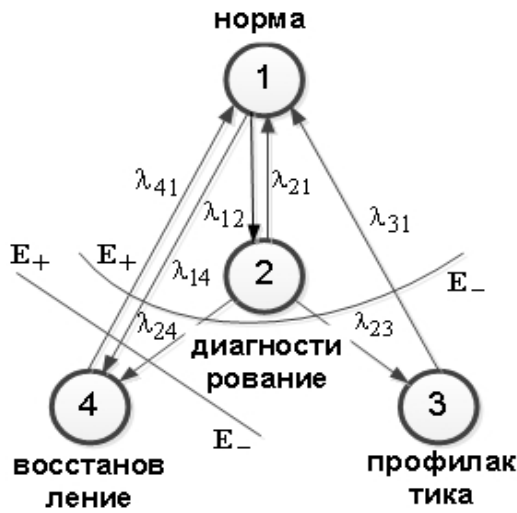
Сопоставление стратегий профилактического обслуживания ЭО

Наименование стратегии ТОиР	Необходимая информация	Критерий эффективности	Область применения
RTF (неплановое, корректирующее, “реактивное” обслуживание)	Факт внезапного отказа; возможность восстановления (объем внепланового ремонта); необходимость замены.	Снижение суммарного времени внеплановых простоев.	Технически не сложное и не дорогое ЭО и его комплектующие.
TBM (плановое, предупредительное обслуживание)	Статистика внезапных отказов и аварийных отключений однотипного ЭО.	Снижение вероятности возникновения отказа.	ЭО с возрастающей в зависимости от наработки частотой отказов.
CBM (плановое, предупредительное обслуживание)	Диагностическая статистика, мониторинг состояния ЭО.	Снижение частоты отказов, повышение вероятности безотказной работы.	Технически сложное ЭО с неубывающей частотой отказов.
RCM (плановое, комбинированное обслуживание)	Критичность ЭО для системы, фактическое состояние ЭО, тяжесть последствий отказов ЭО (величина ущерба).	Повышение надежности системы при заданных ограничениях на ресурсы.	Оборудование разной сложности, технического состояния и критичности к отказам.
RBM (плановое, комбинированное обслуживание)	Критичность к отказам, фактическое состояние ЭО, стоимости рисков при не проведении ТОиР и стоимости его проведения.	Снижение совокупных затрат и ущербов при обеспечении заданной надежности функционирования.	Разнородное ЭО по сложности, возрастному составу, критичности к отказам.

использования результатов диагностирования ЭО и информации о надежности электрической сети. Согласно результатам многочисленных исследований, вектор развития стратегии профилактик за рубежом ориентирован на информационно избыточные системы реального времени. Современное состояние российского распределительного сетевого комплекса (РСК) напряжением 110-35-10(6) кВ характеризуется относительно не высоким уровнем автоматизации контроля, технологией периодического диагностирования, повышенным износом ЭО, ограниченностью ресурсов на его модернизацию. В этих условиях обеспечение надежного, бесперебойного электроснабжения потребителей РСК достигается применением стратегии, адаптирующей периодичность профилактик к фактически наблюдаемой частоте неисправностей и риску отказов ЭО. Стратегия ТОиР требует моделирования взаимосвязанных потоков случайных событий, и использования ретроспективных данных типа времени жизни совокупностей ЭО по классам номинального напряжения совместно с данными оперативного контроля режима и состояния отдельной единицы ЭО.

Таким образом, актуальна задача синтеза моделей и критериев для оптимизации показателей эксплуатации ЭО передачи и распределения и обоснования эффективности предложенной стратегии профилактик.

Математические основы синтеза моделей. Основу синтеза вероятностных моделей надежности ЭО для предлагаемой стратегии ТОиР составляет теория управляемых Марковских и полумарковских случайных процессов [1,3]. Этот математический аппарат нашел широкое применение для описания эволюции систем с возрастающей функцией интенсивности отказов $\omega(t) = \omega_0 + b \cdot t$ (ω_0 – начальное значение параметра потока отказов; b – коэффициент, характеризующий темпы старения оборудования), так называемых «стареющих» систем, к которым следует отнести все типы оборудования электрических сетей. Построенные на его основе модели представляют собой направленные графы, вершины которых – состояния системы, характеризующиеся вероятностями p_i ($i = \overline{1, n}$), а дуги – переходы из одного состояния в другое с интенсивностями λ_{ij} ($j \neq i$). С учетом вводимых обозначений двухуровневая модель ТОиР ЭО будет представлена направленным графом (Рисунок 1) и системой уравнений (1). Модель (1) реализует совокупность потоков случайных событий согласно следующему описанию. В процессе эксплуатации ЭО из состояния 1 (норма) с периодичностью τ переводится в состояние 2 (диагностирование) продолжительностью T_k . По результатам диагностирования с вероятностью q_1 ЭО может быть возвращено в состояние 1 (q_1 – вероятность того, что за время τ дефект не возникнет), с вероятностью q_2 может быть переведено в состояние 3 (профилактика) продолжительностью $T_{по}$ с целью устранения развивающегося дефекта (q_2 – вероятность того, что за время τ дефект возникнет, но не успеет развиваться до отказа), с вероятностью q_3 может быть переведено в состояние 4 (восстановительный ремонт) продолжительностью $T_{ав}$ для ликвидации последствий отказа и восстановления эксплуатационного ресурса (q_3 – вероятность того, что за время τ дефект возникнет и успеет развиваться до отказа). Кроме этого в межконтрольный период с интенсивностью $\omega(t)$ может возникнуть скрытый отказ ЭО, который будет обнаружен и устранен при аварийном ремонте (переход 1-4).



$$\begin{cases} 0 = \lambda_{12} \cdot p_1 - (\lambda_{21} + \lambda_{23} + \lambda_{24}) \cdot p_2 \\ 0 = \lambda_{23} \cdot p_2 - \lambda_{31} \cdot p_3 \\ 0 = \lambda_{14} \cdot p_1 + \lambda_{24} \cdot p_2 - \lambda_{41} \cdot p_4 \\ \sum_{i=1}^4 p_i = 1 \end{cases} \quad (1)$$

Рис.1. Модель ТОиР ЭО.

Интенсивности переходов из одного состояния в другое (рис.1) будут определяться по выражениям:
 $\lambda_{12} = \tau^{-1}$; $\lambda_{21} = q_1 \cdot T_k^{-1}$; $\lambda_{23} = q_2 \cdot T_k^{-1}$; $\lambda_{24} = q_3 \cdot T_k^{-1}$; $\lambda_{31} = T_{по}^{-1}$; $\lambda_{14} = \omega(t)$; $\lambda_{41} = T_{ав}^{-1}$.

Достоинством разработанной модели (1) является возможность получения аналитических решений для основных показателей эксплуатационной надежности ЭО в зависимости от интервала времени между периодическими профилактиками $t = T$:

1) вероятности безотказной работы

$$p_1(t) = \left[1 + t^{-1} \cdot (T_k + q_2 \cdot T_{по} + q_3 \cdot T_{ав}) + \omega(t) \cdot T_{ав} \right]^{-1}; \quad (2)$$

2) коэффициента готовности

$$K_{\Gamma}(t) = \left[1 + \frac{\left(\frac{q_2 \cdot t^{-1}}{T_{по}^{-1}} \right) \cdot T_{по} + \left(\frac{\omega(t) + q_3 \cdot t^{-1}}{T_{ав}^{-1}} \right) \cdot T_{ав}}{\left(t^{-1} + \omega(t) \right)^{-1} + \left(\frac{t^{-1}}{T_k^{-1}} \right) \cdot T_k} \right]^{-1}; \quad (3)$$

3) средней частоты внезапных отключений (отказов)

$$\bar{w}_H(t) = \left(T_{ав} + \frac{A + B \cdot t}{C + D \cdot t} \right)^{-1}, \quad (4)$$

где: $A = [(T_k + q_2 \cdot T_{по}) \cdot (1 + \omega(t) \cdot T_{ав}) - (T_k + q_3 \cdot T_{ав})]$, (год); $B = q_2$, (о.е.);
 $C = [q_3 \cdot (1 + \omega(t) \cdot T_{ав}) - \omega(t) \cdot (T_k + q_3 \cdot T_{ав})]$, (о.е.); $D = \omega(t) \cdot q_2$, (год⁻¹).

Согласно исследованиям [4] показатели (2)–(4), характеризующие безотказность и ремонтпригодность ЭО, представляют собой монотонные функции времени t . Это обеспечивает возможность использования полученных зависимостей в качестве критериев при выборе оптимального значения периодичности профилактик $T_{опт}$ исходя из следующих условий:

$$\frac{dp_1(t)}{dt} = 0; \quad \frac{dK_{\Gamma}(t)}{dt} = 0; \quad \frac{d\bar{w}_H(t)}{dt} = 0.$$

К числу показателей эффективности эксплуатации ЭО передачи и распределения наряду с показателями надежности относятся и показатели экономичности, например, такие как суммарные затраты на интервале эксплуатации. Выражение для определения суммарных эксплуатационных затрат на восстановление и профилактику ЭО на интервале эксплуатации ΔT , полученное по параметрам модели (1), будет представлено в виде:

$$C_S = \sum_{t=0}^{\Delta T} \left[\left(\frac{C_B}{C_{\Pi}} \right) \cdot \bar{w}_H(t) + \bar{w}'_H(t) \right] \cdot C_{\Pi} \cdot t. \quad (5)$$

Здесь: $\bar{w}_H(t)$, $\bar{w}'_H(t)$ (год⁻¹) – средние частоты внезапных и преднамеренных отключений ЭО; $\left(\frac{C_B}{C_{\Pi}} \right)$

– отношение средних стоимостей его восстановления и профилактики. Комплексным показателем эксплуатационной надежности ЭО является риск отказов. Он одновременно учитывает вероятность возникновения отказа – $F(t)$ (функцию ненадежности) и величину нежелательных последствий (ущерб). Ущерб, как правило, вызван аварийным недоотпуском электроэнергии потребителям и технологическими потерями и имеет вероятностную природу. Его величина зависит от загрузки ЭО и времени аварийного простоя [5]. Результатом преобразования параметров модели (1) является выражение (6) для расчета величины ущерба в функции от периодичности профилактического обслуживания ЭО. Здесь: $\Delta \bar{\Pi}$ – средняя величина технологических потерь, вызванных отказами в сети, $(1 - \exp(-\omega_{\Delta \Pi} \cdot \Delta \bar{\Pi}))$ – вероятность того, что при отказе суммарные потери будут достигать средней величины с заданной интенсивностью $\omega_{\Delta \Pi}$; ξ_0 – удельная стоимость потерь.

$$Y_{\Sigma} = \xi_0 \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{t=0}^{\Delta T} \left[\Delta \bar{\Pi}_i \cdot (1 - \exp(-\lambda_{\Delta \Pi_i} \cdot \Delta \bar{\Pi}_i)) \cdot F_i(t) \cdot \bar{w}_{H_i}(t) \right] \cdot t. \quad (6)$$

Выражение (7) получается в результате суммирования переменных, определяемых по (5) и (6), и позволяет рассчитать суммарные эксплуатационные затраты на профилактику и восстановление однотипного ЭО с учетом риска аварийных отказов:

$$C_R(t) = [C_S(t) + Y_{\Sigma}(t)]. \quad (7)$$

Методика оптимизации ТОиР ЭО передачи и распределения. Информационной основой расчетов по разработанным моделям является статистика неисправностей (дефектов) и отказов ЭО разных классов напряжения. Методы математической статистики служат инструментом для получения вероятностных характеристик случайных потоков событий. Достоверность результатов обработки исходной информации и адекватность получаемых по модели решений определяются однородностью и представительностью статистического материала. Для этого нужна полнота статистики и предварительная фильтрация данных, уменьшающая вероятность использования недостоверной и некорректной информации. В результате статистических расчетов определяются средние значения параметра потока отказов ЭО $\omega(t)$, а также интенсивности выявления в ЭО различных групп дефектов. В качестве примера реализации разработанных моделей в рамках предложенной стратегии профилактики, рассмотрим эксплуатацию ЭО 35-6 кВ (воздушных линий-ВЛ и силовых трансформаторов-СТ) в распределительных сетях промышленного назначения [5]. Состав эксплуатируемого ЭО передачи и распределения приведен в Табл.2. Глубина ретроспективы 10 лет (2001-2010).

Для выполнения расчетов и оптимизации показателей эксплуатации ЭО распределительных сетей разработана расчетная методика, структура которой показана на Рисунке 2.

Таблица 2

Состав ЭО передачи и распределения

Состав оборудования по сетевым районам (СР)	СР-1	СР-2	СР-3	СР-4	СР-5	Всего
Трансформаторы 35/6 кВ, шт.	13	26	30	46	36	151
КТП 6/0,4 кВ, шт.	101	198	185	237	233	954
ВЛ 35 кВ, км.	38,2	86,9	47,4	91,5	111,1	375,1
ВЛ 6 кВ, км.	234,5	496,5	322,0	373,5	395,5	1822

Результаты расчетов по первому пункту методики сведены в Табл.3 и содержат средние значения параметра потока отказов ω_0 , год⁻¹.

Средние значения интенсивностей отказов ЭО

Средние значения параметра потока отказов ЭО	СР-1	СР-2	СР-3	СР-4	СР-5	Всего
Трансформаторы 35/6 кВ, (1/год)	0,053	0,014	0,033	0,026	0,007	0,027
КТП 6/0,4 кВ, (1/год)	0,033	0,029	0,032	0,022	0,024	0,028
ВЛ 35 кВ, (1/км·год)	0,029	0,013	0,016	0,009	0,005	0,015
ВЛ 6 кВ, (1/км·год)	0,044	0,042	0,030	0,022	0,017	0,031

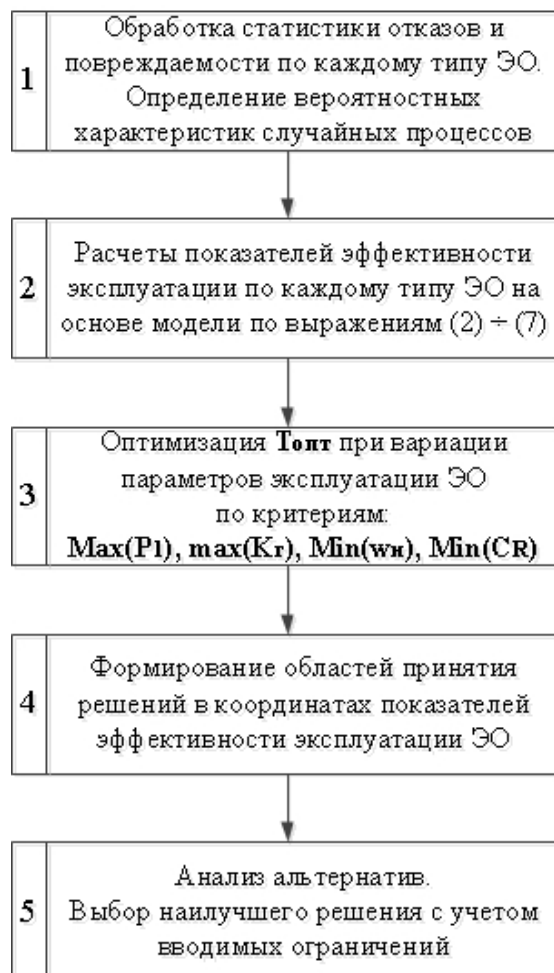


Рис.2. Методика оптимизации ТОиР ЭО

Одним из наиболее востребованных методов инструментальной диагностики ЭО в обследуемых сетях промышленного назначения является метод тепловизионного контроля (ТВК). Периодический ТВК позволяет распознавать и классифицировать дефекты в объекте по превышению температуры нагрева его поверхности над температурой окружающей среды $\theta^{\circ}\text{C}$: $\theta > 5^{\circ}\text{C}$ – 1 группа «начальный» дефект; $\theta < 5 < 30^{\circ}\text{C}$ – 2 группа «развивающийся» дефект; $\theta > 35^{\circ}\text{C}$ – 3 группа «аварийный» дефект. Классификация дефектов обеспечивает выбор мероприятий по поддержанию оборудования в работоспособном состоянии. Дефекты первой группы допускают дальнейшую длительную эксплуатацию оборудования, дефекты второй группы нуждаются в устранении в ходе ближайшей плановой профилактики, дефекты третьей группы требуют экстренного вывода ЭО из работы для проведения аварийного ремонта. Следует отметить, что значительное количество дефектов (особенно ВЛ) не подлежат выявлению средствами ТВК. Для их выявления предусмотрены осмотры и другие методы диагностирования. Несмотря на это многолетняя статистика выявленных и классифицированных дефектов, содержащаяся в протоколах ТВК позволяет определять вероятностные характеристики случайного процесса дефектообразования в ЭО. Определение интенсивностей развивающихся дефектов, по статистике ТВК, рассмотрим на примере трансформаторов 6/0,4 кВ КТПН. Выборка по дефектам второй группы включает 446

протоколов. На рис.3 приведены результаты статистического анализа данных ТВК (точки – экспериментальные данные, сплошные линии – тренды). Принятые обозначения: Δt – интервал между дефектами (час), $p(\Delta t)$ – вероятность не возникновения дефекта в интервале времени τ , $F(\Delta t) = 1 - p(\Delta t)$ – вероятность возникновения дефекта в интервале τ . Как показали исследования случайных потоков дефектообразования в ЭО передачи и распределения тренды с высокой степенью доверия (более 0,97) описывают экспериментальные данные. Это позволяет утверждать, что им присущи свойства «простейшего» потока: ординарность, стационарность, отсутствие последствия. При этом распределение Δt подчиняется экспоненциальному закону с параметром λ_D^j (интенсивностью выявления в ЭО дефектов j -й группы) $p(\Delta t) = \exp(-\lambda_D^j \cdot \Delta t)$.

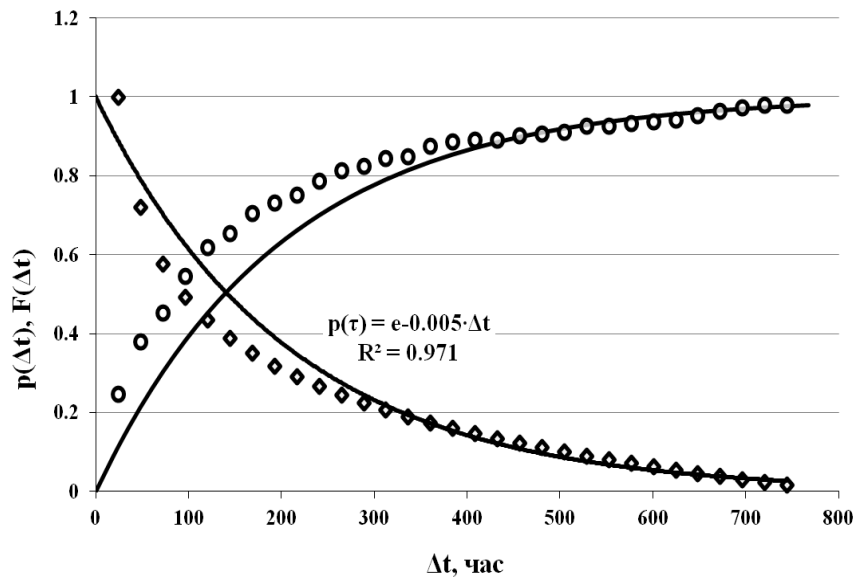


Рис.3. Вероятности интервала между развивающимися дефектами в СТ 6/0,4 кВ

Проверка по критерию согласия χ^2 Пирсона начальной гипотезы об экспоненциальном распределении не опровергает ее состоятельности ($\chi_{\text{набл}}^2 = 35,8 < \chi_{\text{кр}}^2 = 36,4$) при уровне значимости 0,05. Методика (Рисунок 2) предусматривает проведение расчетов по разработанным моделям и оптимизацию параметров ТОиР ЭО на основе полученных вероятностных характеристик. Рассмотрим применение методики для СТ-35/6 кВ. Иллюстрация полученных результатов представлена на Рисунках 4-9.

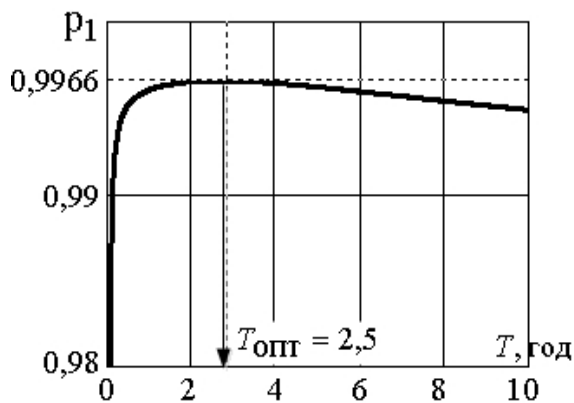


Рис.4. Выбор $T_{\text{опт}}$ по критерию $\text{Max}(p_1)$.

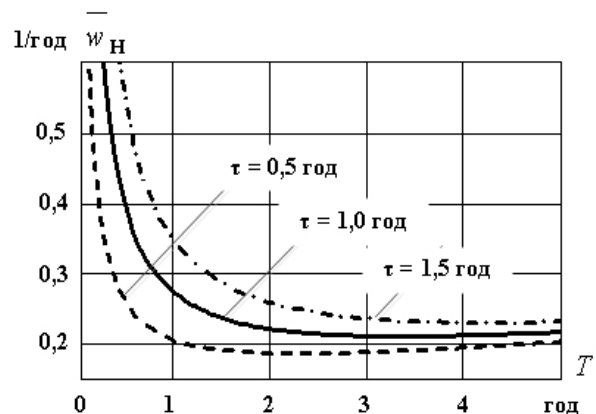


Рис.5. Выбор $T_{\text{опт}}$ по критерию $\text{Min}(\bar{w}_H)$.

Расчеты выполнялись для значений параметров эксплуатации, соответствующих СТ-35/6 кВ,

установленным на подстанциях рассматриваемой электрической сети: $\tau = 0,5$ год; $T_k = 0,0006$ год; $T_{по} = 0,003$ год; $T_{ав} = 0,008$ год; $\omega_0 = 0,015$ год⁻¹; $b = 0,01$ год⁻²; $\omega_d = 0,3$ год⁻¹; $q_1 = 0,861$; $q_2 = 0,138$; $q_3 = 0,001$. Согласно полученным результатам нижнюю границу области принятия решений по выбору $T_{опт}$ формируют критерии $\text{Max}(p_1)$ и $\text{Min}(\bar{w}_H)$. Критерии $\text{Min}(C_S)$ и $\text{Min}(C_R)$ в свою очередь обеспечивают менее жесткую оценку $T_{опт}$ и формируют верхнюю границу области принятия решений в зависимости от значений $\left(\frac{c_B}{c_{\Pi}}\right)$ и Y_{Σ} .

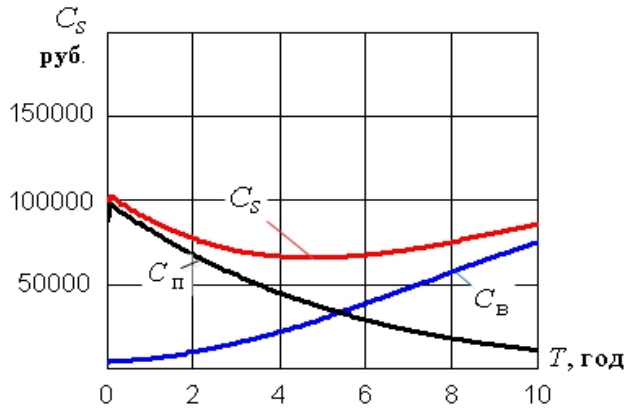


Рис.6. Выбор $T_{опт}$ по критерию $\text{Min}(C_S)$.

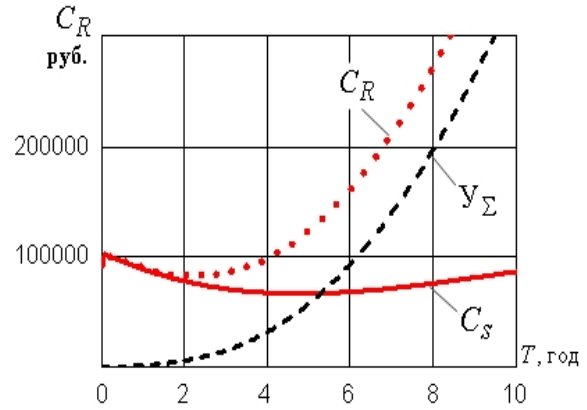


Рис.7. Выбор $T_{опт}$ по критерию $\text{Min}(C_R)$ с учетом риска отказов.

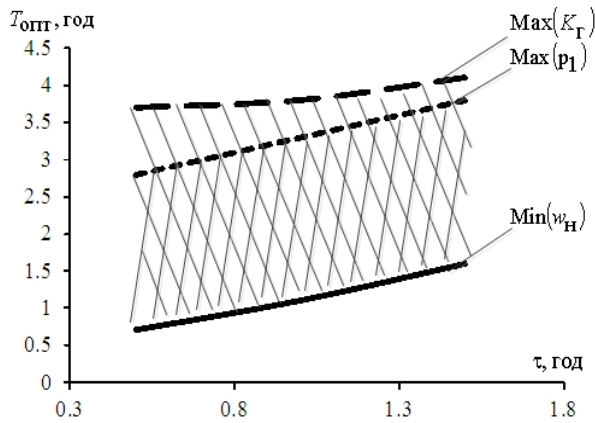


Рис.8. Область принятия решений по выбору $T_{опт}$ при изменении τ .

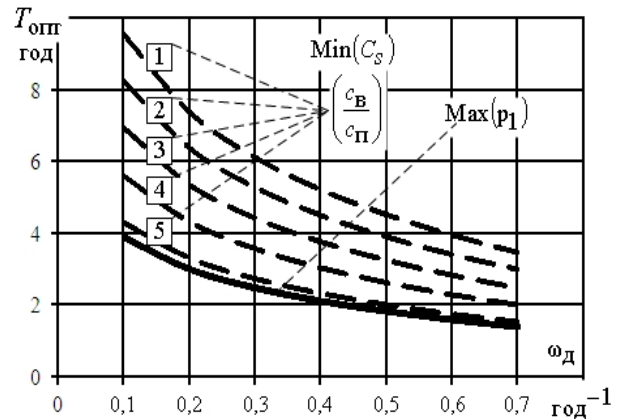


Рис.9. Область принятия решений по выбору $T_{опт}$ при изменении ω_d .

На Рисунке 9 пунктиром показаны зависимости $T_{опт}(\omega_d)$, полученные по критерию $\text{Min}(C_S)$ при значениях $\left(\frac{c_B}{c_{\Pi}}\right) = 1 \div 5$. Сплошной линией обозначена зависимость $T_{опт}(\omega_d)$, удовлетворяющая критерию $\text{Max}(p_1)$.

С увеличением частоты возникновения опасных дефектов (ω_d) в СТ оптимальное значение

периодичности профилактик имеет тенденцию к уменьшению. Это объясняется необходимостью более частого предупреждения опасных последствий, вызываемых развитием указанных неисправностей. Как показывают расчеты увеличение интервала (τ) между сеансами диагностирования СТ допускает некоторое увеличение $T_{\text{ОПТ}}$, определяемого по критериям надежности (Рисунок 8). При этом неизбежно будут ухудшаться индивидуальные показатели надежности СТ (Рисунки 4 и 5): P_1 – уменьшаться, W_H – увеличиваться.

Целесообразно выявить, насколько существенно может понизиться надежность (безотказность) ЭО, если при выборе $T_{\text{ОПТ}}$ предпочтение отдавать критериям экономичности. И, наоборот, насколько будут увеличиваться суммарные эксплуатационные затраты в пределах интервала эксплуатации ΔT (лет), например, ремонтного цикла ЭО, если предпочтение при выборе $T_{\text{ОПТ}}$ отдавать критериям надежности. Для ответа на поставленный вопрос рассчитаем показатели эффективности эксплуатации СТ-35/6 кВ P_1 и C_S при вариации

$$T_{\text{ОПТ}} \text{ в соответствии с условиями } \frac{dp_1(t)}{dt} = 0 \text{ и } \frac{dC_S(t)}{dt} = 0.$$

Расчеты выполняются в следующей последовательности:

1) Определение $T_{\text{ОПТ}}^*$ из условия $\frac{dC_S(t)}{dt} = 0$;

2) Проверка значения P_1 для найденного $T_{\text{ОПТ}}^*$;

3) Определение $T_{\text{ОПТ}}^{**}$ из условия $\frac{dp_1(t)}{dt} = 0$;

4) Проверка значения C_S для найденного $T_{\text{ОПТ}}^{**}$;

5) Определение изменений показателей эффективности эксплуатации ЭО

$$\Delta P_1 = \frac{P_1(\text{Min } C_S) - \text{Max}(P_1)}{\text{Max}(P_1)} \cdot 100\% \quad \text{и} \quad \Delta C_S = \frac{\text{Min}(C_S) - C_S(\text{Max } P_1)}{\text{Min}(C_S)} \cdot 100\% \quad \text{при изменении параметра}$$

управления ТОиР ($\Delta T_{\text{ОПТ}} = T_{\text{ОПТ}}^{**} - T_{\text{ОПТ}}^*$).

Результаты расчетов для СТ-35/6 кВ свидетельствуют (Табл.4), что увеличением по экономическим соображениям периодичности профилактик на 1 год с 3 до 4 лет достигается экономия суммарных эксплуатационных затрат в пределах 3% от выделенного фонда при одновременном снижении вероятности безотказной работы на величину 0,01% (с 0,9985 до 0,9984).

Таблица 4

Результаты сравнения эффективности ТОиР СТ-35/6 кВ

$\Delta T_{\text{ОПТ}}$ (год)	1	2	3	4
ΔP_1 (%)	- 0,01	- 0,013	- 0,017	- 0,02
ΔC_S (%)	3	8	12	17

Расчеты по разработанным моделям в рамках предложенной стратегии профилактического обслуживания демонстрируют возможность экономии суммарных эксплуатационных затрат с увеличением периодичности профилактик СТ-35/6 кВ при незначительном понижении показателя безотказности.

Выводы.

1. Стратегия профилактик ЭО обладает широким спектром применения, что позволяет ей соответствовать современным целям и задачам эксплуатации оборудования передачи и распределения.

2. В настоящее время, учитывая положение в отечественном распределительном сетевом комплексе, экономические и технологические преимущества может получить подход к организации ТОиР, позволяющий адаптировать периодичность профилактик к фактически наблюдаемой (прогнозируемой) частоте неисправностей и риску отказов ЭО. Для такого подхода актуальны разработка расчетных моделей и критериев оптимизации показателей эксплуатации ЭО, а также оценка эффективности его практического применения.

3. Основу синтеза вероятностных моделей для разрабатываемой стратегии ТОиР ЭО составляет теория управляемых Марковских и полумарковских случайных процессов, которая нашла широкое применение для описания эволюции систем с возрастающей функцией интенсивности отказов, так называемых «стареющих» систем.

4. Методическая и информационная база расчетов и оптимизации показателей эксплуатации ЭО передачи и распределения включает формирование статистического материала по годам эксплуатации, а также его обработку с целью определения вероятностных характеристик отказов и неисправностей в ЭО.

5. Разработаны математические модели для расчета показателей эффективности эксплуатации ЭО передачи и распределения, в которых учитываются вероятностные характеристики стохастических процессов, наблюдаемых с помощью методов диагностики (мониторинга). Модели имеют широкую область практического применения, однако, главное их назначение – оптимизация параметров ТОиР с учетом технического состояния и риска отказов ЭО. Этим достигается изменение периодичности профилактик по фактической необходимости и снижается потенциальный риск потерь. Адекватность разработанных моделей многократно проверена и подтверждена практикой эксплуатации ЭО распределительных электрических сетей.

6. Расчеты по разработанным моделям и методике, выполненные на основе реальной статистики применительно к распределительным трансформаторам 35/6 кВ, наглядно показывают возможность получения дохода (экономии суммарных затрат на ТОиР) на некотором интервале эксплуатации при увеличении периодичности профилактик. При этом показатели надежности ЭО практически не изменяются.

Список литературы

1. Дынкин, Е.Б. Управляемые Марковские процессы и их приложения [Текст] / Е.Б. Дынкин, А.А. Юшкевич. – М.: Наука, 1975. – 337 с.
2. Иорш, В.И. Управление, основанное на целях, и надежность энергосистем [Текст] / В.И. Иорш, И.Н. Антоненко // Автоматизация и ИТ в энергетике. – 2010. – №3(8). – С. 12-17.
3. Королюк, В.С. Полумарковские процессы и их приложения [Текст] / В.С. Королюк, А.Ф. Турбин. – Киев. : Наукова думка, 1976. – 184 с.
4. Левин, В.М. Повышение эффективности управления процессами эксплуатации оборудования электрических сетей [Текст] / В.М. Левин, Д.В. Танфильева // Науч. Вест. НГТУ. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2011. №2(43). – С. 135-146.
5. Левин, В.М. Повышение надежности электрооборудования нефтедобывающего комплекса [Текст] / В.М. Левин // Главный энергетик. – 2013. – № 11. – С. 61-68.
6. Месарович, М. Теория иерархических многоуровневых систем [Текст] / М. Месарович, Д. Мако, И. Тахакара. – М. : Мир, 1973. – 344 с.
7. Овсянников, А.Г. Стратегии ТОиР и диагностика оборудования [Текст] / А.Г. Овсянников // ЭЛЕКТРОЦЕХ. – 2008. – №9. – С. 6-9.
8. Скопинцев, В.А. Оценка надёжности работы электрической сети [Электронный ресурс] / В.А. Скопинцев, В.И. Чемоданов, М.И. Чичинский. – Режим доступа: www.oaoesp.ru/sites/default/files/storage/publication/pub4.doc.
9. Endrenyi, J. The present status of maintenance strategies and the impact of maintenance on reliability, power Systems, IEEE Transactions, Volume 16, Issue 4, 2001. – P. 638-646.
10. Risk-Based Maintenance Allocation and Scheduling for Bulk Transmission System Equipment. Final Project Report. PSERC Publication 03-26, 2003. – P. 78.

**СЕКЦИЯ №6.
ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)**

**К ВОПРОСУ УСТАНОВКИ ЦЕМЕНТНОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ НА ОСЬ БЕЗ ОСТАНОВКИ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА**

Федоренко М.А., Бондаренко Ю.А., Дуганов В.Я.

БГТУ им. В.Г. Шухова, РФ, г.Белгород

В процессе эксплуатации цементных вращающихся печей возникают ситуации, приводящие к их остановке, в результате чего по длине печи изменяется температура, и возникают деформации корпуса печи, вызывающие его смещение относительно теоретической оси вращения. Эти явления приводят к появлению в футеровке напряжений сжатия или растяжения, что при длительной эксплуатации приводит к ее разрушению. Корпус печи располагается внутри бандажей, которые воспринимают статическую и динамическую нагрузку и передают ее на опорные ролики. Они выполнены цилиндрической формы и обеспечивают восприятие нагрузки и удержание печи в заданном положении относительно горизонта. При эксплуатации происходит смещение (перекос) бандажей, а, следовательно, искажение их линии сопряжения с опорными роликами. В результате этого бандажи и ролики в зоне контакта интенсивно изнашиваются (Рисунки 1, 2), и как следствие этот процесс вызывает дополнительное искривление оси вращения печи, что приводит к биению корпуса печи, в результате чего происходит разрушение футеровки. Этот процесс приводит к длительным простоям печи в ремонте. В настоящее время на предприятиях установка печи на ось в большинстве случаев производится в ее нерабочем состоянии. В это время печь находится в холодном состоянии, которое характеризуется тем, что печь не вращается и имеет температуру окружающей среды, а в рабочем состоянии температура по длине печи изменяется от 100°C до 1200°C . Тепловые деформации корпуса происходят также при нарушении правил технической эксплуатации печи, в результате чего появляются исчезающие и остающиеся прогибы корпуса между опорами и на корпусе образуются выпуклости и вмятины.

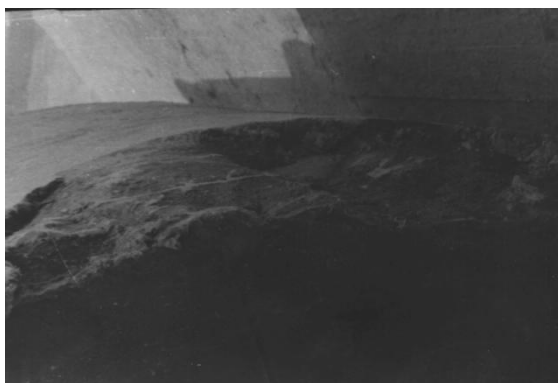


Рис.1. Разрушение края опорного ролика

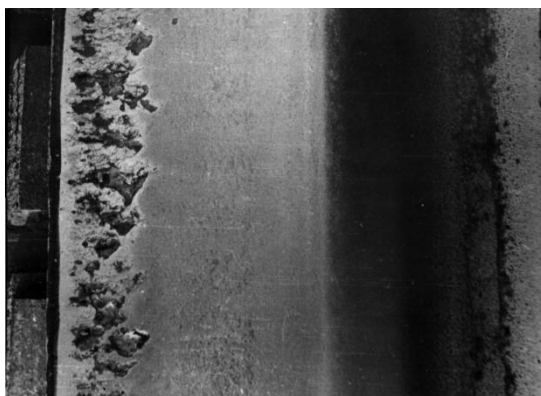


Рис.2. Выкрашивание поверхности катания

Следовательно, при установке печи на ось в холодном состоянии не учитываются такие факторы, как температурные деформации по ее длине и искажения формы бандажей и роликов. Мерительный инструмент, которым производится контроль положения корпуса печи относительно теоретической оси вращения, имеет значительные допуски на конструктивные размеры, и как следствие возникают большие погрешности установки. После того, как печь разогревают, и запускают в работу, она по длине прогревается неравномерно, корпус ее деформируется (корпус печи легко подвергается деформациям, в связи с тем, что при большой длине и диаметре, толщина обечайки находится в пределах 100 мм), в результате чего теряет прямолинейность относительно оси вращения, что приводит к перекосу бандажей и смещению корпуса печи относительно установленной оси вращения. Таким образом, в результате искривления оси вращения возникают колебания и вибрации не только корпуса печи, но и всего печного агрегата и бетонных опор, что приводит к разрушению футеровки, и как результат, длительным простоям печи в ремонте. Искривление оси вращения происходит при неправильной установки роlikоопор, бандажей и температурных перепадов внутри печи.

Выставление печи на ось вращения трудоемкий процесс, требующий высокой квалификации специалистов, длительных простоев оборудования, больших финансовых затрат на ремонт и потерь в связи с недовыпуском продукции. В БГТУ им. В.Г. Шухова разработано оборудование и технология установки печи на ось во время ее эксплуатации, без остановки технологического процесса выпуска продукции [1, 3, 4]. Этот технологический процесс выполняется на горячей печи без остановки производственного цикла, в то время когда футеровка, корпус, бандажи и опорные ролики находятся в рабочем температурном режиме и под действием статических и динамических нагрузок, и возможно контролировать форму бандажей и роликов, а так же воздействовать на изменение их формы [2]. Суть технологического процесса заключается в том, что середину первой и последней опор выставляют на теоретическую ось вращения печи, обеспечивают параллельность оси вращения роликов относительно теоретической оси печи, а при их несовпадении, изменяют их положение путем передвижения роlikоопор [1, 3]. Далее на первой или последней опоре производится замер диаметров опорных роликов по их длине, и при необходимости производится их обработка с целью придания требуемой цилиндрической формы относительно их оси вращения. Для обработки поверхностей катания применяется специальный переносной станок, который устанавливается таким образом, чтобы обеспечить расположение режущего инструмента в вертикальной плоскости оси вращения печи. Обработка поверхностей катания обеспечивает контакт роликов и бандажа по прямой линии и обеспечивает устранение перекоса бандажа. Такой способ обработки, когда несколько вращающихся деталей обрабатываются с одной установки, обеспечивает параллельность осей вращения этих деталей. При расчете размеров на первой обработанной опоре необходимо учитывать все деформации, возникающие от комбинированных нагрузок. На ролики действуют нагрузки от корпуса печи, передаваемые через бандаж. В связи с тем, что нагрузки действуют на ролики под углом относительно вертикальной плоскости, то возникают опрокидывающие моменты, имеющие различную величину из-за положения роликов. Помимо вышеуказанных нагрузок на ролики оказывают влияние температурные факторы, связи с тем, что ролики находятся в различных зонах печи. Эти факторы оказывают влияние на деформацию ролика в зоне контакта с бандажом, что приводит к изменению радиуса ролика и опусканию оси вращения в вертикальном направлении. Динамические воздействия на вращающихся агрегатах, возникающие в процессе их работы и вызывающие искривление оси вращения, проявляются в виде вибраций из-за малой жесткости корпусов при воздействии на них больших нагрузок. При искривлении оси вращения корпуса печи происходит перекос бандажа, в результате чего бандаж начинает касаться ролика не всей поверхностью катания. В зоне, где контакт бандаж – ролик уменьшился, возникают высокие удельные давления. Бандаж печи также подвержен различным

нагрузкам, которые вызывают его деформацию и как следствие смещение оси вращения. При расчетах необходимо учитывать деформацию в месте контакта ролик - бандаж от статических и динамических нагрузок в этом сечении и температурные явления. Деформация от гравитационных сил искажает форму бандажа, увеличивая размер в горизонтальной плоскости и уменьшая в вертикальной. После обработки бандажа и роликов получаем точки их касания и третью точку - положение режущего инструмента и по трем точкам определяем радиус окружности бандажа. При обработке остальных опор необходимо учитывать нагрузку и температурные поля. В случае большой разницы в размерах бандажей и роликов по опорам, после обработки поверхностей катания размер устанавливается путем передвижения опорных роликов. Приставной станок устанавливается под бандажом между роликами и обеспечивает их обработку с одной установки с минимальными погрешностями.

Преимущества применения разработанной технологии установки вращающейся печи: установка печи на ось осуществляется без остановки производственного процесса; работа выполняется на рабочих режимах печи, т.е. обрабатываемые бандажи и ролики находятся под действием статических и динамических нагрузок и в рабочем температурном режиме, когда деформации связанные с разогревом печи и остыванием отсутствуют; учитываются все деформации в статическом и динамическом режимах, влияющие на смещение оси; обработка поверхностей касания бандажей и роликов оптимизирует их контакт и увеличивает продолжительность эксплуатации; приведенный способ не требует дополнительных капитальных вложений и конструктивных изменений печного агрегата.

Список литературы

1. Пат. 2346220 Российская Федерация, МПК⁷ Способ обеспечения точности установки обжиговой печи относительно теоретической оси вращения/ М.А. Федоренко, Ю.А. Бондаренко; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. – № 2007126138/03, заявл. 09.07.2007, опубл. 10.02.2009 г. Бюл. № 4.
2. Федоренко М.А. Исследование обеспечения необходимой шероховатости поверхности крупногабаритных вращающихся деталей приставными станочными модулями/ М.А.Федоренко, Ю.А. Бондаренко, Т.М. Федоренко - Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008. № 2. С. 35-38.
3. Федоренко М.А. Способ установки обжиговой печи или сушильных барабанов на ось вращения/ М.А. Федоренко, Ю.А. Бондаренко, Т.М. Санина, О.В. Маркова - Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 110-112.
4. Федоренко М.А. Технология восстановления работоспособности опорных бандажей вращающихся цементных печей/ М.А. Федоренко, Ю.А. Бондаренко, Т.М. Санина, О.В. Маркова - Ремонт, восстановление, модернизация. 2015. № 1. С. 13-15

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ МЕТОДОМ ВИБРОДИАГНОСТИКИ

Новиков И.И., Малов А.К.

РФ, г.Санкт-Петербург

На карьерах железнорудных месторождений и цветных металлов, представленных в основном крепкими породами, шарошечный способ занимает 95-100%, на угольных разрезах около 50%, на карьерах по добыче нерудных полезных ископаемых около 60%. Как показывает практика бурения, долото является наиболее изнашиваемым элементом. При бурении 45-55% аварий от общего количества приходится на аварии с долотами. Причиной выхода долота из строя является износ вооружения шарошек долота и износ опор. При этом в стоимости проходки на 1 метр скважины расходы на шарошечные долота достигают 60-70%. Значительные затраты объясняются большой стоимостью и относительно невысокой стойкостью шарошечных долот. Бурение сопровождается непрогнозируемыми ударными нагрузками и значительным увеличением напряжений в опорах качения шарошечного долота.

Для оценки фактического состояния и прогнозирования ресурса шарошечных долот необходимо применение диагностического контроля при приемке, а также и в процессе эксплуатации шарошечного долота.

На Рисунке 1 представлена установка для проверки технического состояния шарошечного долота методом вибродиагностики.

После приемки нового долота от предприятия-изготовителя производится удаление консервантного масла, промывка в масляной ванне, подшипниковые опоры заполняются смазкой.

Устанавливается долото в токарном станке (1) и проводится этап обкатки при незначительной осевой нагрузке и оборотах (от 40 до 80 об/мин), обеспечивающий приработку тел качения и беговых дорожек. Затем, поочередно на каждой из лап долота (3) устанавливается датчик вибрации (6) и выполняются диагностические измерения. Для того чтобы кабель (7) не наматывался на долото его прокладка производится сквозь отверстие в корпусе долота и через отверстие в шпинделе. Прижимной невращающийся диск (4) покрыт резиновой футеровкой обеспечивающей равномерное прижатие шарошек долота и осевое усилие. Показания снимаются с помощью виброанализатора STD-3300.

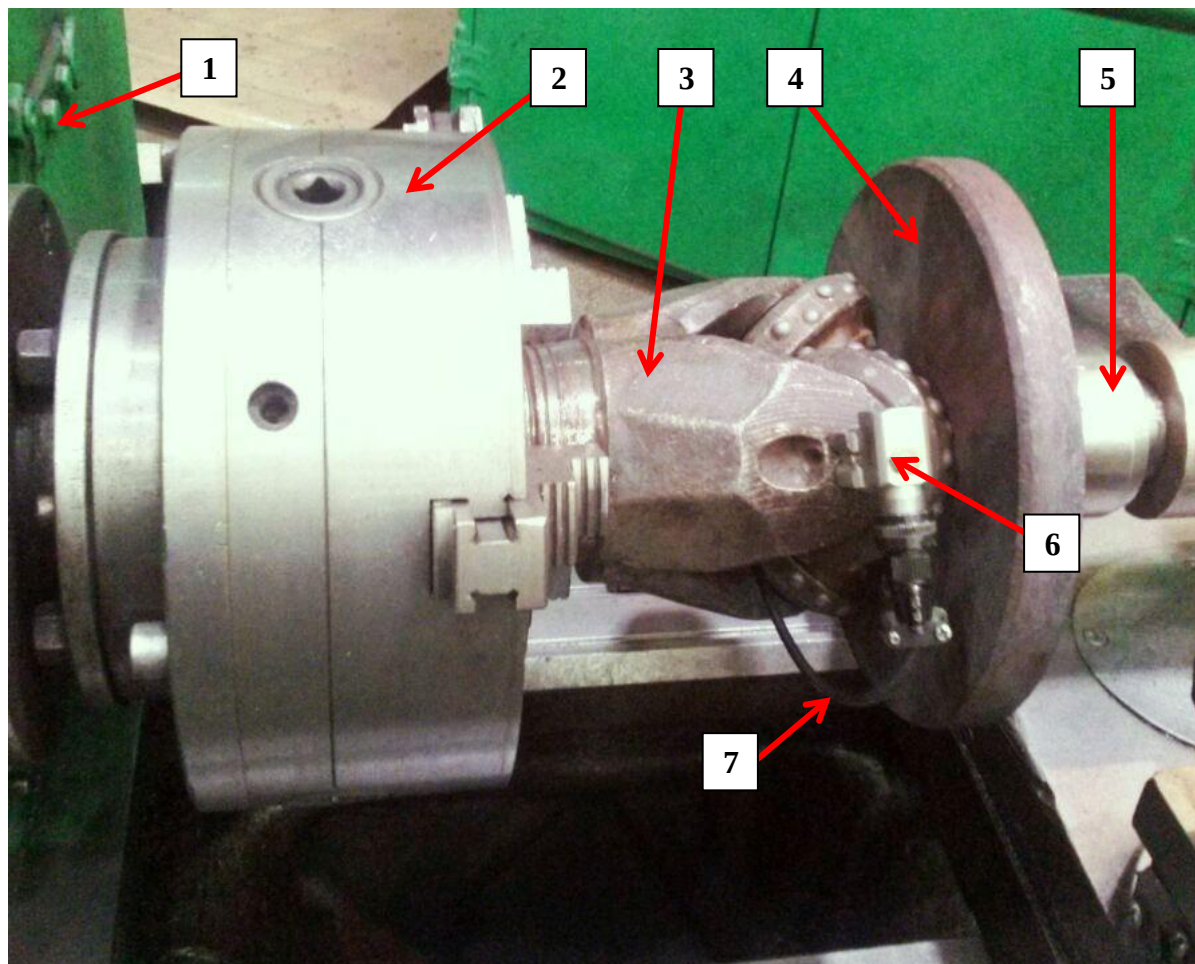


Рис.1. Общий вид установки

1-токарный станок; 2-трехкулачковый патрон; 3-шарошечное долото; 4-прижимной диск; 5-задняя бабка; 6-датчик вибрации, 7-кабель датчика.

Осевая нагрузка в станках вращательного шарошечного бурения в зависимости от физико-механических свойств пород и прочности долот колеблется от 900 до 2200 кг на 1 см диаметра долота, а частота вращения бурового става - от 40 до 150 об/мин. Для диагностирования принимаем максимальное число оборотов - 150 об/мин (2,5 Гц).

Основные параметры контроля:

- форма волны, среднеквадратическое значение (СКЗ) виброскорости, пиковое значение виброперемещения и виброускорения;
- от 0,5 Гц до 1000 Гц;
- 6 усреднений;
- 3200 линий.

Сигнал снимается с помощью вибропреобразователя модели 603ICPc боковым входом, способ крепления - магнит. Для спектрального анализа используются прямые спектры и спектры огибающей виброускорения, а также форма волны сигнала. Измерения вибрации проводятся на каждой из лап шарошечного долота в двух

взаимно-перпендикулярных направлениях. Контроль параметров и анализ данных выполняется по индивидуальному набору критериев и предельных значений на каждой измерительной точке для разных видов шарошечных долот.

Граница нормального состояния определяется на 4 дБ выше исходной, или по сумме средне-нормальной величины и дисперсии, взятой с некоторым коэффициентом.

При определении «нормального состояния» используется следующий метод: принятие в качестве критериев «нормального состояния» данных замеров контролируемых параметров на новых шарошечных долотах, после обкатки и приработке (исходное состояние).

В дальнейшем, по мере накопления сведений об особенностях вибрации конкретных типов шарошечных долот, не только на этапе приемки от предприятия-изготовителя, а также в процессе их эксплуатации, полученные данные будут подвергнуты статистической обработке для определения индивидуальных частотных полос и допустимых значений. Что позволит уже на этапе приемки оценить техническое состояние шарошечных долот и прогнозировать их эксплуатационный ресурс.

Список литературы

1. Посташ С.А. Повышение надежности и работоспособности шарошечных долот. М.: Машиностроение, 1982. 120 с.
2. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. М.: Наука, 1969. 511 с.
3. Ширман А.Р., Соловьев А.Б. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. Москва, 1996. 135 с.

СЕКЦИЯ №7.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)

ДИФфуЗИОННОЕ МОЛИБДЕНИРОВАНИЕ СТАЛИ В РЕЖИМЕ МИКРОДУГОВОГО НАГРЕВА

Степанов М.С., Домбровский Ю.М.

ДГТУ, РФ, г.Ростов-на-Дону

Диффузионное насыщение карбидообразующими металлами применяют для формирования карбидных покрытий на поверхности стальных изделий с целью повышения их твердости, жаропрочности, коррозионной стойкости, износостойкости. Одним из технологических процессов поверхностного упрочнения является молибденирование. В качестве источника диффузанта используют порошки молибдена или ферромолибдена с добавками активатора, пасты, обмазки, расплавы на основе молибдата натрия, а также газовые среды на основе галогенидов молибдена. Процесс проводят при температуре 1000-1200°C в течение 6-7 ч. Упрочняющей обработке обычно подвергают высокоуглеродистые стали, при этом образуется поверхностная зона карбида Mo_2C , под которой расположен α -твердый раствор молибдена в железе. Недостатком такого процесса является значительное обезуглероживание подслоя, вызванное встречной диффузией углерода из основы [1,2,6]. При обработке низкоуглеродистых сталей образуется диффузионный слой, состоящий из твердого раствора молибдена в α -железе, поэтому для получения карбидного слоя на поверхности таких сталей необходима предварительная цементация. В литературе описаны исследования возможности интенсификации процесса насыщения с применением скоростного электронагрева с использованием обмазки, содержащей диффузанта, однако наряду с формированием поверхностного слоя карбида молибдена избежать образования обезуглероженной зоны не удавалось [5].

Нами исследован процесс диффузионного насыщения молибденом и формирования карбидного слоя на поверхности стальных изделий с применением технологии микродуговой химико-термической обработки (МДХТО) [4,8].

Для исследования применяли цилиндрические образцы из стали 20, на поверхность которых наносилась электропроводная гелеобразная обмазка, содержащая молибдат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$. Образцы на половину длины погружались в рабочую ячейку, которая заполнялась порошком каменного угля с размером частиц 0,4-0,6

мм. Для нагрева образца использовали постоянное питающее напряжение 250 В, обеспечивающее ток в цепи: ячейка→порошковая среда→образец, равный 3 А. В процессе МДХТО температура возросла от комнатной до 1250°C при общей продолжительности процесса 3 мин.

Для формирования карбидного покрытия на поверхности стальных изделий необходима одновременная диффузия атомарного молибдена и углерода, поэтому исследованы возможные реакции их образования.

При нагревании до 150°C молибдат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ разлагается на триоксид молибдена, водяной пар и аммиак:



При нагреве происходит пиролиз порошка каменного угля, протекающий во всем интервале времени и температур обработки, в результате которого на различных стадиях процесса выделяются водород, метан, а также диоксид и оксид углерода [3,7]. Эти компоненты создают защитную атмосферу и выполняют роль восстановителей молибдена из его триоксида. Продуктами реакций, протекающих в широком температурном диапазоне, могут быть атомарный молибден, его карбид Mo_2C или диоксид MoO_2 в сочетании с оксидом или диоксидом углерода. Кроме того, при контакте оксида углерода с металлической поверхностью образца происходит образование атомарного углерода: $2\text{CO} = \text{C} + \text{CO}_2$. Атомарный углерод диффундирует в насыщаемый металл, обеспечивая протекание процессов цементации и карбидообразования, а диоксид углерода взаимодействует с углеродом каменного угля, обеспечивая постоянное присутствие оксида: $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$.

Для выявления наиболее вероятных реакций во всем температурном интервале МДХТО выполнен расчёт стандартного изменения энергии Гиббса ΔG_T^0 с использованием метода Темкина-Шварцмана. Температурная зависимость ΔG_T^0 приведена для одинакового содержания кислорода в газовой фазе (в кДж/моль O_2).

Результаты расчетов приведены в Табл.1.

Таблица 1

№	Реакция	Зависимость ΔG_T^0 (кДж/моль O_2) от температуры Т (К)
1	$\text{MoO}_3 + 3\text{C} = \text{Mo} + 3\text{CO}$	$255,4 - 0,327 \cdot T$
2	$2\text{MoO}_3 + 3\text{C} = 2\text{Mo} + 3\text{CO}_2$	$87,07 - 0,154 \cdot T$
3	$\text{MoO}_3 + 3\text{CO} = \text{Mo} + 3\text{CO}_2$	$-34,52 + 0,003 \cdot T$
4	$2\text{MoO}_3 + 7\text{C} = \text{Mo}_2\text{C} + 6\text{CO}$	$40,7 - 0,055 \cdot T$
5	$2\text{MoO}_3 + 4\text{C} = \text{Mo}_2\text{C} + 3\text{CO}_2$	$20,8 - 0,044 \cdot T$
6	$2\text{MoO}_3 + 8\text{CO} = \text{Mo}_2\text{C} + 7\text{CO}_2$	$-8,03 + 0,003 \cdot T$
7	$\text{MoO}_3 + \text{C} = \text{MoO}_2 + \text{CO}$	$22,33 - 0,098 \cdot T$
8	$2\text{MoO}_3 + \text{C} = 2\text{MoO}_2 + \text{CO}_2$	$-27,7 - 0,041 \cdot T$
9	$\text{MoO}_3 + \text{CO} = \text{MoO}_2 + \text{CO}_2$	$-67,38 + 0,013 \cdot T$
10	$\text{MoO}_3 + 3\text{H}_2 = \text{Mo} + 3\text{H}_2\text{O}$	$-4,99 - 0,054 \cdot T$
11	$\text{MoO}_3 + \text{H}_2 = \text{MoO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	$-53,87 - 0,019 \cdot T$
12	$4\text{MoO}_3 + \text{CH}_4 = 4\text{MoO}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	$-22,91 - 0,055 \cdot T$
13	$\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$	$168,64 - 0,172 \cdot T$
14	$\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$	$-396,1 - 0,0002 \cdot T$
15	$2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO}$	$-227,2 - 0,173 \cdot T$

Возможными реакциями восстановления триоксида молибдена являются следующие: реакции 1 – 3 восстановления MoO_3 углеродом или монооксидом углерода с образованием атомарного молибдена; реакции 4 – 6 восстановления MoO_3 углеродом или монооксидом углерода с образованием карбида молибдена; реакции 7 – 9 восстановления MoO_3 углеродом или монооксидом углерода с образованием диоксида молибдена; реакции 10 – 12 восстановления MoO_3 водородом и метаном с образованием атомарного молибдена или диоксида молибдена.

Реакция 13 контролирует состав газовой среды в рабочей ячейке.

Для выявления наиболее вероятных реакций в интервале температур МДХТО построены зависимости (Рисунок 1) изменений энергии Гиббса от температуры приведенных реакций.

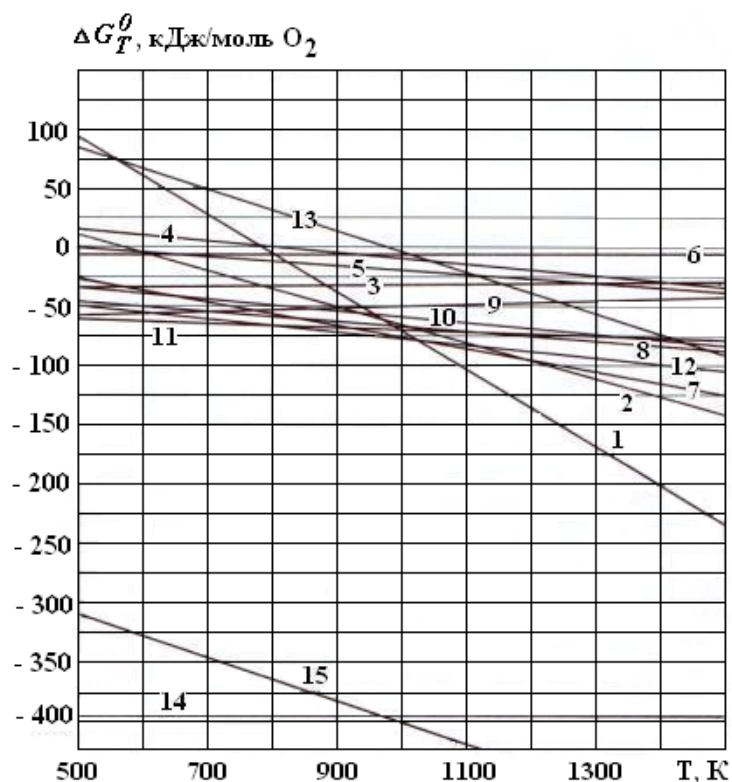


Рис.1. Зависимость изменения энергии Гиббса от температуры для реакций, приведенных в Табл.1

Вероятность и последовательность протекания реакций определяли в соответствии с точками пересечения графика реакции 13 с графиками других реакций. Установлено, что для реакций 1-9 начальные точки температурных интервалов в порядке возрастания располагаются в следующей последовательности: 1010 К – реакция 6, 1090 К – реакция 4, 1155 К – реакция 5, 1160 К – реакция 3, 1275 К – реакция 9, 1499 К – реакция 8, 1977 К – реакция 7. Для реакций 10-11 соответствующие точки имеют следующие значения: 1454 К – реакция 11, 1470 К – реакция 10. Для реакции 12 соответствующая температура выходит за пределы диапазона МДХТО и составляет 1635 К, и поэтому данную реакцию можно исключить из рассмотрения, тем более что метан при данной температуре в газовой фазе практически отсутствует.

Полученные результаты подтверждают возможность восстановления триоксида молибдена до атомарного состояния либо до диоксида в условиях МДХТО при температуре свыше 1160 К.

Для реакций (13)-(15) анализ температурной зависимости ΔG_T^0 показал, что свыше 976 К наиболее вероятно протекание реакции (15). Расчет значений константы равновесия этих реакций дал следующий результат: реакция (13) $\lg K_p = -36864/T + 37,60$; реакция (14) $\lg K_p = 86587/T + 0,044$; реакция (15) $\lg K_p = 49667/T + 37,82$. Как следует из полученных зависимостей, при температуре свыше 977 К значение константы равновесия реакции (15) превышает соответствующие значения других реакций, и с повышением температуры это превышение увеличивается, что совпадает с результатами анализа температурной зависимости величины ΔG_T^0 .

Возможные реакции восстановления диоксида молибдена приведены в Табл.2. Продуктами этих реакций могут быть атомарный молибден или его карбид Mo_2C .

Расчет показал (Рисунок 2), что начальные точки вероятных температурных интервалов данных реакций располагаются в следующей последовательности: 904 К – реакция 6, 942 К – реакция 3, 1004 К – реакция 2, 1045 К – реакция 5, 1055 К – реакция 4. Поэтому восстановление диоксида молибдена, полученного по реакции 9, до атомарного состояния, может протекать во всем возможном интервале температур процесса МДХТО.

Таким образом, термодинамический расчет показал возможность образования молибдена и углерода в атомарном состоянии с последующей одновременной диффузией в поверхность стального изделия с образованием карбида Mo_2C .

Таблица 2

№	Реакция	Зависимость ΔG_T^o (кДж/моль O_2) от температуры Т (К)
1	$MoO_2 + C = Mo + CO_2$	$181,07 - 0,169 \cdot T$
2	$MoO_2 + 2C = Mo + 2CO$	$350,5 - 0,353 \cdot T$
3	$2MoO_2 + 3C = Mo_2C + 2CO_2$	$51,82 - 0,048 \cdot T$
4	$2MoO_2 + 5C = Mo_2C + 4CO$	$66,27 - 0,075 \cdot T$
5	$MoO_2 + 2CO = Mo + 2CO_2$	$38,03 - 0,047 \cdot T$
6	$MoO_2 + 2H_2 = Mo + 2H_2O$	$115,75 - 0,1135 \cdot T$

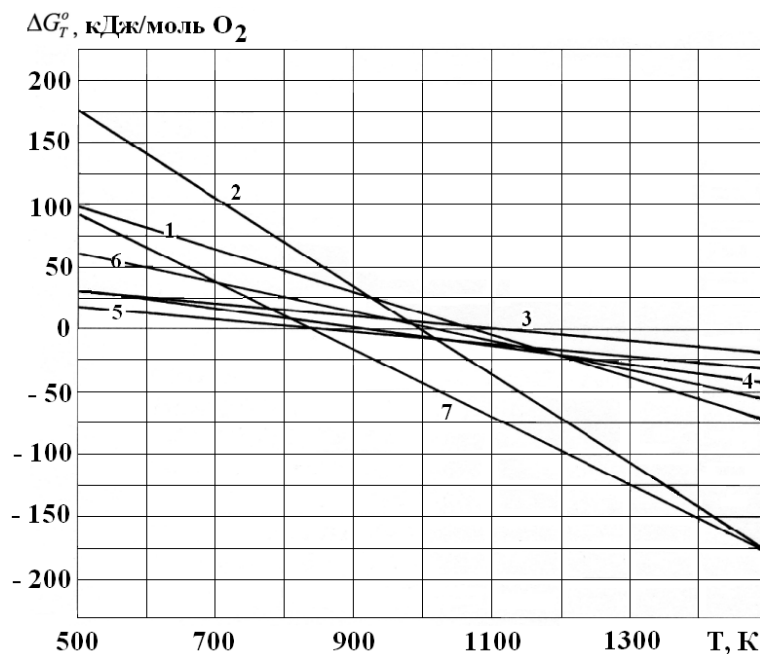


Рис.2. Зависимость изменения энергии Гиббса от температуры для реакций, приведенных в Табл.2

Экспериментальная проверка справедливости выполненных расчетов заключалась в диффузионном молибденировании образцов из стали 20 в среде порошка каменного угля по вышеуказанной методике. В результате обнаружено формирование слаботравящегося покрытия толщиной от 80 до 150 мкм (в зависимости от концентрации диффузанта в обмазке) с микротвёрдостью 13,5-15,0 ГПа, что соответствует микротвёрдости карбидов молибдена. Рентгеновский фазовый анализ подтвердил наличие карбида Mo_2C в диффузионном слое (Рисунок 3). Под карбидным слоем расположена науглероженная зона с перлитной структурой, и далее ферритно-перлитная структура, характерная для стали 20 в исходном структурном состоянии.

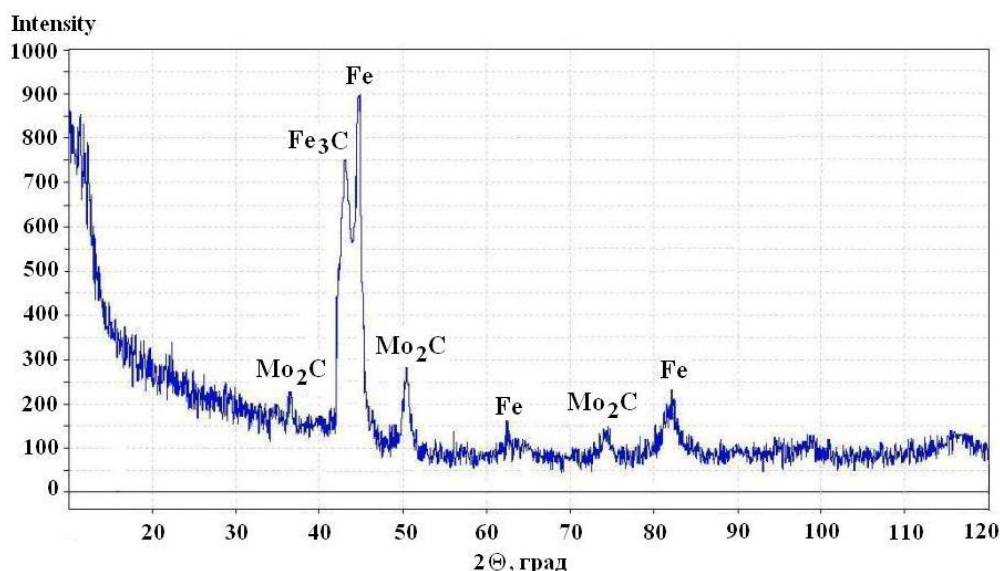


Рис.3. Рентгеновская дифрактограмма образца после МДХТО

Список литературы

1. Борисенко, Г.В. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. – Москва: Металлургия, 1981. – 424 с.
2. Ворошин, Л.Г. Теория и технология химико-термической обработки. – Москва: Новое знание, 2010. – 304 с.
3. Глушенко, И.М. Теоретические основы технологии горючих ископаемых. – Москва: Металлургия, 1990. – 296 с.
4. Домбровский Ю.М., Степанов М.С. Микродуговая цементация стальных изделий в порошковых средах / Упрочняющие технологии и покрытия, 2013.- № 12. С. 25-29.
5. Кидин И.Н. Электрохимико-термическая обработка металлов и сплавов. – Москва: Металлургия, 1978. – 320 с.
6. Лахтин, Ю.М., Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. М.: Металлургия, 1985. 256 с.
7. Липович, В.Г. Химия и переработка угля. – Москва: Химия, 1988. – 336 с.
8. Степанов М.С., Домбровский Ю.М. Формирование карбидного покрытия при микродуговом хромировании стали / Упрочняющие технологии и покрытия, 2015.- № 1. С. 35-37.

СТРУКТУРА ПОКРЫТИЯ 315Х19ФЗ, ПОЛУЧЕННОГО ПЛАЗМЕННО-ПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКОЙ

Емелюшин А.Н., Нефедьев С.П., Шекшеев М.А.

ФГБОУ ВПО «МГТУ» им. Г.И Носова, г.Магнитогорск

Упрочняющая наплавка деталей горных машин и металлургического оборудования сопряжена с определёнными технологическими трудностями. В первую очередь это связано с чрезмерной склонностью наплавленных изделий к трещинообразованию, из за высоких напряжений, возникающих в высоколегированном наплавленном металле и зоне сплавления с металлом основы. Стремясь избежать трещинообразования, наплавку проводят при повышенных значениях силы тока и, соответственно, при максимальном проплавлении металла основы. Часто это позволяет уменьшить градиент химического состава в зоне сплавления и за счёт этого снизить опасность возникновения трещин. Однако это приводит к сильному подмешиванию металла основы в наплавленный металл и снижению эксплуатационных свойств наплавляемого покрытия.

Плазменно-порошковая наплавка износостойких покрытий двудуговым плазмотроном позволяет исключить вероятность трещинообразования наплавленного покрытия благодаря эффективному расходованию мощности плазменной дуги на образование сварочной ванны, при минимальном проплавлении подложки, что обеспечивает заданный состав наплавленного металла уже в первом наплавленном слое [1]. Формирование аустенитной прослойки в зоне сплавления приводит к образованию слоистого композиционного покрытия [2] что способствует повышению механических свойств зоны сплавления. Однако минимальное подмешивание

основного металла в наплавленный даже на оптимальных режимах наплавки всё же неизбежно [3], что приводит к образованию в узкой промежуточной зоне нового переходного сплава усреднённого состава в соответствии с долей участия основного и присадочного материалов.

В данной работе плазменно-порошковую наплавку производили двухдуговым плазмотроном с максимальной силой тока косвенной дуги 40 А. Присадочным материалом являлся порошок типа 250Х18Г20С [4]. Наплавку производили на образцы из стали 45 с силой тока импульса 120 и 180 А.

Согласно [4, 5] при повышении силы тока с 120 А до 180 А, при прочих равных параметрах наплавки, доля участия основного металла в наплавленном повышается с 3 % до 12 %. При этом зона сплавления является наиболее чувствительной к подмешиванию металла основы. Микроструктура зоны сплавления наиболее чувствительна к режимам наплавки и дополнительным технологическим воздействиям, и, как следствие, является показателем степени участия основного металла в наплавленном.

При наплавке порошка типа 315Х19Ф3 при токе 120 А в средней части наплавленного металла формируется структура эвтектического типа (Рисунок 1).

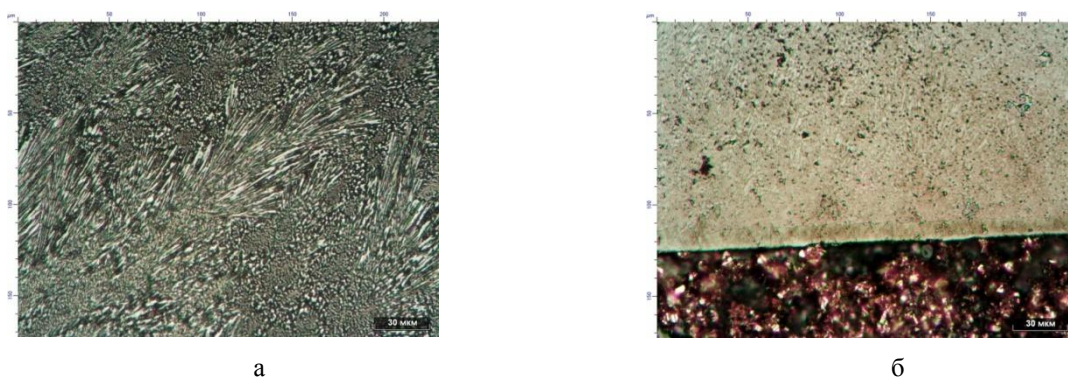


Рис.1. Микроструктура покрытия наплавленного на токе 120 А: а – средняя часть наплавленного металла, $\times 500$; б – зона сплавления, $\times 500$.

Наблюдающееся совпадение относительной интенсивности линий матрицы и табличных значений интенсивностей линий для γ -железа позволяет заключить, что матрица наплавленного металла представляет собой аустенит [6]. В объёме аустенитной матрицы равномерно распределена карбидная фаза. Присутствуют частицы, характерной для первичного карбида хрома M_7C_3 , карандашной формы, а также веерообразная эвтектика на базе карбида M_7C_3 микротвёрдостью 9400 МПа.

Данные металлографического анализа свидетельствуют о наличии светлых частиц скруглённой формы располагающихся в зоне сплавления и нижней части средней зоны покрытия (Рисунок 2 а). Частицы, обладающие схожим строением, обнаруживаются и в металле подложки, расположенные вдоль линии сплавления (Рисунок 2 б). Микротвёрдость частиц расположенных в наплавленном металле составляет 13000 МПа, а расположенных в металле подложки 12200 МПа. Данные рентгеноструктурного анализа, измерения микротвёрдости и металлографические исследования позволяют заключить, что светлыми частицами округлой формы в зоне сплавления и нижней части средней зоны покрытия является цементит [7].

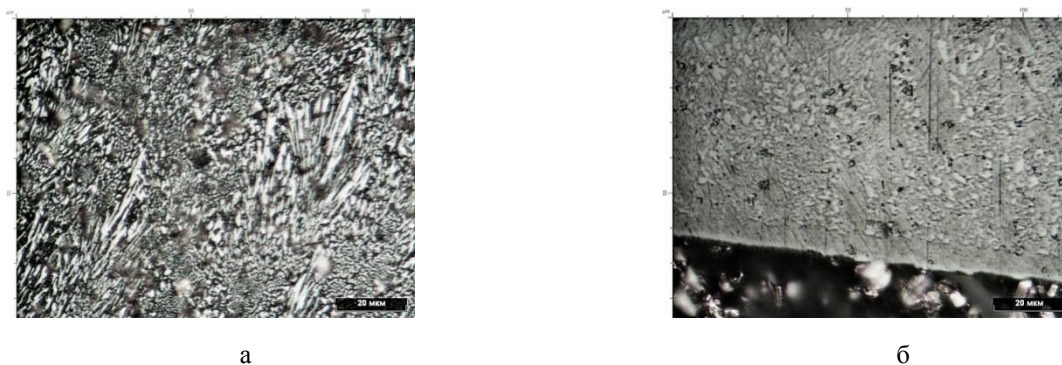


Рис.2. Цементитные частицы в покрытии 315Х19Ф3 наплавленном на общем токе 120 А: а – в нижней части средней зоны, $\times 500$; б – в металле подложки, $\times 1000$

Можно предположить, что при проплавлении подложки дугой сварочная ванна образуется за счёт частиц присадочного порошка, а также ферритных и перлитных зёрен, находящихся вдоль линии сплавления. При этом цементитные пластинки перлита не успевают раствориться в жидкой фазе сварочной ванны, а лишь коагулируют и всплывают на некоторую высоту, оставаясь в наплавленном металле. Отсутствие металлографически различных коагулированных частиц цементита в средней зоне наплавленного металла подтверждает предположение о попадании цементита в покрытие из металла подложки, так как высвободившийся из оплавленных перлитных зёрен цементит по мере перемешивания в средней части покрытия растворяется и становится металлографически неразличимым. Наличие цементита негативно сказывается на износостойкости и эксплуатационных свойствах покрытия, поэтому необходимо обеспечить режимы наплавки, при которых подмешивание металла подложки будет минимальным.

Наплавка порошка типа 315Х19Ф3 при общем токе 180 А приводит к формированию доэвтектической структуры покрытия (Рисунок 3), взамен эвтектической, образующейся при наплавке на токе 120 А. Это объясняется как меньшими коэффициентами перехода [4] легирующих элементов, таких как углерод и хром, так и значительным перегревом сварочной ванны и меньшей скоростью её кристаллизации, вследствие чего кристаллизация покрытия сдвигается по тальвегу в сторону доэвтектических структур [8].

Повышение давления дуги при наплавке на токе 180 А приводит к сильному проплавлению металла основы и подмешиванию его в наплавленный металл. В результате в зоне сплавления со стороны наплавленного металла на расстоянии 2 - 4 мкм от подложки, образуется прослойка мартенсита, расположенного на границах и в центре кристаллитов имеющих дендритное строение. Наличие мартенсита в зоне сплавления предопределяет склонность такого покрытия трещинообразованию. В центральной части наплавленного металла формируется структура, доэвтектического типа. Дендриты аустенита расположены хаотично, отсутствует общее направление роста, что свидетельствует о высокой степени перегрева центральной части сварочной ванны и низкой скорости её кристаллизации. В междендритном пространстве расположена аустенито-карбидная эвтектика пластинчатого строения образованная на базе карбида хрома типа M_7C_3 .

Список литературы

1. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. М.: Машиностроение, 1987. 192 с.
2. Тушинский Л.И., Плохов А.В. Исследование структуры и физико-химических свойств покрытий. Новосибирск: Наука, 1986. 324 с.
3. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под ред. акад. Б.Е. Патона. М.: Машиностроение, 1974. 768 с.
4. Формирование структуры и свойств зоны сплавления при плазменно-порошковой наплавке покрытия типа 250Х15Г20С /Емелюшин А.Н., Петроченко Е.В., Нефедьев С.П., Морозов А.Н. //Вестник Магнитогорского технического университета им. Г.И. Носова. 2011. № 3. С. 70-73.
5. Емелюшин А.Н., Петроченко Е.В., Нефедьев С.П. Исследование структуры и ударно-абразивной износостойкости покрытий системы Fe-C-Cr-Mn-Si, дополнительно легированных азотом. Сварочное производство. 2011. № 10. С. 18-22.
6. Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. М.: Машиностроение. 1991.
7. Емелюшин А.Н., Петроченко Е.В., Нефедьев С.П. Сравнение структуры и свойств литых и наплавленных износостойких материалов // Литейные процессы: межрегион. сб. науч. трудов/под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. С. 141-145.
8. Петроченко Е.В. Особенности кристаллизации, формирования структуры и свойств износостойких и жаростойких чугунов в различных условиях охлаждения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Магнитогорск, 2012.

СЕКЦИЯ №8.

ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)

СЕКЦИЯ №9.

АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)

СЕКЦИЯ №10.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)

ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЗОН ЛЕСОЗАВОДСКОГО ГО

Свидерская Е.А., Зверева М.А.

ДВФУ, РФ, г.Владивосток

Территориальное планирование (ТП) является государственным обеспечением конституционного права граждан России на здоровую и безопасную среду обитания, иных имущественных прав и экономических свобод населения [3]. Поэтому при формировании годового бюджета муниципальных образований должно быть предусмотрено финансирование мероприятий по реализации документов ТП при разработке годовых и среднесрочных планов.

В результате градостроительного зонирования территории муниципальных образований делятся на зоны, с установлением для каждой из них правового режима градостроительного использования – градостроительного регламента [1]. Документом градостроительного зонирования являются правила землепользования и застройки. Для территориальных зон в правилах землепользования и застройки устанавливаются градостроительные регламенты – виды разрешенного использования земельных участков.

В ходе данной работы проводился анализ генерального плана Лесозаводского городского округа Приморского края для определения возможных перспектив улучшения данного землепользования. При этом рассматривались социальные, экономические, экологические и иные факторы, определяющие устойчивое развитие территорий.

Лесозаводский городской округ является составной частью Приморского края и находится в его северной части. Территория занимает удобное географическое положение, расположена на пересечении трёх транспортных магистралей, является исключительной для установления торгово-экономических связей с отдельными регионами страны, районами края и граничащей Китайской Народной Республикой. Действует международный автомобильный переход, связывающий две страны Российской Федерации и Китайскую Народную Республику.

В настоящее время в Лесозаводском городском округе возникла необходимость в изменении границ территориальных зон и градостроительных регламентов. Поступили предложения от заинтересованных физических и юридических лиц. Наиболее острый вопрос в Лесозаводском ГО это – жилищный. Уровень жилищной обеспеченности, благоустройства жилищного фонда один из важнейших показателей, определяющих качество жизни населения.

Основная часть жилищного фонда района находится в частной собственности и составляет 82 %. Для Лесозаводского ГО актуальна проблема обветшания жилищного фонда, так как в жилищном фонде преобладают здания, построенные в советский период. Таким образом, в течение ближайших 10 лет возможен значительный рост доли ветхого и аварийного фонда, в связи с чем, необходимо наращивать объемы капитального строительства.

Одним из вариантов улучшения жилищных условий населения является строительство индивидуального жилья, но оно замедляется из-за нехватки территориальных жилых зон. В ходе работы изучалась возможность изменения вида и границ территориальных зон, отмеченных на генеральном плане МО. Границы территориальных зон и градостроительные регламенты устанавливаются с учетом: сложившейся планировочной организации территории и существующего землепользования; планируемых изменений сложившегося землепользования в соответствии с генеральным планом, проектами планировки и межевания.

Так, в г.Лесозаводске на территории зоны П1-3 числится предприятие: ОАО "Биохимзавод". На данный момент предприятие не функционирует, находятся в заброшенном состоянии и объекты: котельная, подъездные железнодорожные пути, сооружения, склады, гаражи в полуразрушенном состоянии, отсутствуют захоронения бытовых отходов.

Также в этой зоне находятся земельные участки, объекты капитального строительства, хозяйственные постройки, гаражи, которые на праве аренды и собственности принадлежат физическим и юридическим лицам, предложения которых и послужило основанием изменения зоны П1-3 на жилую зону.

Для того, чтобы решить задачу изменения производственной зоны в жилую зону необходимо было учесть наличие ограничений (природного и/или техногенного характера). К основным факторам природной среды Лесозаводского ГО, влияющим на характеристику существующей территориальной зоны П1–3, являются: рельеф местности; гидрологический (режим грунтовых вод и т.д.); гидрографические (наличие рек, болот и т.п.).

На исследуемой территории уклон нулевой, рельеф – равнинный. Вся западная часть территории находится на Приханкайской низменности, наиболее пониженные части которой, не имеют стока. Высота над уровнем моря – 70 м. На большей части проектируемой территории грунтовые воды располагаются близко к поверхности. На проектируемой территории подтопление грунтовыми водами – значимая проблема – в результате подтопления грунтовыми водами хозяйственные постройки, имеющие подвальные помещения, гниют (погреба, гаражи и др.).

Город Лесозаводск расположен в долине крупной реки Уссури. Наличие болот на местности, прилегающей к реке, объясняется периодическим затоплением местности паводками и весьма слабым стоком дождевых вод по поверхности, с весьма ничтожными уклонами и торфяными почвами. Во время сильных паводков на р. Уссури заливается вся прилегающая к ней местность на много километров.

Во время прохождения больших паводков происходят разливы воды, сопровождающиеся затоплением населенных пунктов, сельхозугодий, разрушением дорог и мостов. Летне-осенние паводки, вызывающие небольшие наводнения, наблюдаются примерно один раз в 3 года. Большие наводнения повторяются один раз за 9 – 10 лет. В пределах района вся река во время паводков превращается в один бурный поток и разливается по всей территории.

Ширина водоохраной зоны реки Уссури в пределах рассматриваемой территории составляет 200 метров, ручьев и озёр – 50 метров. Прибрежные защитные полосы при нулевом уклоне берега в сторону водного объекта – 30 метров. Прибрежно-защитная полоса р. Уссури совпадает с ВОЗ реки и составляет – 200 метров. Ширина береговой полосы водных объектов общего пользования – 20 метров.

К основным факторам техногенного характера Лесозаводского ГО, влияющим на характеристику существующей территориальной зоны П1–3 являются:

- охранные зоны инженерных сетей;
- санитарно-защитные зоны (СЗЗ);
- санитарные разрывы (СР).

При внесении изменений в зонирование расположение охранных зон инженерных сетей не влияет на принятие проектных решений. К объектам инженерной инфраструктуры относятся: теплоснабжение, водоснабжение, канализация, газоснабжение, электроснабжение, связь, трубопроводы. К объектам транспортной инфраструктуры относятся: дороги местного значения.

Для предприятия, находящегося на исследуемой территории, с третьим классом опасности в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [2] для предприятий, их отдельных зданий и сооружений с технологическими процессами, потенциально опасными для человека, в зависимости от мощности и в соответствии с санитарной классификацией предприятий, производств и объектов, установлена санитарно-защитная зона – 300 м. Она не могла рассматриваться как резервная территория предприятия и использоваться для расширения промышленной площадки.

На проектируемой территории присутствуют СР для железнодорожного транспорта, гаражей и автостоянок, трубопроводов (газопровод проектируемый – ветка от газораспределительной станции). Санитарные разрывы железнодорожной магистрали – 100 метров.

С учетом выше сказанного предлагается изменение зоны: перевод ее из промышленной в жилую с разделением на подзоны: Ж1 – с индивидуальной застройкой; Ж2 – с малоэтажной застройкой; Ж3 – среднеэтажной застройкой. Инженерные коммуникации и дороги существуют. Кроме этого уже сложилась усадебная застройка, фактически это Ж 1, собственники.

В то же время для комфортного и безопасного проживания необходимо понижение уровня грунтовых вод, защита прибрежных территорий от затопления и подтопления. Мероприятия по понижению уровня грунтовых вод и осушение заболоченности должны обеспечивать нормальные условия для осуществления строительства, эксплуатации зданий и сооружений, произрастания зеленых насаждений. При размещении жилых районов на прибрежных участках необходимо планировочные отметки принять не менее чем на 0,5 м выше расчетного горизонта высоких вод.

Обязательно обвалование территории. Защита территории от подтопления осуществляется береговым дренажем, прокладываемым вдоль оградительной дороги-дамбы несколько ниже меженного горизонта воды в реке Уссури. Защита территории от подтопления может быть осуществлена повышением отметок территории подсыпкой или намывом, а также углублением реки Уссури.

Изменение зоны также даст возможность использования местных строительных материалов, развития соответствующих производств на территории городского округа. Это позволит, с одной стороны, создать новые рабочие места в населенных пунктах, прилегающих к его осевым транспортным коридорам, оживить экономику. С другой стороны, улучшится демографическая ситуация, поскольку уменьшится отток трудоспособного населения.

Список литературы

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 29.12.2004 N 190-ФЗ// Российская газета.
2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация сооружений и иных объектов», утвержденные Постановлением Министерства здравоохранения Российской Федерации от 10.04.2003 № 38.
3. Павленко В. Ф. Планирование территориального развития: (территориальный аспект планирования): учебник для высших учебных заведений / В.Ф. Павленко – М.: Экономика, 2011.

ИНДУСТРИАЛЬНОЕ «СУХОЕ» СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Вержбовский Г.Б.

РГСУ, РФ, г.Ростов-на-Дону

На сегодняшний день малоэтажное и индивидуальное строительство в России является одним из наиболее быстроразвивающихся направлений. Главным трендом такого строительства является переход от индивидуального способа возведения зданий к поточному, позволяющему возводить индивидуальные дома быстро, недорого и с гарантированным качеством.

Анализ различных зарубежных и отечественных публикаций, посвященных среднесрочным перспективам мирового рынка жилищного строительства, показывает, что большая часть экспертов считает важнейшей тенденцией ближайших десятилетий массовый переход от «архаичных» методов возведения домов непосредственно на стройплощадках (on-site manufacturing) к сборно-модульному (off-site manufacturing) домостроению.

Единой классификации индустриального строительства в специальной литературе пока нет. В Великобритании уже сравнительно давно существует специальный общий термин – Modern Methods of Construction–ММС–современные методы строительства. Под ММС понимается довольно широкий спектр технологий и процессов, объединяемых в основном наличием развитых форм логистических цепочек, заводским монтажом сборных конструкций, а также конструированием и модульной сборкой основных элементов будущих домов непосредственно на производстве. Согласно оценкам британских экспертов, при эффективном использовании технологий ММС имеется возможность почти четырехкратного увеличения совокупного объема строительства жилых домов по сравнению с традиционными методиками при одинаковом уровне трудовых затрат непосредственно на стройплощадке.

Схожая с британской ММС классификация сборно-модульных методов строительства имеется и в Соединенных Штатах, но в американской версии чаще используется термин Factory Built Housing– заводское домостроение, а также более универсальное определение Prefab Housing– строительство домов из сборных заводских конструкций. Аналогичная ситуация складывается и в других странах.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что индустриализация малоэтажного домостроения является весьма перспективным и важным направлением развития строительной отрасли России. Появление крупных промышленных производств, выпускающих универсальные комплекты изделий и деталей для возведения полносборных индивидуальных зданий, может обеспечить растущие потребности россиян достаточно дешевым и удобным жильем.

Инновационные подходы к малоэтажному строительству предполагают использование новых эффективных материалов, например, таких, как композиты. Их использование позволяет создавать изделия практически любых форм, что в свою очередь дает возможность активно внедрять технологии «сухого» строительства. В Германии существует специальный термин «trockenbau», указывающий на то, что процесс возведения объектов ведется без применения воды, однако за рубежом им называют в основном отделочные работы и организацию внутреннего пространства. Для России «сухое строительство» – относительно новое направление, которое развивается и дополняется, поэтому это определение является собирательным. В нашей стране в него дополнительно включают деревянное домостроение, здания, возводимые из легких стальных тонкостенных конструкций и сборно-панельные дома на основе древесины.

Нами предлагаются пять различных инновационных строительных систем индустриального малоэтажного домостроения, на которые получены патенты РФ [1]. При этом возможны как замена отдельных традиционных изделий композитными, так и применение комплексных универсальных наборов элементов, обеспечивающих возведение здания «под ключ». Все предлагаемые изделия и детали производятся из бинарных композитных материалов с полимерной или минеральной матрицами и различными порошковыми наполнителями.

Две первые системы могут применяться в бревенчатых или брусчатых домах и предполагают замену традиционных элементов стен бревнами и брусками из древесно-полимерных композитов (Рисунок 1).

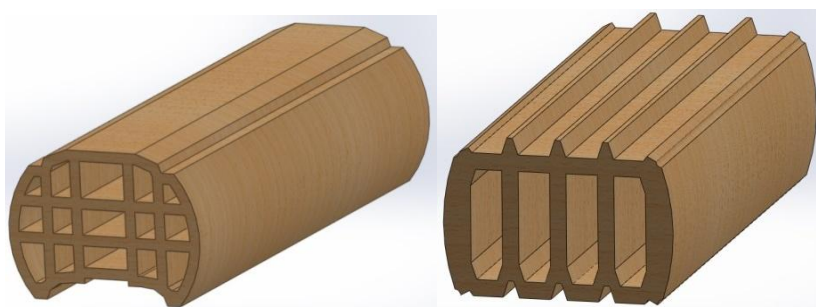


Рис.1. Бревно и брус (слева-направо) из композитных материалов

Сложный профиль изделий обеспечивает меньшую ветропродуваемость за счет плотности их лабиринтного прилегания друг к другу. Внутренние полости могут быть заполнены эффективным утеплителем. При необходимости бревно или брус могут выполняться с армированием для повышения их жесткости. Введение в расплав композита цветowych добавок дает возможность разнообразного окрашивания изделий. Производство предлагаемых элементов методом экструзии практически полностью исключает появление отходов.

Композиты могут применяться и в легкокаркасном домостроении. При этом возможна замена как элементов стен – досок или стальных тонкостенных профилей, – так и балок перекрытий (Рисунок 2).

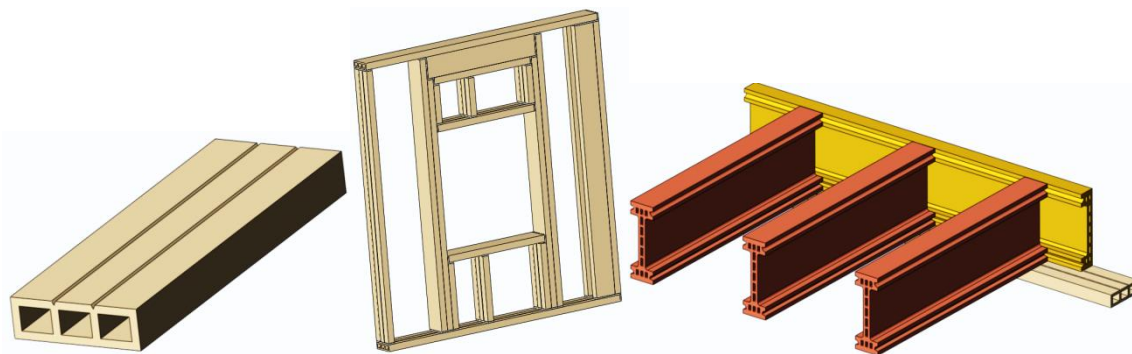


Рис.2. Доска, стеновая панель и конструкция перекрытия

Отметим, что простая замена деловой древесины полимерным композитом в конкретных конструкциях и даже в какой-либо отдельной части здания или сооружения в целом все еще не дает возможности в полной мере использовать преимущества искусственных материалов, однако убедительно доказывает их применимость в строительстве. Более важной задачей является разработка комплексных наборов универсальных элементов и конструкций, полностью выполненных из композитных материалов, и обеспечивающих возведение объекта «под ключ», начиная от фундаментов и заканчивая инженерными системами.

Отдельные относящиеся к несущему остову здания элементы подобного набора, включающего в себя около тысячи различных изделий и деталей, представлены на Рисунке 3.

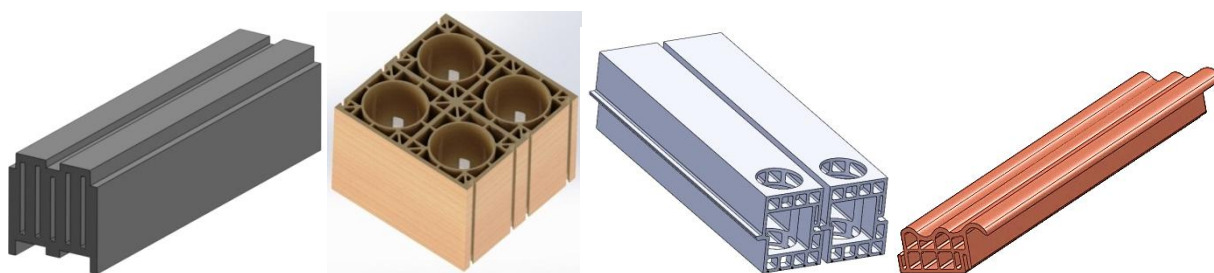


Рис.3. Отдельные элементы универсального набора (слева-направо: фундаментный блок, рядовой стеновой блок, балка перекрытия, кровельная плита)

Сборка здания осуществляется «сухим» способом при помощи специально разработанных для этой цели фиксаторов. Многочисленные полости в изделиях могут заполняться эффективным утеплителем типа эковаты, тем самым повышая теплотехнические характеристики строений. «Сухой» способ строительства и использование стандартных деталей и традиционных крепежных элементов дают возможность неоднократно перестраивать здание или сооружение, соотнося его с потребностями владельцев. Актуальными становятся так называемые «растущие» дома, а также здания со свободной внутренней планировкой.

Одним из достаточно существенных недостатков экструзионного производства композитных изделий является невозможность организации ломаных резов профиля при его выходе из фильеры. Необходимость производства стеновых блоков сложной формы обуславливается тем, что при «сухом» строительстве плоские стыки между отдельными элементами на всю ширину стены могут стать мостиками холода или путями проникновения влаги внутрь здания.

Нами предлагается система объемных строительных элементов для возведения «сухим» способом стен, перекрытий, внешней и внутренней отделки «Росси». Ее основным элементом является мелкий рядовой стеновой блок, показанный на Рисунке 4.

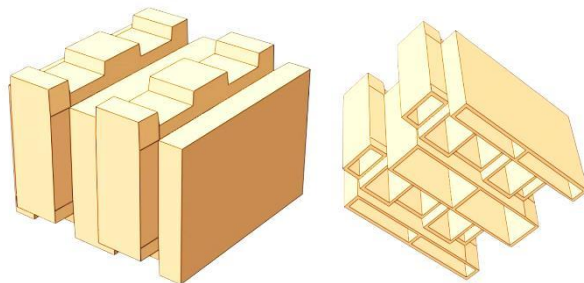


Рис.4. Рядовой стеновой блок системы «Росси»

В состав системы «Росси» входят также перемычки над проемами, плиты перекрытий и система отделки.

Предлагаемые строительные системы обеспечивают скоростное возведение комфортных для проживания малоэтажных домов, обеспечивают их бесконечную вариативность и архитектурную выразительность, а используемые для их производства композитные материалы являются экологически чистыми и предполагают возможность неоднократной переработки.

Список литературы

1. Вержбовский Г.Б. Малоэтажные быстровозводимые здания и сооружения из композитных материалов. – Ростов н/Д: ООО «Издательство Бара». – 2015. - 280 с.

КЛАССИФИКАЦИЯ БАЛОК С ГОФРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ

Лукин А.О., Шевцов И.А.

СГАСУ, РФ, г.Самара

Последнее время в строительстве стали широко применяться балки с гофрированной стенкой [1, 2], так как они не требуют установки ребер жесткости, а, следовательно, требуют меньшего расхода металла. Кроме того с технологической точки зрения выполнять гофрирование гораздо проще, чем приваривать ребра жесткости. Именно эти условия и послужили толчком к выпуску гофрированных балок. В настоящее время большее их разнообразие применяется и ещё большее патентуется [3]. В данной статье мы постарались дать классификацию балкам подобного рода, которые вошли в мировой опыт применения.

Все стержни с гофрированной стенкой можно классифицировать следующим образом:

1. По статической схеме
- Разрезные (Рисунок 1а);
- Неразрезные (Рисунок 1б).



а



б

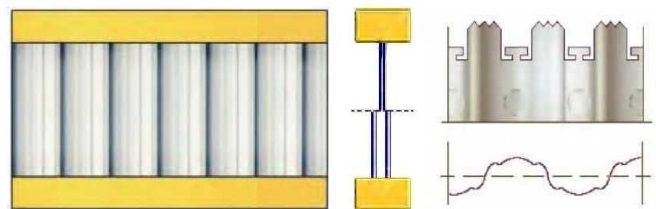
Рис. 1. Классификация балок по статической схеме:
а – шарнирно опертые металлодеревянные балки;
б – неразрезные балки.

2. По форме поперечного сечения:

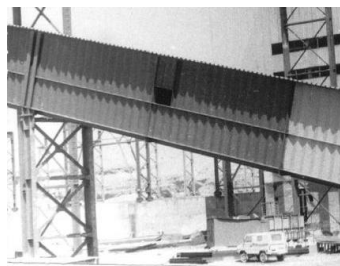
- балки двутаврового сечения с одной гофрированной стенкой (Рисунок 2а);
- балки двутаврового сечения с двойной гофрированной стенкой (Рисунок 2б);
- балки коробчатого сечения (Рисунок 2в).



а



б



в

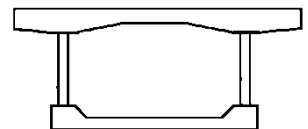


Рис. 2. Классификация балок по форме поперечного сечения:
а – балки двутаврового сечения с одной гофрированной стенкой;
б – балки двутаврового сечения с двойной гофрированной стенкой;
в – балки коробчатого сечения.

3. По виду гофрирования стенки:

- Треугольный гофр (Рисунок 3 а);
- Трапециевидный гофр (Рисунок 3 б);
- Волнистый гофр (Рисунок 3 в).



а



б



в

Рис.3. Классификация балок по форме поперечного сечения:

- а – балки с треугольным гофром (БГС-Казахстан);
- б – балки с трапециевидным гофром (Borga, Neil Web);
- в – балки с волнистым гофром (Sin beam, НТС, клефанерные балки).

4. По очертанию стержня различают:

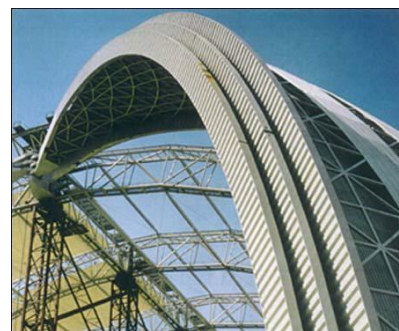
- постоянного сечения по длине (Рисунок 4а);
- переменного сечения по длине (Рисунок 4б);
- криволинейное очертание (арочные) (Рисунок 4в).



а



б



в

Рис.4. Классификация балок по очертанию стержня:

- а – стержень постоянного сечения;
- б – стержень переменный по длине;
- в – стержень арочного очертания.

5. По способу соединения полков со стенкой:

- сварка (Рисунок 5 а);
- запрессованное (Рисунок 5 б).
- запрессованное на клею (Рисунок 5 в);
- замоноличивание стенки в пазах полков (Рисунок 5 г).

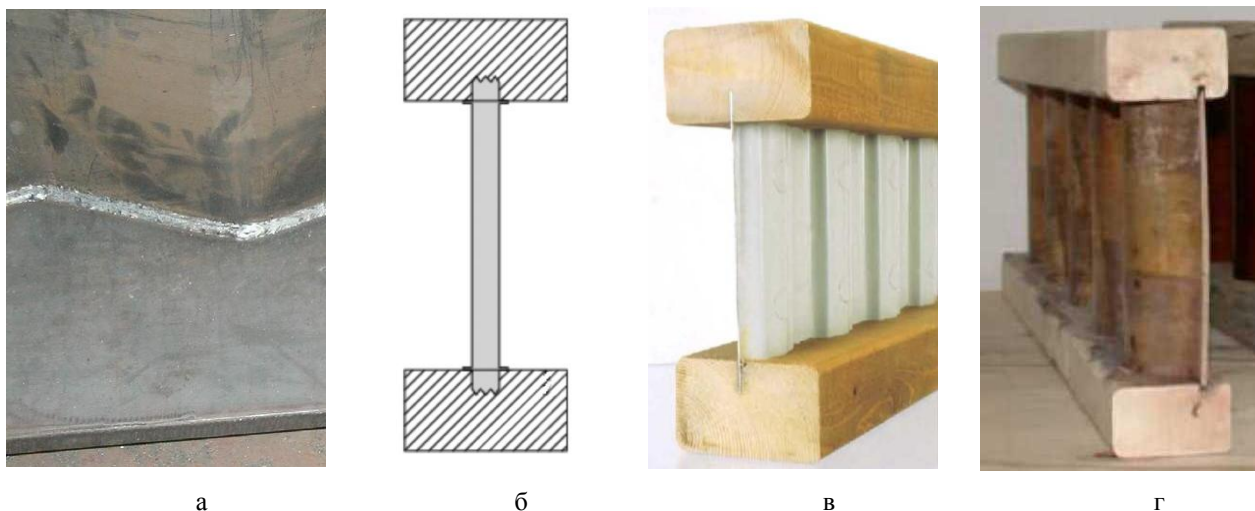


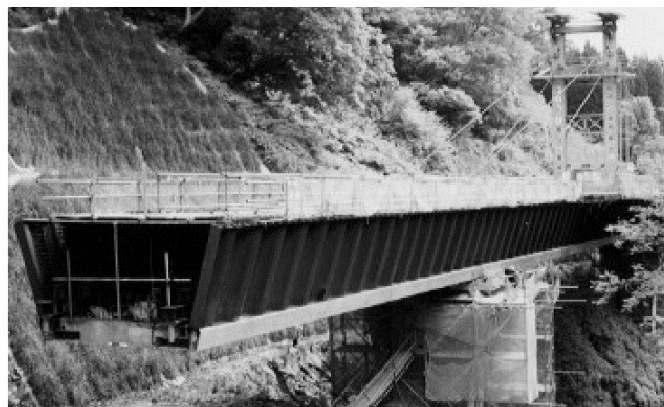
Рис.5. Классификация балок по способу соединения полок со стенкой:
а – сварка металлических балок (Sin beam, БГС-Казахстан, Borga);
б – запрессованное (HTS, Tecbeam);
в – запрессованное на клее (Neil Web);
г - замоноличивание стенки в пазах полок (клефанерные балки).

6. По материалу стенки, полки различают:

- стальные (Рисунок 4 а, б);
- деревянные (Рисунок 6 а), клефанерные (Рисунок 5 г);
- комбинированные:
- металлодеревянные, полки деревянные стенка стальная (Рисунок 1 а, 5 б, в);
- сталежелезобетонные, полки железобетонные стенка стальная (Рисунок 6б).



а



б

Рис.6. Классификация балок по способу соединения полок со стенкой:
а – деревянные балки с волнистой стенкой;
б – пролетное строение сталежелезобетонного моста.

7. По наличию отверстий:

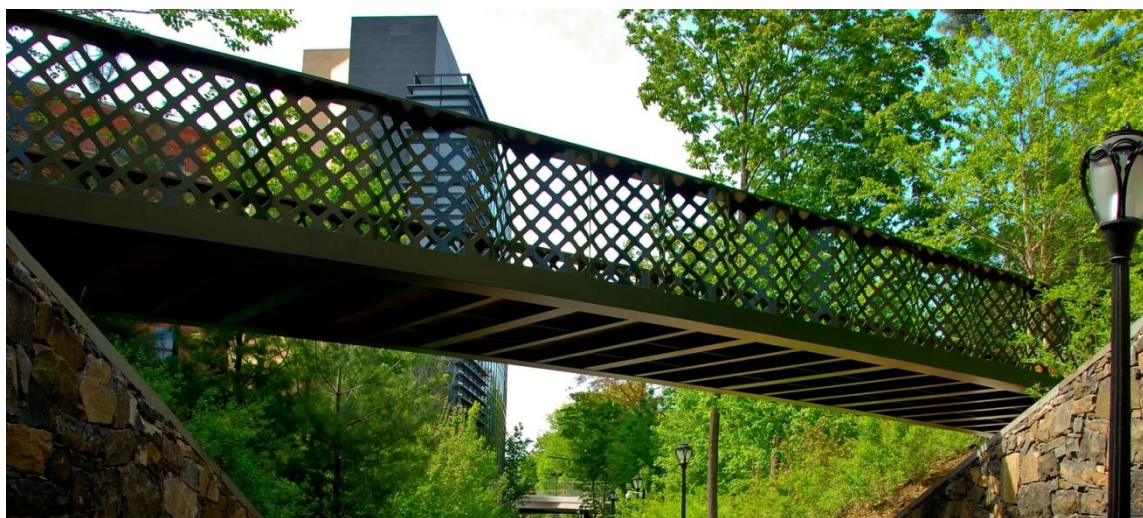
- с отверстиями (БГС-Казахстан, Tecbeam, Hillhouse Avenue Pedestrian Bridges). (Рисунок 7);
- без отверстий (Рисунок 4а).



а



б



в

Рис.7. Балки с отверстиями в гофрированной стенке

а – металлические балки БГС-Казахстан;

б – металлодеревянные балки Тесбаем;

в – металлические балки пешеходного моста Hillhouse Avenue Pedestrian Bridges.

Предложенная классификация включает все известные балки с гофрированной стенкой, которые нашли применение в строительстве. Применение гофрированных элементов в других отраслях представлено в работе [4, 5].

Список литературы

1. Соловьёв А.В. Учет особенностей работы балок с гофрированной стенкой в расчетах на стесненное кручение / А.В. Соловьёв, А.О. Лукин, В.Ю. Алпатов, В.Н. Савостьянов // Вестник МГСУ. 2012. № 11. С. 105–112.
2. Заборова Д.Д. Преимущества и особенности применения гофро-балки в строительстве / Д.Д. Заборова, Ю.П. Дунаевская // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. 7 (22). 2014. С. 36-53.
3. Лукин А.О. Применение конструкций с гофрированными элементами в зданиях и сооружениях / А. О. Лукин, А.В. Соловьёв // Строительный вестник Российской инженерной академии. Труды секции «Строительство» Российской инженерной академии. Выпуск 11. Москва, 2010. – с. 196-206.
4. Лукин А.О. Применение гофрированных элементов в мостостроении / А. О. Лукин // Строительный вестник Российской инженерной академии. Труды секции «Строительство» Российской инженерной академии. Выпуск 11. Москва, 2010. – с. 190-195.
5. Лукин А.О. Гофрированные конструкции. История развития, современное применение / А.О. Лукин. - Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. - 120 с.

РОЛЬ РЕЛЬЕФА В ЛАНДШАФТЕ И В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ

Базилевич А.М.

ГУЗ, РФ, г.Москва

Ландшафт (природный) – фундаментальное понятие в географии, в основе которого лежит взаимосвязь природных явлений – форм рельефа, горных пород, климат, подземные воды, почвы, животный и растительный мир. В географии существуют территориальные единицы ландшафта – урочища, фации, местности, связанные между собой пространственно и генетически. Однако, географический подход к ландшафту скорее всего приемлем для сельскохозяйственных целей.

Что касается градостроительства, включая ландшафтную архитектуру, то здесь следует одновременно учитывать функциональные, структурные и композиционные требования [1]. Для конкретизации роли рельефа в ландшафте и в градостроительстве нами принимается таксономическая система в виде пяти типологических единиц [3]:

- 1) тип ландшафта – классификация по климатическим характеристикам;
- 2) подтип – учёт растительной зональности (в пределах типа);
- 3) класс ландшафта – классификация по рельефу (гипсометрия высот);
- 4) подкласс – по характеру рельефа более низкого ранга местности: для равнинных ландшафтов – это низменные и возвышенные ландшафты; для горных – это низко-, средне- и высокогорные ландшафты;
- 5) вид ландшафта – тоже по рельефу, но с детализацией по генезису, структуре и морфологии.

Таким образом, рельеф учитывается в трёх из пяти типологических единиц, но для градостроительства наиболее важны: 4) подкласс и 5) вид ландшафта, в которых рельефу отводится главная роль. «Ведущая роль рельефа определяется его стабильностью по сравнению с другими ландшафтными компонентами, способностью влиять на микроклимат территории, сохранять свои очертания, цвет, форму в течении длительного времени, а также возможностью включать в свой «каркас» комбинации воды и растительности» (4). В пространственном отношении зеленые насаждения (деревья, кустарник) можно принимать за своего рода «фактуру рельефа», а акватории – за «нулевой» рельеф.

Согласно Инструкции [2] существуют два основных направления градостроительного проектирования – планирование (ранее в отечественных нормах был более правильный термин «планировка») и застройка, в каждом из которых составным компонентом является ландшафт, включая рельеф.

Первое направление (планирование) охватывает шесть видов (от Генеральной схемы расселения на территории РФ до проекта черты поселения) и включает такие вопросы ландшафтной организации как местоположение и развитие крупных объектов ландшафтной архитектуры (природных парков, заповедников, зон для туризма, массового отдыха, территории садоводческих товариществ, территории, подверженные воздействию чрезвычайных природных ситуаций (затопления, сейсмика, оползни, эрозия и пр.), вопросы интеграции картографических, землеустроительных, лесоустроительных материалов ГК совместно с Земельным кодексом РФ.

Второе направление градостроительного проектирования (застройка) включает три вида проектов и охватывает такие вопросы ландшафтной организации как вертикальная планировка, инженерная подготовка, благоустройство, озеленение.

Оба направления градостроительного проектирования содержат вопросы ландшафта, но отсутствует единый метод, обеспечивающий сквозную преемственность анализа ландшафта и его главного элемента – рельефа. Соглашаясь с выводом о том, что «рельеф является архитектурной основой любого ландшафта, его скелетным каркасом...», а также что формы рельефа, его контрастность, другие физические характеристики влияют как на остальные ландшафтные компоненты, так и на композицию, художественное и эстетическое решение пространства [4], нами доказано, что рельеф становится основой и градостроительного решения

На Рисунке 1 показана принципиальная связь физических характеристик рельефа, основных градостроительных проблем и уровней формирования объектов ландшафтной архитектуры.

Роль рельефа в решении функциональных задач – выбор места, организация зон на всех стадиях градостроительного планирования и застройки изучена хорошо. Это, во-первых, устойчивость территории, т.е. отсутствие оползней, селей, а также использование нарушенных территорий – карьеров, шахтных полей для парков. Во-вторых, решение санитарно-гигиенических задач: от форм рельефа зависит распределение тепла, осадков, ветровой режим, почвенные и гидрологические условия, возможность снижения шума, пыли, загазованности территории. В-третьих, рельеф совместно с другими элементами ландшафта влияет на решение

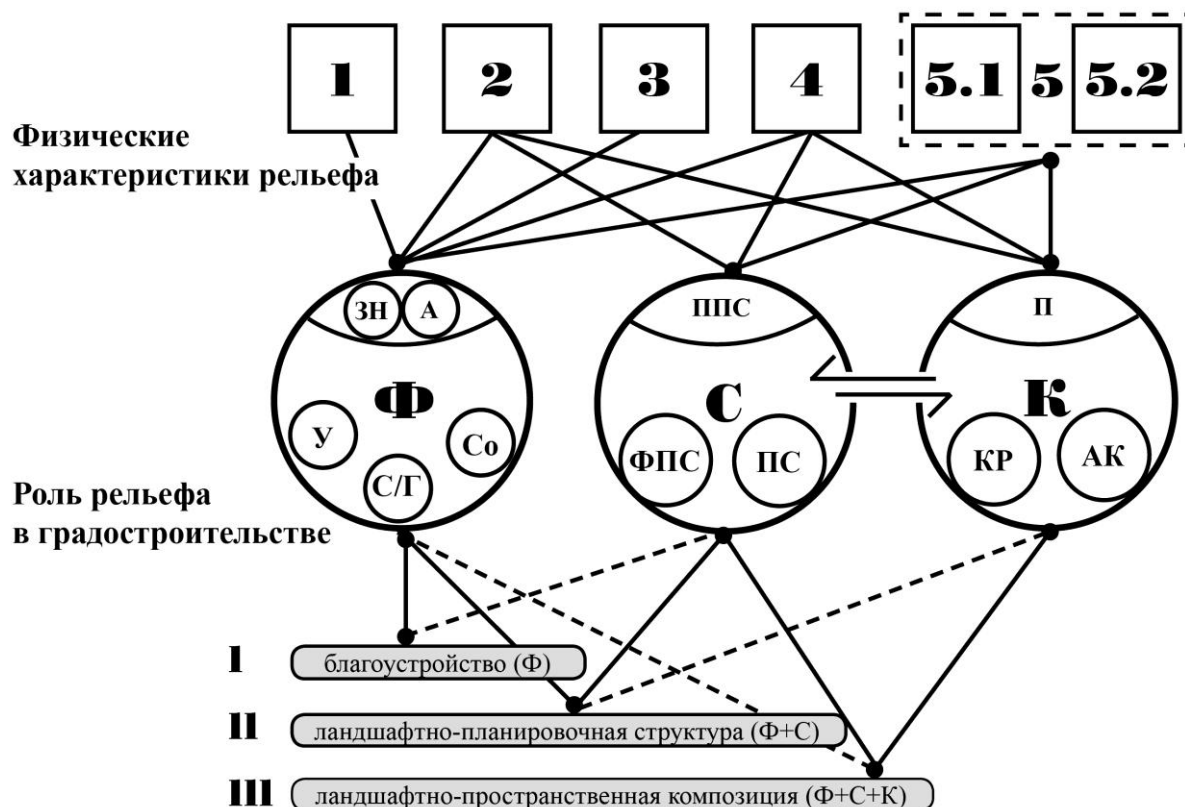
социальных вопросов (в культурно- бытовой, рекреационной сфере). Для решения функциональных задач в рамках ландшафтного проектирования достаточно использовать средства благоустройства.

Роль рельефа в структурном преобразовании территории проявляется в двух аспектах – функциональном и структурном. На форму поселения, на расчленённость планировочной структуры, на характер улично-дорожной схемы влияет структура рельефа, его вертикальная и горизонтальная расчленённость. Например, история развития города плана Москвы свидетельствует о влиянии природно-пространственных осей (долин рек Москвы, Яузы, Неглинки) на радиальную сеть дорог. Это уже более высокий, ландшафтно-планировочный уровень организации плана города.

Роль рельефа в композиции объектов градостроительства заключается в использовании ритмических, масштабных закономерностей природного пространства. Созданию индивидуального облика исторических городов в первую очередь способствовала связь архитектурно-пространственной композиции с элементами природного пространства – формами речных долин, акцентами рельефа. На стадиях проектирования застройки значение композиционное рельефа возрастает. Так, если на функциональном уровне организации объектов ландшафтной архитектуры сопряжение элементов территорий (лестницы, пандусы, подпорные стенки), а также террасирование рельефа подчиняется требованиям вертикальной планировки, то на композиционном уровне широко используется геопластика – художественное осмысление форм рельефа. Это и есть уровень ландшафтно-пространственной композиции.

Перечисленные три ипостаси рельефа (функциональная, структурная, композиционная) с разной тщательностью учитываются в реальном проектировании. Если для функциональной организации отработаны критерии и нормативы, то при решении структурно-планировочных вопросов пока учитывают лишь функционально-технологические требования, а композиция в градостроительстве опирается на интуитивный творческий подход [6].

В теоретическом плане суть учёта структурных и композиционных свойств рельефа носит параметрический характер, т.е. путём сопоставления физических характеристик форм рельефа и градостроительных единиц (функциональных, структурных, транспортных и пр.). Вариантом такого параметризма является метод модулирования, в котором предложено постепенное, покомпонентное использование пространственных свойств: учёт ориентации форм рельефа – в планировочных осях; учёт размерного компонента модуля рельефа в иерархии планировочных единиц; учёт ритмических, масштабных, акцентных компонентов природного модуля в создании индивидуального облика города [5].



Уровни формирования объектов ландшафтной архитектуры

Рис.1 Схема зависимости градостроительства от характеристик рельефа на разных уровнях организации объектов ландшафтной архитектуры (автор А.Базилевич):

1 — размер; 2 — форма; 3 — уклон; 4 — ориентация; 5 — расчленённость; 5.1 — вертикальная; 5.2 — горизонтальная; ЗН — зелёные насаждения; А — акватории; ППС — природно-пространственная структура; П — пейзаж; Ф — функция; С — структура; К — композиция; У — устойчивость; С/Г — санитарно-гигиенические задачи; Со — социальные задачи; ПС — планировочная структура; КР — композиция рельефа; АК — архитектурная композиция

В заключение можно отметить, что за прошедшие десятилетия в градостроительное проектирование внедрены алгоритмы решения технических и социальных аспектов, такие как транспортные, инженерные расчеты, функциональное зонирование территории, имеется опыт расчёта сети предприятий торговли. Это также и использование ГИС-технологий в составлении картографической подосновы, расчета проекта вертикальной планировки и выполнении проекта генерального плана. Но использование структурных и композиционных свойств природного ландшафта, к сожалению, учитывается лишь интуитивно, а иногда вообще не учитывается. На повестке стоит разработка алгоритмов автоматизированного анализа морфологической структуры рельефа и использования этих результатов на всех стадиях градостроительного процесса.

Список литературы

1. Базилевич А.М. Уровни формирования ландшафтной архитектуры/Сб. научных трудов по итогам международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы науки и техники» Выпуск №2.Апрель 2015 г.Самара. 2015г. 199с <http://izron.ru/upload/iblock/7e0/sbornik-tehnicheskie-nauki-samara-2015.pdf>

2. Инструкция о порядке разработки, согласования, экспертизы и утверждения градостроительной документации. СНиП 11-04-2003. М. 2003 Госгражданстрой. Дата введения 2003-03-01 <http://www.polyset.ru/GOST/all-doc/SNiP/SNiP-11-04-2003/>
3. Исаченко А.И. Ландшафтное районирование http://studopedia.ru/3_74105_landshaftnoe-rayonirovanie.html
4. Нехуженко Н.А. Основы ландшафтного проектирования и ландшафтной архитектуры: учебное пособие, 2-е изд., испр. И доп.- СПб: Питер, 2011- 192с.;ил.
5. Модуль природного пространства и планировка города. Обзорная информация. Составитель А.М.Базилевич. М. ЦНТИ Госгражданстрой 1983 вып 2. Серия архитектура, градостроительство
6. Потаев Г.А. Композиция в архитектуре и градостроительстве: учебное пособие/ Г.А. Потаев. – М.: ФОРУ: ИНФРА-М, 2015. – 304с.:цв ил.-(Высшее образование. Бакалавриат).

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ МЕТАЛЛОДЕРЕВЯННЫХ СИСТЕМ ОБРАМЛЕНИЯ ФАСАДОВ ЗДАНИЙ НА ПРАКТИЧЕСКОМ ПРИМЕРЕ (СОЧИ-ОЛИМПИЙСКАЯ ДЕРЕВНЯ)

Ульшин А.Н.

СПбГАСУ, РФ, г.Санкт-Петербург

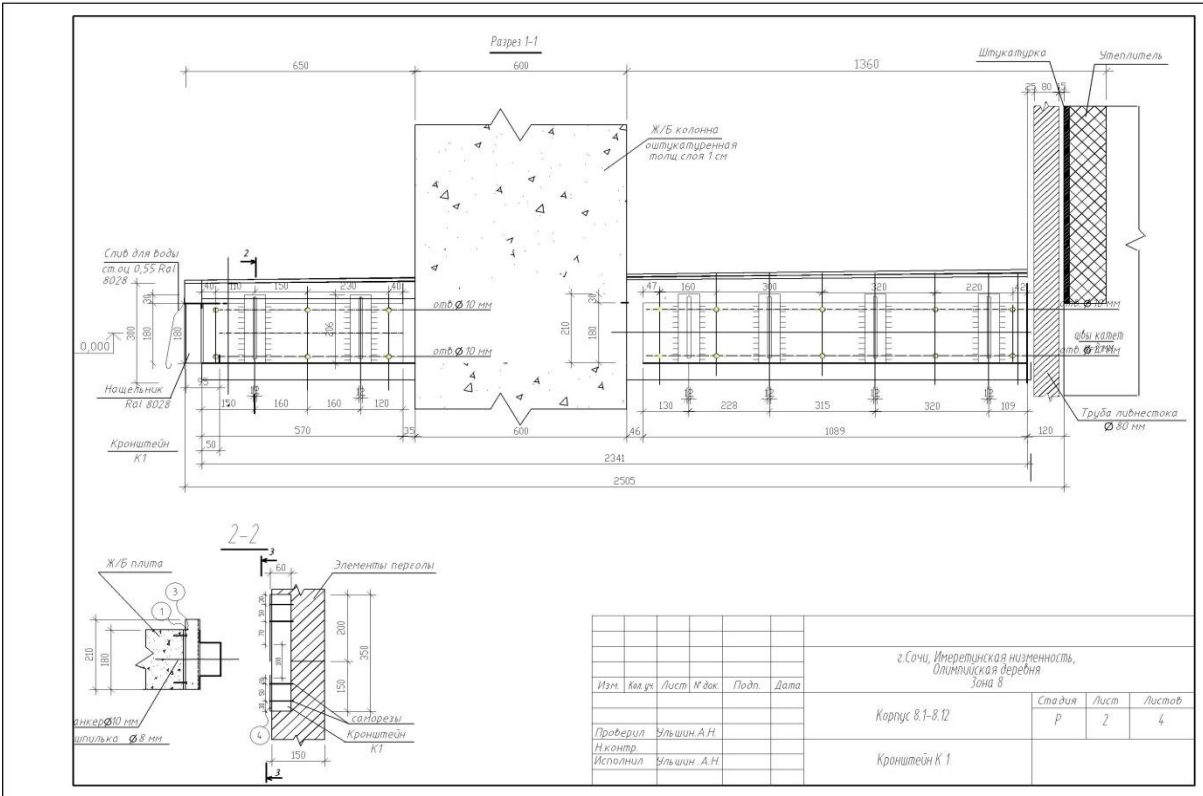
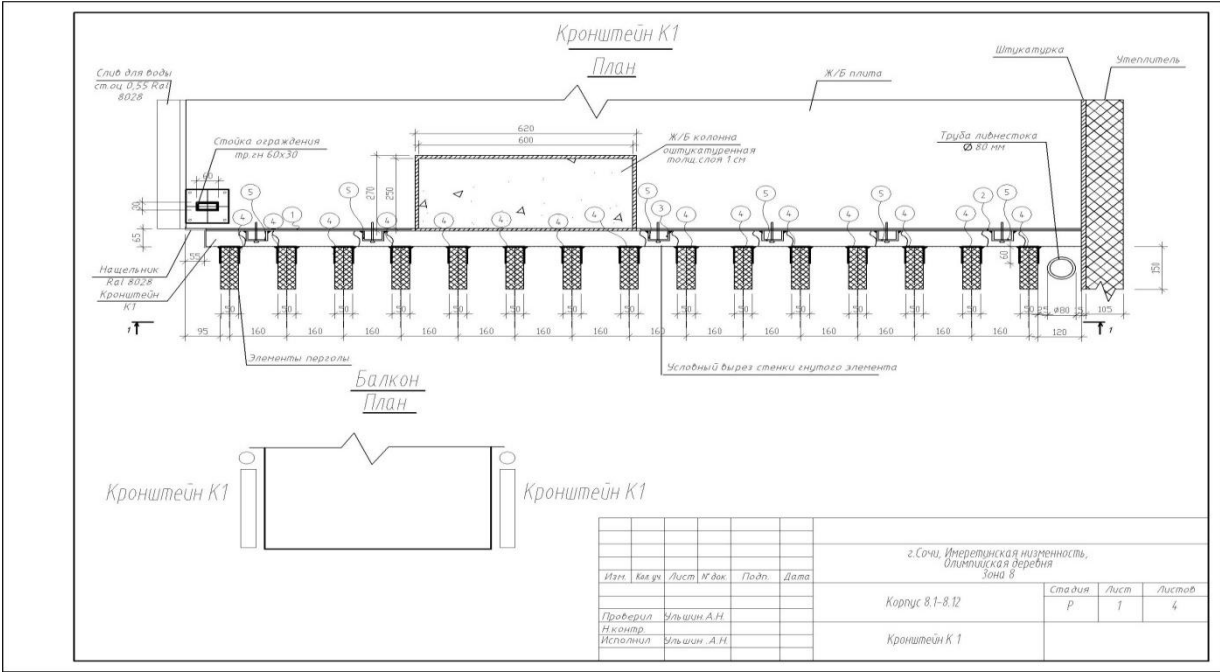
Совершенствование конструктивно-технологического решения декоративных металло-деревянных систем обрамление фасадов проводилось на основе имеющегося проекта раздела АР по объекту: г.Сочи, Олимпийская деревня, коттеджи зоны №8. (см. фото).

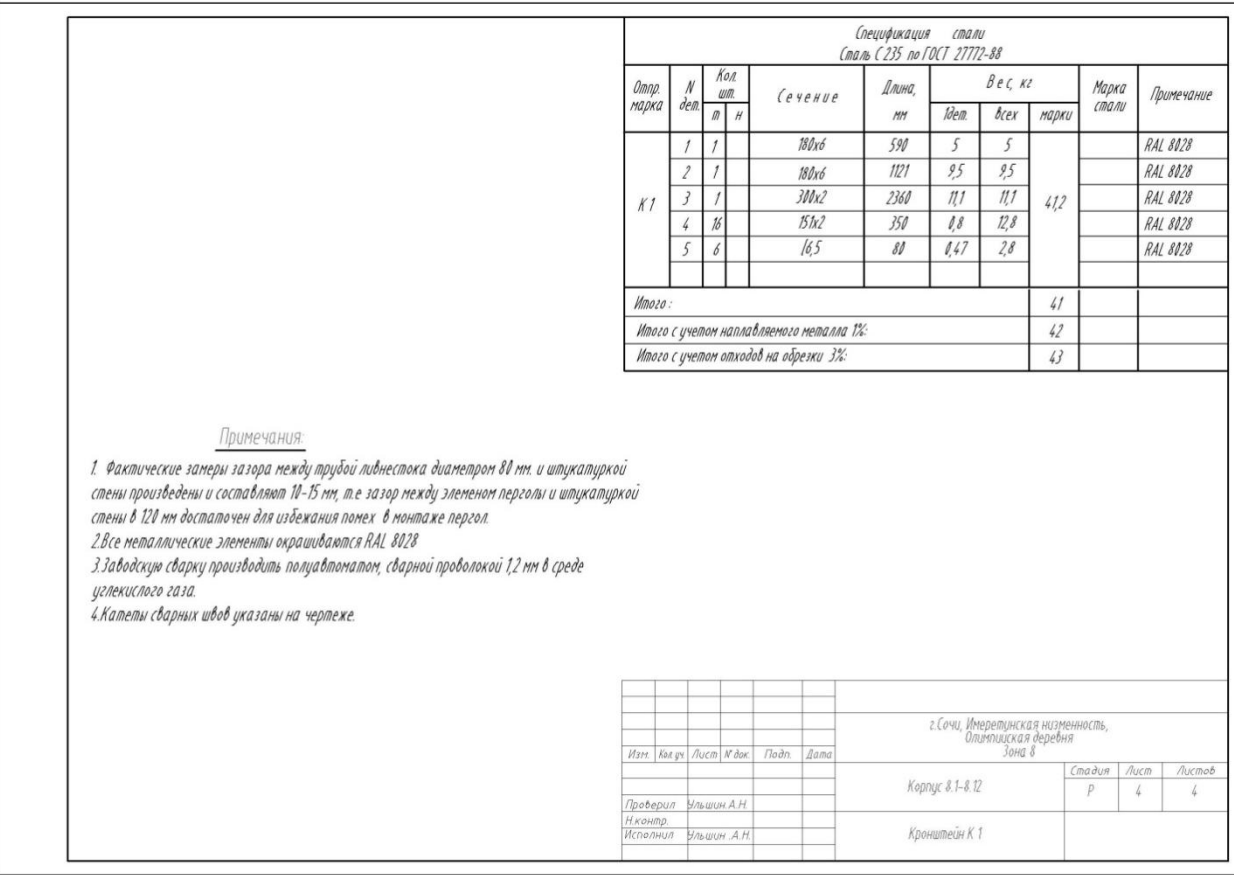
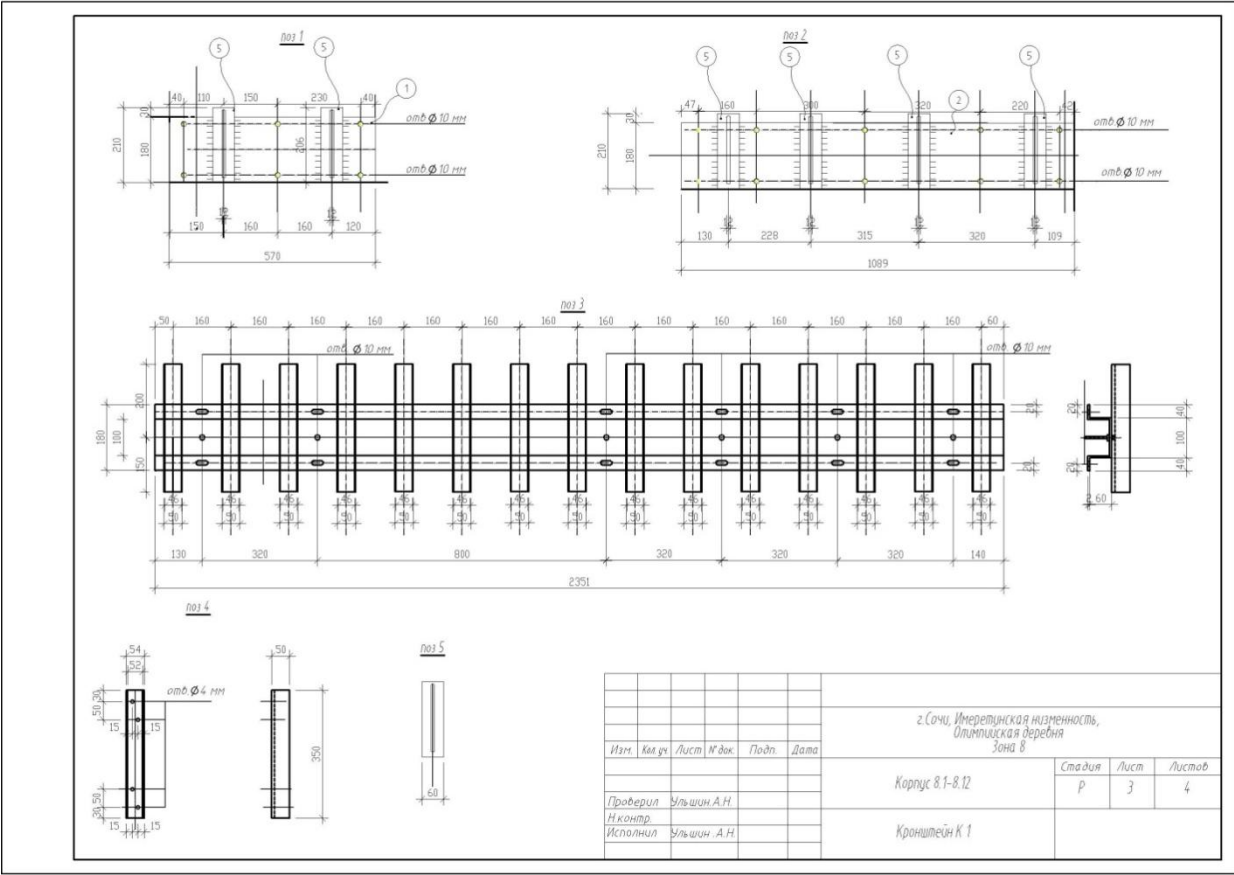


На фото: г.Сочи, Имеретинская низменность, Олимпийская деревня, Зона №8, Декоративное обрамление фасадов деревянными элементами из термодревесины

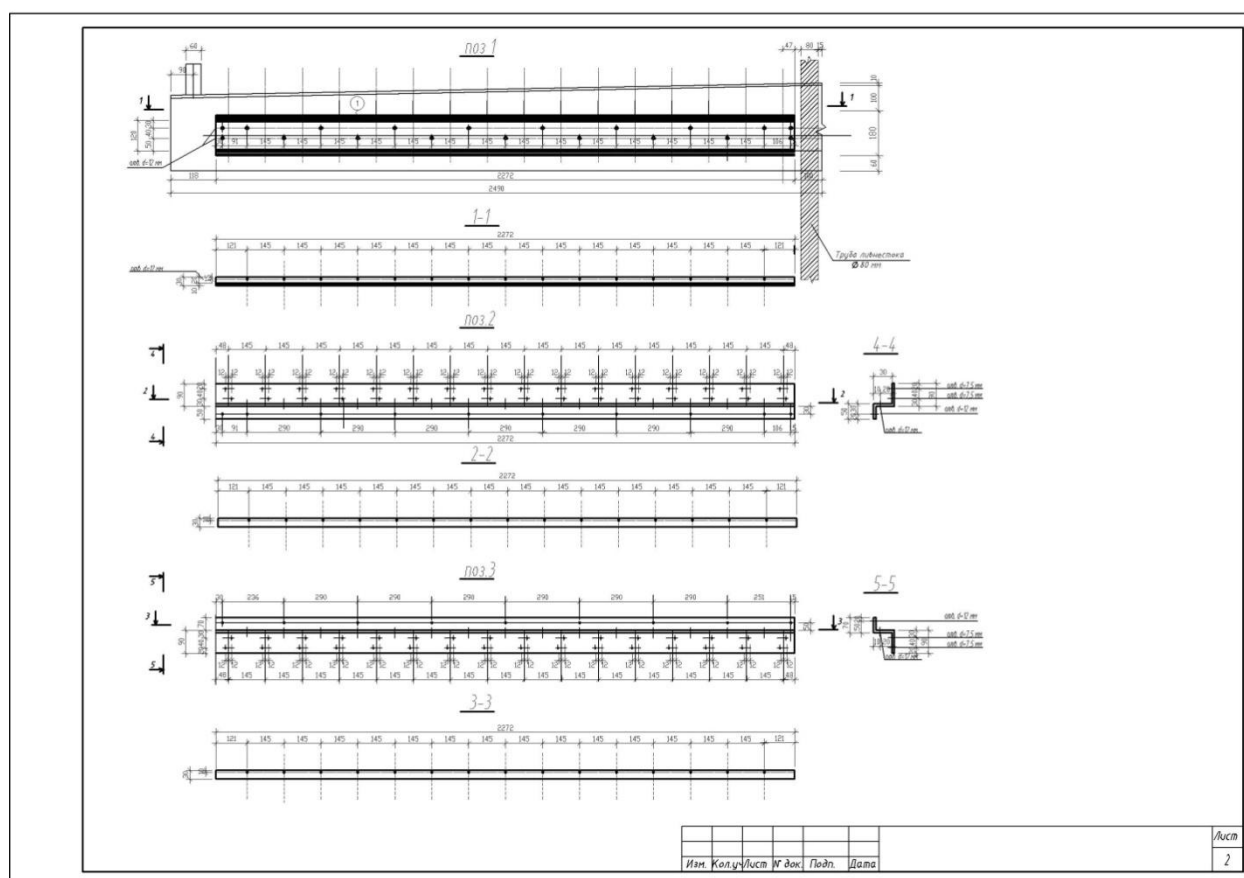
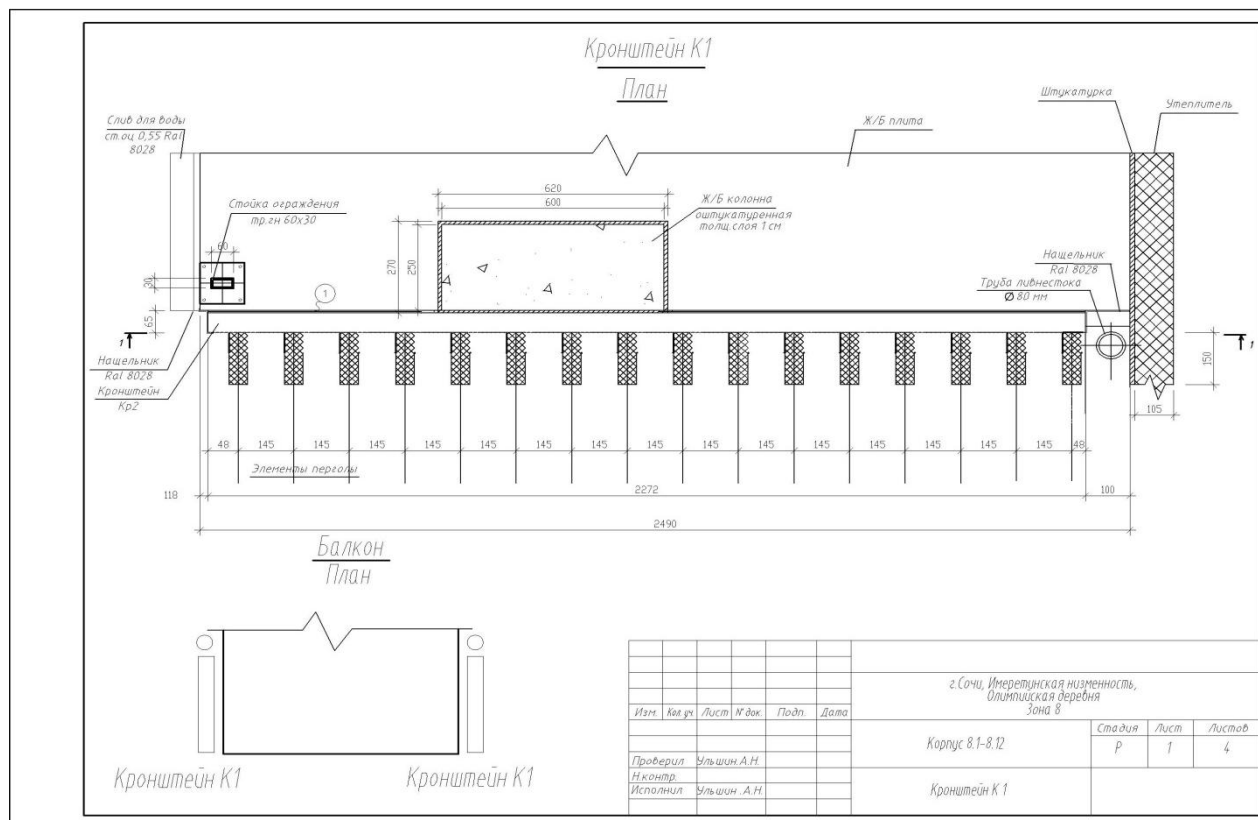
Автор рассматривает различные варианты конструктивно-технологических решений декоративного обрамления фасадов зданий с целью выявить наиболее технологичный по затратам материала, изготовлению, монтажу (комплексная технологичность). В данной статье автором представлены только два варианта, хотя в рамках разработки проектного решения было рассмотрено десять конструктивных вариантов деревянных фасадных декоративных систем. Ниже приведены чертежи, выполненные автором в рамках данного проекта двух вариантов конструктивно-технологических решений.

Вариант конструктивно-технологического решения №1





Вариант конструктивно-технологического решения №2



Ведомость крепежа на 1 элемент				
N дет.	Кол. шт.	Тип крепежа	Длина, мм	Назначение
3	19	химический анкер HITi 8 мм	80	Служит для крепления гнутого элемента поз.1 к железобетонной плите балкона.
4	15	болт с гайкой и шайбой d=8мм	20	Служит для крепления поз.3 к поз.1
5	64	саморез 5x50	50	Служит для крепления деревянного элемента перголы к поз.3

В различных вариантах представленных автором варьируются типы металлических кронштейнов и виды технологий монтажа деревянных элементов.

Методика определения комплексного показателя технологичности применяется из исследований автора [1] и [5].

$$K = \alpha_n \times K_{\kappa} + \beta_n \times K_u + \gamma_n \times K_m + \lambda_n \times K_{mp}$$

где

K_{κ} – конструктивная технологичность,

K_u – технологичность изготовления,

K_m – технологичность монтажа,

K_{mp} – технологичность транспортировки.

В ходе экономических изысканий автором выявлено, что для фасадных кронштейнов коэффициенты пропорциональности равны следующим значениям:

$$\alpha_n = 0,03, \beta_n = 0,09, \gamma_n = 0,87, \lambda_n = 0,01$$

Вариант №1

Кронштейн устроен таким образом, что позволяет производить выверку направляющих под перголы в трех плоскостях. Монтаж осуществляется поэлементно, с закреплением каждого элемента на высоте.

$$K_{\kappa} = 0,74$$

$$K_u = 0,7$$

$$K_m = 0,5$$

$$K_{mp} = 1$$

$$K = 0,03 \times 0,74 + 0,09 \times 0,7 + 0,87 \times 0,5 + 0,01 \times 1 = 0,62$$

Вариант №2

Кронштейн устроен таким образом, что позволяет производить выверку направляющих под перголы в трех плоскостях. Монтаж осуществляется секциями, с сборкой секций на земле и последующим монтажом.

$$K_{\kappa} = 1$$

$$K_u = 1$$

$$K_m = 1$$

$$K_{mp} = 1$$

$$K = 0,03 \times 1 + 0,09 \times 1 + 0,87 \times 1 + 0,01 \times 1 = 1$$

Исходя из проведенных автором исследований по сравнению вариантов фасадных систем декоративных деревянных конструкций, был выбран вариант №2 как наиболее технологичный. Данная конструкция может быть использована как типовая при устройстве декоративных деревянных фасадов из отдельных элементов обрамления балкона (пергол).

Список литературы

1. Ульшин. А.Н. Методика определения обобщенного показателя технологичности конструирования, изготовления, транспортировки и монтажа стальной стержневой конструкции // Журнал “Международный научно-исследовательский журнал”, выпуск 2-1 (33) —СПб, 2015
2. Ульшин. А.Н. Определение параметров конструктивной технологичности вариативных стальных стержневых конструкций // Журнал “ПГС”. —М, 2015
3. Ульшин. А.Н. Влияние параметров стальных стержневых конструкции на трудоемкость изготовления// Журнал “ПГС”. —М, 2015
4. Ульшин. А.Н. Влияние параметров стальных стержневых конструкции на трудоемкость монтажа // Журнал “Монтажные и специальные работы”. —М, 2015-№1 -С.4 - 11
5. Ульшин А.Н. Формулировка способа повышения комплекса технологичности стальных стержневых конструкций, постановка задач дальнейшего научного исследования // материалы II-ой международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы технических наук в современных условиях» – СПб, ИЦРОН, 2015.

**СЕКЦИЯ №11.
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)**

**СЕКЦИЯ №12.
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)**

**СЕКЦИЯ №13.
ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРИКОТАЖНОЙ ЛЕНТЫ ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ
ИЗДЕЛИЙ**

Шленникова О.А., Поболь О.Н.

Производственно-коммерческая фирма ЭКМ,
Институт текстильной и легкой промышленности МГУТУ им. Разумовского, РФ, г.Москва

Разработаны и широко применяются различные способы получения композиционных волокнистых материалов. Метод намотки - один из прогрессивных и эффективных методов получения изделия с высокими деформационно-прочностными характеристиками [1]. В настоящее время для армирования композиционных изделий конических форм используют тканые ленты, полученные при раскрое по диагонали полотна. Такие ленты имеют структуру ткани с разреженными уточными нитями, расположенными поперек ленты. Нередко, при получении композиционных изделий методом намотки, кромки, ниже расположенных, слоев лент образуют сборки и складки. Эти недостатки существенно снижают качество и прочность композиционных изделий. Кроме того, такой способ получения лент достаточно трудоемкий.

Цель работы состоит в разработке трикотажной ленты для армирования композиционных изделий конической формы методом намотки.

Техническое задание на экспериментальный образец трикотажной ленты состоит из следующих этапов:

1. Проектирование структуры трикотажной ленты и выбор материала.
2. Расчет параметров ленты на изделие конической формы.
3. Способ намотки ленты на поверхность вращения.

Разрабатываемое изделие представляет коническую усечённую поверхность вращения. В этом случае, для намотки целесообразно использовать ленту, имеющую спирально-деформируемую форму. Структура такой ленты разработана в лаборатории Московского текстильного института под руководством проф. В.А. Зиновьевой [2]. Принципиальный подход состоит в создании ленты, у которой в каждом ряду вязания на одной стороне расположены петли малой длины, а на другой – увеличенные петли [3].

Способ вязания заключается в следующем: на плоской машине вяжут ленту, у которой одна кромка короче другой, что вызывает естественный изгиб ленты в спираль. Разница в длинах кромок достигается путем изменения высоты петли в каждом ряду. В такой ленте радиус кривизны создается за счет формирования зон поверхности разными переплетениями. При этом одному ряду петель на участке 1 соответствует два ряда петель участка 2, что делает ленту спирально-деформируемой (Рисунок 1).

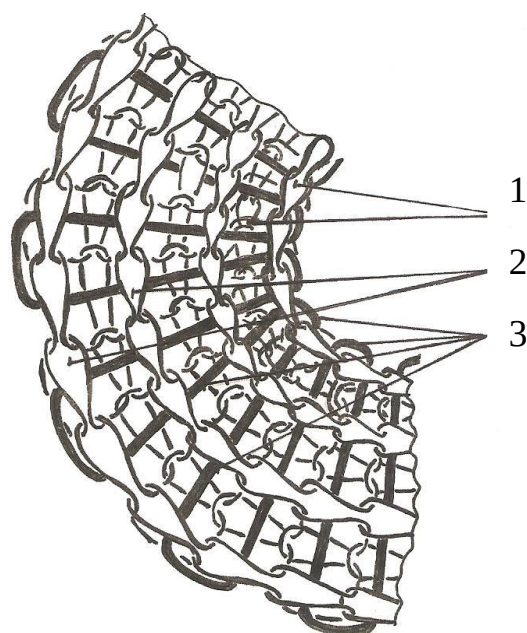
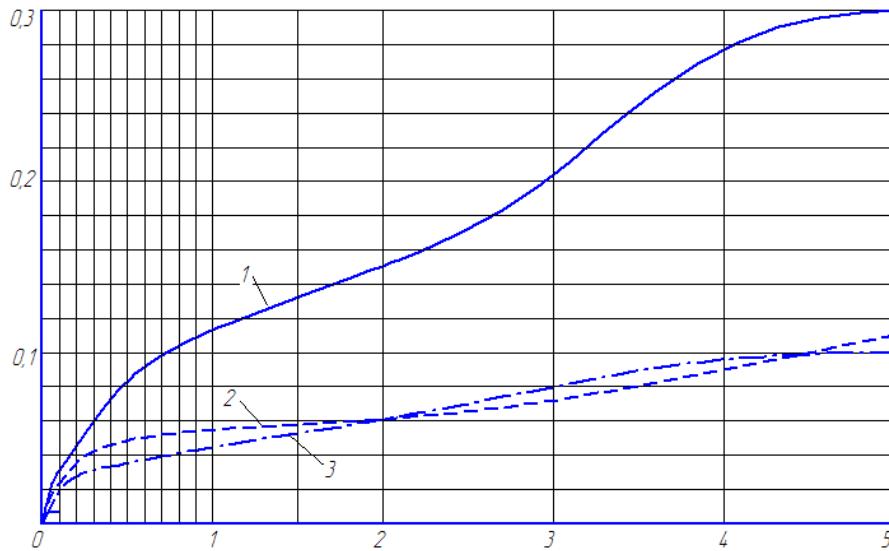


Рис.1. Структура спиральной ленты

Стягивающий участок 1 ленты получен жаккардовым переплетением. В структуру ленты вязан уток 3. Ширину ленты регулируют количеством включаемых в работу игл, а её кривизну – количеством и индексом жаккардовых петель на внутренней кромке и количеством игл в неполном переплетении – на наружной кромке ленты.

Разрабатываемое изделие предназначено для работы в интервале высоких температур. В настоящее время для этих целей используется трикотаж, как из минеральных, так и из синтетических нитей. О текстильной переработке этих нитей в литературных источниках имеются противоречивые сведения [2,5,7]. Для выполнения технического задания применялись кремнеземные нити, обеспечивающие необходимую теплозащиту изделия в интервале температур $\pm 200^{\circ}\text{C}$ [5].

При армировании композиционных изделий методом намотки участки ленты испытывают различные деформации при нагрузках значительно меньше разрывных. Для определения этой зависимости проведены испытания на приборе релаксметре [4]. При нагрузках менее 6 Н возникают деформации, связанные в основном со структурой трикотажа. Деформация самой нити при этом или совсем не проявляется или проявляется незначительно [6]. Так как растяжимость применяемых кремнеземных нитей составляет 2-3 процента, то изменение размера кромок ленты происходит за счет разницы длин петель на этих участках. Проведенные испытания показали, что для трикотажа переплетений жаккард 2 и сдвоенная гладь 3 увеличение растяжимости происходит только в определенных интервалах приложенной нагрузки (Рисунок 2). Необходимо отметить, что трикотаж ластичного переплетения 1 обладает большей растяжимостью. Переплетения жаккард и сдвоенная гладь образуют внутреннюю кромку ленты. Внешнюю кромку ленты вывязывают ластичным переплетением.



Относит. растяжение δ

Сила растяжения F

Рис.2. Механические характеристики ленты

Экспериментальные исследования деформативных характеристик трикотажных лент показали нелинейность их относительной деформации – наличие двух линейных участков большой и малой жесткости. Зная характеристики деформации ленты, определен расход ленты при намотке на усеченный конус высотой H .

Длина ленты L с учётом её удлинения при намотке одного слоя покрытия для усеченного конуса с углом уклона α , большим D и меньшим d диаметрами равна:

$$L = (1 - \delta_p) \frac{H(\pi^2 d_{np}^2 + b_p^2)^{0,5}}{b_p \cos \alpha}$$

где δ_p – расчетное относительное растяжение ленты; H – высота конуса;

$d_{np} = (D^2 - d^2)^{0,5}$ – приведенный диаметр намотки; $b_p = b - \Delta$ – расчетная ширина ленты с учетом нахлестки Δ при намотке; α – угол уклона конуса.

При намотке ленты на усеченный конус относительное продольное растяжение слоев ленты по ширине зависит от угла уклона конуса α и b ширины ленты. Следует отметить, что растяжение продольных слоев увеличивается по мере удаления от верхней кромки, пропорционально расстоянию. Значения увеличения относительного растяжения ленты на нижней кромке по отношению к верхней кромке равны:

$$\text{– для первого шага} \quad \Delta_1 = \frac{b \sin \alpha}{r}$$

$$\text{– для } n\text{-го шага} \quad \Delta_n = \frac{b \sin \alpha}{r_{n-1}}$$

где $n = L / b$ – число шагов намотки в одном слое, $r = d / 2$.

Таким образом, наибольшее относительное растяжение в ленте при намотке на усеченный конус наблюдается в нижней кромке на первом шаге и составляет:

$$\delta_1 = \delta_n + \Delta_1 = \delta_n + \frac{b \sin \alpha}{r},$$

где δ_n – начальное значение в верхней кромке от предварительного натяжения.

Минимальная сила натяжения ленты с учетом полученного выражения составляет (при условии, что зависимость $F_1(\delta) - \delta$ близка к линейной):

$$F_{\min} = F_1(\delta^*) \cdot b,$$

где $F_1(\delta^*)$ – значение силы F_1 при относительном удлинении δ^* .

Максимальная сила натяжения ленты определяется выражением:

$$F_{\max} = 0,5 \cdot [F_1] \cdot b$$

Метод намотки обеспечивает высокую производительность и стабильные механические свойства композиционного изделия. Этот способ позволяет автоматизировать производство за счет использования механического оборудования намотки с одновременной пропиткой ленты. На ОАО «Композит» проведена исследовательская работа по созданию материала СТКТ-НА на основе спирально-деформированной ленты. Трикотажная лента получена на плоскофанговой машине из кремнеземной нити марки K11C6 прессовым переплетением с ввязыванием утка. Показатели физико-механических испытаний полученных образцов плит материала СТКТ-НА на основе трикотажной ленты и фенолоформальдегидного связующего ЛБС-4 представлены в Табл.1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики композиционного материала СТКТ-НА

№ п/п	Наименование характеристик	Значения показателей
1	Плотность, г/см ³	1,48 – 1,52
2	Связующее	ЛБС-4
3	Содержание смолы, %	35 - 36
4	Разрушающее напряжение при растяжении, МПа - основа	83
5	Разрушающее напряжение при изгибе, МПа - основа	157
6	Разрушающее напряжение при сжатии, МПа - основа - уток	108 110

Трикотажную ленту возможно использовать для армирования сложных изделий, например, поверхность которых имеет положительную Гауссову кривизну. Для лучшего облегания такой поверхности лента должна при намотке в центральной части иметь большее растяжение, чем на кромках. Структуру такой ленты вызывают переплетениями в следующей последовательности: жаккард, ластик, жаккард. Комбинации переплетений позволяют проектировать ленты для композиционных изделий сложных форм.

В результате проведенной работы разработан экспериментальный образец трикотажной ленты из кремнеземной нити. Получены уравнения для расчета усилий натяжения при намотке на коническое изделие, что позволит адаптировать параметры характеристик ленты с размерами усеченного конуса (диаметр верхнего основания и угол уклона конуса). Экспериментально полученные физико-механические характеристики материала СТКТ-НА показали возможность использования трикотажной ленты для армирования композиционных изделий.

Список литературы

1. Гардымов Г.П., Малков Е.В., Пчелинцев А.В. и др. Композиционные материалы в ракетно-космическом аппаратостроении.- СПб.: Спецлит, 1999, 270 с.
2. Зиновьева В.А. Разработка основ теории и практики технологии производства технического трикотажа и специзделий из стеклянных нитей - Автореф. дисс. д.т.н. М.: МТИ, 1981, 56 с.
3. Зиновьева В.А., Шленникова О.А. Ресурсосберегающая технология трикотажных изделий технического назначения.- Все материалы, 2010, №5, с.26-30.
4. Кобляков А.И. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению.- М.: Легпромбытиздат, 1986, 343 с.
5. Михайлин Ю.А. Тепло-, термо- и огнестойкость полимерных материалов.- СПб.: НОТ, 2011, 415 с.
6. Торкунова З.А. Испытания трикотажа.- М.: 1985, 199 с.
7. Цитович И.Г. Теоретические основы стабилизации процесса вязания.- М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984, 135 с.

**СЕКЦИЯ №14.
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)**

**СЕКЦИЯ №15.
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)**

ВЫПРЯМИТЕЛЬ СО СТАБИЛИЗАЦИЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ

Афанасьев А.Ю., Гимранов М.Р., Кунгурцев А.А., Мохаммед Р.Д.

КНИТУ-КАИ, РФ, г.Казань

В энергетике, на производстве, на транспорте и в приборостроении широко используются вторичные источники питания, содержащие трехфазный или однофазный выпрямитель, фильтр низкой частоты и стабилизатор напряжения. В случае трехфазной сети переменного тока применяется схема Ларионова или шестифазного выпрямления с шестью диодами. При этом в каждой фазе протекает ток, положительная и отрицательная полуволны которого занимают всего по одной шестой периода. Яркие выраженные высшие гармоники токов ухудшают качество электроэнергии в трехфазной сети, вызывают дополнительные потери. Фильтры низкой частоты с дросселями и конденсаторами имеют большую массу и габариты. Стабилизаторы напряжения содержат дополнительные электронные приборы и вместе с фильтром снижают общий КПД.

В настоящей работе предлагается совмещенная схема трехфазного выпрямителя с активным фильтром низкой частоты и стабилизатором напряжения, построенная по принципу конвертора, с улучшенной формой токов в трехфазной сети и с меньшими габаритами и массой.

Схема выпрямителя приведена на Рисунке 1.

Выпрямитель содержит диоды D1 – D6, конденсаторы C1, C2, реверсивные ключи КА – КС, датчики напряжения ДНА – ДНС, ДН1, ДН2, датчики тока ДТА – ДТС, ДТ1, ДТ2, управляющее устройство УУ.

Диоды D1 – D6 соединены в мостовую схему Ларионова. Катоды диодов D1, D3, D5 подключены к плюсовому зажиму, а аноды диодов D2, D4, D6 подключены к минусовому зажиму.

Входные зажимы А, В, С соединены со средними точками трех плеч через датчики тока ДТА – ДТС. Датчики напряжения ДНА – ДНС подключены между зажимами А, В, С соответственно и общей точкой.

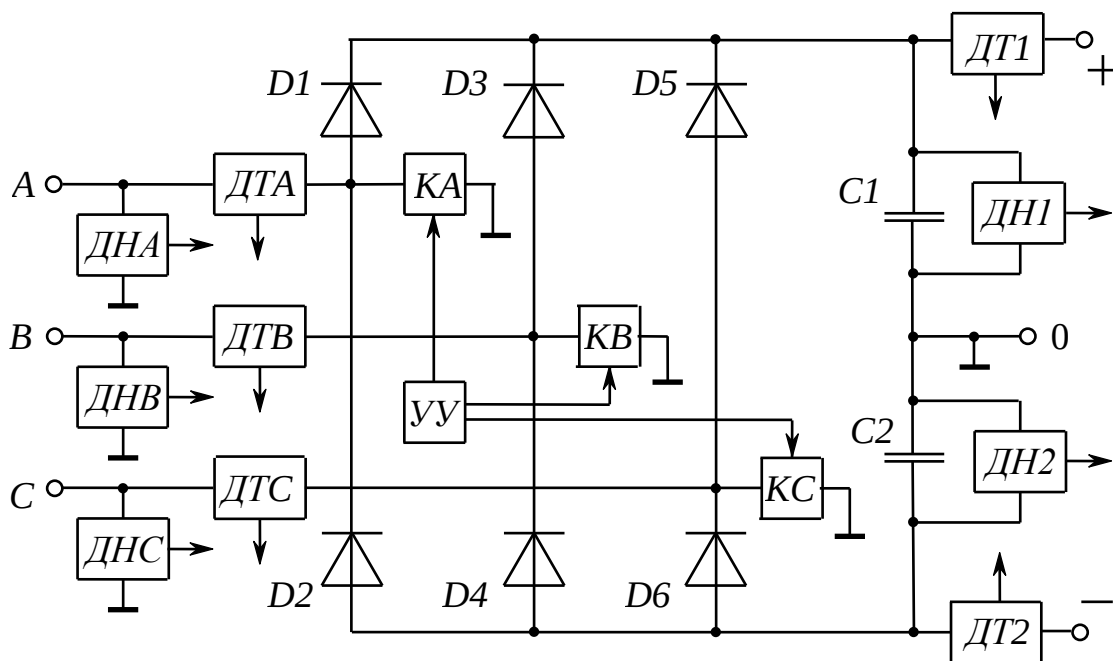


Рис.1. Схема трехфазного выпрямителя со стабилизацией напряжения

Конденсаторы $C1, C2$ подключены между плюсовым и минусовым выходными зажимами соответственно и общей точкой. К конденсаторам $C1, C2$ подключены датчики напряжения $ДН1, ДН2$, а к выходным зажимам – датчики тока $ДТ1, ДТ2$. Реверсивные ключи $КА – КС$ подключены между средними точками первого – третьего плеч соответственно и общей точкой.

Выходы датчиков напряжения $ДНА – ДНС, ДН1, ДН2$ и датчиков тока $ДТА – ДТС, ДТ1, ДТ2$ соединены со входами управляющего устройства $УУ$ (эти соединения на Рисунке 1 не показаны), первый – третий выходы которого соединены с управляющими входами ключей $КА – КС$.

Выпрямитель работает следующим образом. На входные зажимы A, B, C подается трехфазная система напряжений

$$u_A = U_m \sin \omega t;$$

$$u_B = U_m \sin(\omega t - 2\pi/3);$$

$$u_C = U_m \sin(\omega t - 4\pi/3).$$

Датчики напряжения $ДНА – ДНС$ вырабатывают соответствующие сигналы. Датчики тока $ДТ1, ДТ2$ вырабатывают сигналы, пропорциональные постоянным токам нагрузки выпрямителя и поступающие на управляющее устройство $УУ$.

Датчики напряжения $ДН1, ДН2$ выдают сигналы, пропорциональные постоянным напряжениям на конденсаторах $C1, C2$. Они поступают на управляющее устройство $УУ$, где сравниваются с требуемыми значениями. Управляющее устройство $УУ$ формирует внутренний сигнал $u_o(t)$, который умножается на текущие значения напряжений $u_A(t), u_B(t), u_C(t)$. Формируются требуемые мгновенные значения токов:

$$i_A^o = u_o u_A; \quad i_B^o = u_o u_B; \quad i_C^o = u_o u_C.$$

Далее эти значения сравниваются с истинными значениями фазных токов $i_A(t), i_B(t), i_C(t)$, которые поступают от датчиков тока $ДТА – ДТС$, и вырабатываются широтно-модулированные импульсы, поступающие на управляющие входы ключей $КА – КС$ соответственно.

В результате токи $i_A(t), i_B(t), i_C(t)$ изменяются по законам, близким к синусоидальным и совпадающим по фазе с соответствующими напряжениями. Снижается мощность потерь в сети переменного тока и улучшается качество электроэнергии, т.е. снижаются несинусоидальные искажения напряжений.

Малые пульсации токов обеспечиваются сравнительно высокой частотой ШИМ и наличием индуктивностей в фазах источника переменного тока. При отсутствии таких индуктивностей должны быть введены катушки индуктивности в фазы.

Отметим, что предлагаемый выпрямитель выполняет сразу три функции: выпрямителя, активного фильтра низкой частоты и стабилизатора напряжения. Ключ может быть реализован с помощью двух IGBT-транзисторов, включенных параллельно и встречно.

На Рисунке 2 показана схема выпрямителя, соответствующая одной фазе A . Источник напряжения u_A подключен к средней точке A выпрямительных диодов $D1, D2$ через дроссель L_A . Диоды подключены к конденсаторам $C1, C2$, вторые зажимы которых соединены с общим (нулевым) проводом 0 . Средняя точка A соединена с общим проводом 0 через два IGBT-транзистора $T1, T2$, включенных параллельно и встречно. Отметим, что конденсаторы $C1, C2$ являются общими для всех трех фаз. Дополнительные элементы не показаны.

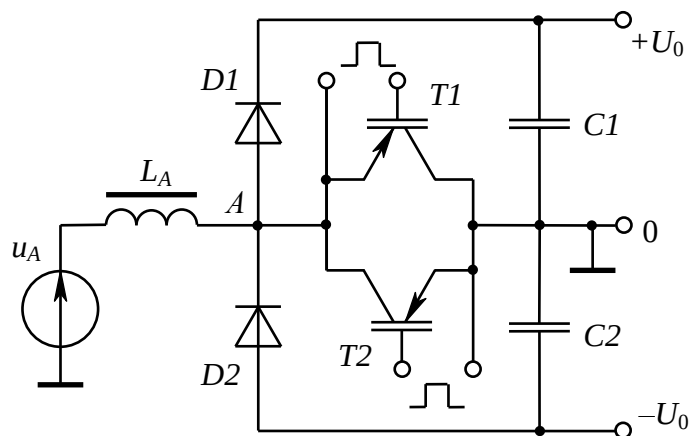


Рис.2. Схема выпрямителя для фазы A

Выпрямитель работает следующим образом. При положительной полуволне напряжения u_A работают транзистор $T1$ и диод $D1$. В зависимости от напряжения на конденсаторе $C1$ и напряжения u_A периодически открывается транзистор $T1$ с частотой ШИМ.

При открытом транзисторе $T1$ положительный ток i_A через дроссель L_A увеличивается и возрастает энергия магнитного поля, запасенная в дросселе:

$$W_L = \frac{L_A i_A^2}{2}.$$

Диод $D1$ в это время закрыт.

Во время паузы, когда транзистор $T1$ закрыт, ток i_A через дроссель L_A продолжает течь через диод $D1$ за счет накопленной энергии, заряжая конденсатор $C1$. Выполняется широтно-импульсная модуляция, при этом ток i_A повторяет форму напряжения u_A , т.е. имеет вид положительной полуволны, а его амплитуда определяется управляющим устройством.

При отрицательной полуволне напряжения u_A работают транзистор $T2$ и диод $D2$. В зависимости от напряжения на конденсаторе $C2$ и напряжения u_A периодически открывается транзистор $T2$ с частотой ШИМ.

При открытом транзисторе $T2$ отрицательный ток i_A через дроссель L_A увеличивается по модулю и возрастает энергия магнитного поля, запасенная в дросселе. Диод $D2$ в это время закрыт.

Во время паузы, когда транзистор $T2$ закрыт, ток i_A через дроссель L_A продолжает течь за счет накопленной энергии, заряжая конденсатор $C2$. Выполняется широтно-импульсная модуляция, при этом ток i_A повторяет форму напряжения u_A , т.е. имеет форму отрицательной полуволны, а его амплитуда определяется управляющим устройством.

В результате на конденсаторах $C1$, $C2$ поддерживаются требуемые напряжения $+U_0$, $-U_0$, а ток фазы A изменяется по закону, близкому к синусоидальному. Выпрямитель выполняет дополнительную функцию активного фильтра низкой частоты для сглаживания выпрямленного напряжения, а также функцию стабилизатора напряжения. При этом исключаются искажения напряжения сети из-за высших гармоник тока, и снижается мощность потерь в сети, а также масса благодаря меньшей емкости конденсаторов, отсутствию фильтра низкой частоты и стабилизатора напряжения.

На Рисунке 3 показаны график тока i_1 в питающей сети при обычном шестифазном выпрямителе и график тока i_2 при предлагаемом выпрямителе.

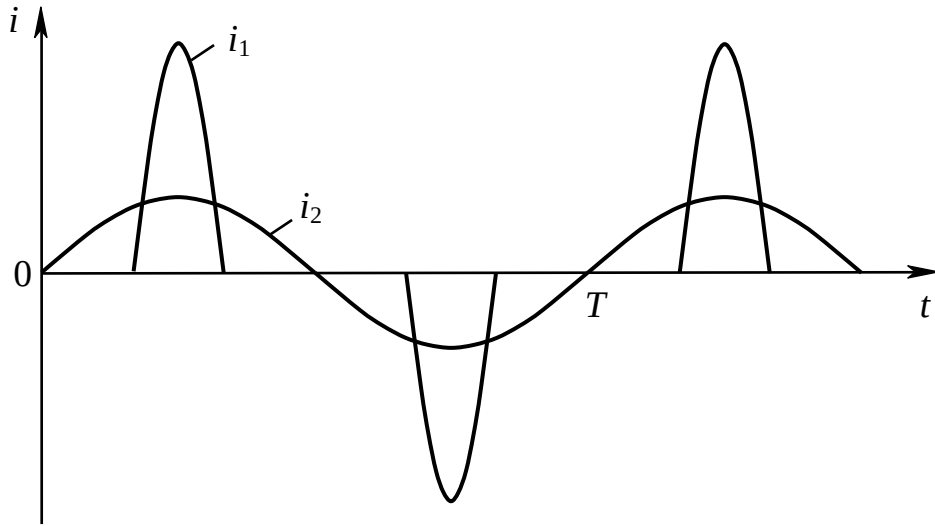


Рис.3. Токи в питающей сети при обычном (i_1) и предлагаемом (i_2) выпрямителях

Видно, что в первом случае положительная и отрицательная полуволны тока делятся одну шестую периода T . При этом ток имеет ярко выраженные высшие гармоники, ухудшающие качество переменного напряжения для других потребителей и вызывающие дополнительные потери в сети и питающем генераторе. Во втором случае ток близок к синусоидальному, и указанные недостатки устраняются.

Схема на Рисунке 2 позволяет получить формулу для относительной длительности импульсов, управляющих транзистором $T1$. Допустим, что период импульсов τ , а длительность открывающего импульса $\tau_{\text{е}}$. Тогда время паузы

$$\tau_{\text{и}} = \tau - \tau_{\text{е}}.$$

При положительной полуволне напряжения u_A за время импульса ток i_L дросселя L_A и напряжение u_C конденсатора C_1 получают приращения

$$\Delta' i_L = \tau_{\text{е}}(u_A - r_L i_L - u_T) / L_A;$$

$$\Delta' u_C = \tau_{\text{е}}(-i_{\text{и}}) / C_1.$$

Здесь r_L , L_A – активное сопротивление и индуктивность дросселя L_A ; u_T – напряжение на открытом транзисторе $T1$; $i_{\text{и}}$ – ток нагрузки выпрямителя.

За время паузы ток i_L и напряжение u_C получают приращения

$$\Delta'' i_L = (\tau - \tau_{\text{е}})(u_A - r_L i_L - u_D - u_C) / L_A;$$

$$\Delta'' u_C = (\tau - \tau_{\text{е}})(i_L - i_{\text{и}}) / C_1.$$

Здесь u_D – напряжение на диоде $D1$ при прямом токе.

Результирующее изменение указанных величин за период τ

$$\Delta i_L = [\tau(u_A - r_L i_L - u_D - u_C) - \tau_{\text{е}}(u_T - u_D - u_C)] / L_A;$$

$$\Delta u_C = [\tau(i_L - i_{\text{и}}) - \tau_{\text{е}} i_L] / C_1.$$

Разделим оба уравнения на период импульсов τ . Получим дифференциальные уравнения:

$$\frac{di_L}{dt} = [u_A - r_L i_L - u_D - u_C - \gamma_{\text{е}}(u_T - u_D - u_C)] / L_A;$$

$$\frac{du_C}{dt} = [i_L - i_{\text{и}} - \gamma_{\text{е}} i_L] / C_1.$$

Здесь $\gamma_{\text{е}}$ – относительная длительность импульса, $\gamma_{\text{е}} = \tau_{\text{е}} / \tau$.

Для упрощения положим, что $u_D = u_T$. Тогда уравнения можно представить в виде:

$$\frac{di_L}{dt} = [u_A - r_L i_L - u_D - \gamma_i u_C] / L_A;$$

$$\frac{du_C}{dt} = [\gamma_i i_L - i_i] / C_1.$$

Здесь γ_i — относительная длительность паузы, $\gamma_i = \tau_i / \tau$.

В стационарном режиме, когда обе производные равны нулю, получаем равенства:

$$i_L = \frac{i_i}{\gamma_i};$$

$$u_A - r_L \frac{i_i}{\gamma_i} - u_D - \gamma_i u_C = 0;$$

$$u_C \gamma_i^2 - (u_A - u_D) \gamma_i + r_L i_i = 0;$$

$$\gamma_i = \frac{u_A - u_D \pm \sqrt{(u_A - u_D)^2 - 4u_C r_L i_i}}{2u_C}.$$

Полученные дифференциальные уравнения и формула для относительной длительности импульсов позволяют построить управляющее устройство УУ с выполнением указанных функций выпрямителя — выпрямление трехфазной системы напряжений, активная фильтрация пульсаций и стабилизация выходного напряжения.

Список литературы

1. Ефимов И.П. Источники питания РЭА: Учебное пособие. — Ульяновск: УлГТУ, 2002. — 136 с.

СЕКЦИЯ №16.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)

СЕКЦИЯ №17.

ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ. НОВЫЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.

¹Осипов В.А., ²Осипова М.Г., ³Шилов Д.П., ⁴Кузин И.Ю.

¹Генеральный директор, эксперт ООО «Бинарные научно-инновационные технологии» (ООО «Бин-НИТ»), РФ, г.Владимир

²Заместитель генерального директора по управлению интеллектуальной собственностью ООО «Бинарные научно-инновационные технологии» (ООО «Бин-НИТ»), РФ, г.Владимир

³Генеральный директор, эксперт ООО «Диагностика инженерных сооружений» (ООО «ДИС»), РФ, г.Владимир

⁴Технический директор, эксперт ООО «Диагностика инженерных сооружений» (ООО «ДИС»), РФ, г.Владимир

Согласно Федерального закона № 116-ФЗ [1] разработаны и утверждены новые «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности» [2], которые устанавливают порядок проведения экспертизы

промышленной безопасности, требования к оформлению заключения экспертизы и требования к экспертам в области промышленной безопасности. Изменения повлекли отмену многих нормативных документов по экспертизе промышленной безопасности [2]. Также вводятся новые инструменты обеспечения промышленной безопасности - обоснование безопасности опасного производственного объекта (ОПО) и система управления промышленной безопасности (СУПБ). Одновременно с изменениями вводятся поправки по лицензированию деятельности проведения экспертизы промышленной безопасности (ЭПБ) и требованиям предъявляемым к экспертам. В настоящее время на территории России действует не менее 3000 экспертных организаций, которые выполняют ежегодно свыше 350000 экспертиз. Очевидно изменения повлекут острую конкурентную борьбу за рынок по экспертизе промышленной безопасности. Использование только финансовой модели может привести к низкому качеству экспертных работ и как следствие к росту аварийных ситуаций и объема причиняемого вреда.

Новым подходом для решения актуальных проблем по нашему мнению является развитие рынка интеллектуальной собственности в промышленной безопасности. Основными проводниками интеллектуальной собственности в промышленной безопасности в наше время являются различные нормативно-технические базы: «Строй-консультант», «NormaCS», ИПС «Мимоза», «1С:Предприятие 8» и др.; программно-методические комплексы: ЗАО «Нанософт», ООО «НТП Трубопровод» и др. Инновационное развитие экспертных компаний не возможно без создания своих методик, стандартов, технологий, изобретений, типовых серий проектов, специализированного программного обеспечения - результатов интеллектуальной деятельности (РИД). Поэтому в ближайшее время интеллектуальная собственность должна стать моделью обеспечения высокого качества работ.

Главная проблема - доказать, кому принадлежит интеллектуальная собственность, стоящая за этими технологиями.

«Интернет вещей» (IoT) проникает во все сферы деятельности, в том числе и в промышленную безопасность. IoT активно развивается благодаря доступности дешевых блоков электроники и средств разработки программного обеспечения (ПО), которые основаны на платформе интеллектуальной собственности (ИС), допускающей повторное использование аппаратных и программных компонентов. Общая интеллектуальная собственность в конкурентной борьбе может стать основанием для множества судебных исков, препятствующих развитию инновационных технологий. Судебные дела связанные с РИД все чаще используются для приобретения конкурентного преимущества.

Появление «патентных троллей» в области промышленной безопасности может привести к закрытию компаний не разрабатывающих мер по управлению ИС. При этом «патентный тролль» использует патентные права для сбора платежей и не пользуется РИД для качественного улучшения или создания новых технологий.

Обычно РИД создавались внутри крупных компаний из базы компонентов технологий, полученных на основе накопленного опыта по разработке программных или аппаратных проектов, или приобреталась у поставщиков. В условиях совместной работы научных групп процедура управления РИД приобретает сложный характер. РИД достигаются людьми и их финансовое награждение должно быть правильно оценено в течение всего «жизненного цикла» объекта (изобретения). Для автоматизации работ с проектами включающими затраты на РИД нами используется ПО 1С:«Управление проектным офисом» (УПО) разработчик «IT-Land» [3]. Данное ПО позволяет организовать управление трудовыми ресурсами и финансовыми затратами, создавая шаблоны - базы знаний. Жизненные циклы ОПО могут составлять от нескольких месяцев до десятков лет, при использовании УПО работник (владелец базы знаний) получает возможность открыто влиять на качество проектов и быть заинтересованным в интеллектуальном поиске.

Для быстрой разработки сложных РИД, имеющих конкурентную цену необходимо использование сторонних результатов. С течением времени при использовании сторонних РИД могут появиться скрытые расходы связанные с покупкой и их актуализацией. Скрытые расходы будут увеличиваться с добавлением функций для удовлетворения потребностей рынка. Управление ИС на этапах разработки, производства и внедрения требует использование автоматизированных систем с привлечением технических и финансовых партнеров, пошаговое документирование. Для реализации таких задач необходима оценка качества РИД и стандартизация. Недостатки, выявленные в ходе разработки РИД, необходимо контролировать и учитывать. В финансовом аспекте нужно лицензировать стороннюю ИС и выплачивать роялти. При использовании сторонней ИС в виде ПО можно приобрести дополнительные проблемы в виде незащищенности или скрытые способы обхода защиты разрабатываемого продукта.

Оптимальный выбор инновационной технологии в области промышленной безопасности будет зависеть от правильного сочетания собственной ИС и предложений сторонних контрагентов. Альтернативным вариантом создания ИС может быть вложение в НИОКР, в том числе с государственной поддержкой и создание продукта свободного от патентных издержек.

Заключения и документы по промышленной безопасности содержат расчеты и математические модели выполненные в различных ПО, методики, стандарты предприятий и инструкции, которые можно и нужно учитывать как РИД при повторном использовании или актуализации документов. Крупные экспертные центры имеют дело с тысячами заключений и проектов. Для работы с ИС в таком объеме необходимо иметь технологию позволяющую осуществлять весь комплекс работ с ИС, в котором реализуются современные подходы, методики и технологии по выявлению, охране, управлению, коммерциализации и защите интеллектуальной собственности. В российской федерации вопросы связанные со стандартизацией ИС осуществляются техническим комитетом по стандартизации № 481 «Интеллектуальная собственность» [4]. ТК 481 представляет собой добровольное общественное объединение органов власти, предприятий и организаций для проведения работ в области национальной, межгосударственной и международной стандартизации в сфере интеллектуальной собственности. Помимо основных целей ТК-481 призван решать задачи содействия повышению эффективности работ по стандартизации на национальном и международном уровнях; подготовки рекомендаций по разработке нормативных документов, гармонизированных с требованиями международных стандартов; по изменению действующих стандартов или их отмене; по использованию стандартов ведущих зарубежных стран и фирм с целью решения проблем формирования рынка интеллектуальной собственности, его стимулирования, совершенствования системы государственного контроля и управления в данной сфере.

По нашему мнению разработка, натурное испытание и численное моделирование, коммерциализация, внедрение и использование интеллектуальной собственности это тот подход, который позволит повысить качество услуг в системах промышленной безопасности, как существующих так и проектируемых.

Список литературы

1. Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности».
3. 1С: Предприятие 8. Управление проектным офисом. Основная поставка рег. № 10161157. Руководство пользователя (описание конфигурации).
4. Республиканский НИИ интеллектуальной собственности: электронный ресурс. URL: <http://rniis.ru/index.php/tk-481.html>. (Дата обращения: 30.05.2015).

СЕКЦИЯ №18.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА

Муфтахова О.С.

ИРНИТУ, РФ, г.Иркутск

Основная цель организации производства на промышленном предприятии заключается в создании необходимых условий для эффективного протекания производственного процесса и обеспечения его непрерывности. В значительной степени это определяется производственной структурой предприятия, что предъявляет повышенные требования к вопросам ее обоснования на стадии проектирования и совершенствования в процессе эксплуатации.

Управление предприятием, предназначенным для производства продукции, должно опираться на специфику отрасли, в которой действует предприятие, и, как следствие, на особенности производственного процесса. Несложно догадаться, что для обеспечения бесперебойной деятельности предприятия нужно учитывать огромное количество факторов. Из определения производственного процесса, данного в ГОСТе 14.004-83 «Технологическая подготовка производства», следует, что производственный процесс – совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления и ремонта продукции [1]. Также авторы справедливо добавляют к этому определению предметы труда, ведь без них не обойтись [8]. Другие авторы понимают под производственным процессом процесс превращения сырья, материалов, полуфабрикатов и других предметов труда в готовую продукцию, не учитывая средства труда [6]. По нашему мнению, нужно учитывать как средства, так и предметы труда.

Оборотные средства, или предметы труда, представляют собой значительную часть активов предприятия, что делает управление ими важным фактором в достижении стабильности финансового положения предприятия и росте эффективности его деятельности.

Под управлением оборотными средствами понимается определение оптимальной величины, структуры и источников формирования оборотных средств предприятия, при которой будет сохраняться финансовая устойчивость предприятия, а вложенные в производство средства будут приносить максимальный доход [4].

Поскольку важнейшей задачей управления оборотными средствами является обеспечение непрерывности производственного цикла, то очевидно, что обеспечение предприятия ресурсами необходимо для бесперебойной работы. Отметим, что, как правило, длительность производственного цикла связана со значительным сосредоточением оборотных средств в незавершенном производстве, а такой фактор, как высокая норма добавленной стоимости, вызывает существенный рост дебиторской задолженности и одновременно снижает роль коммерческого кредита как источника удовлетворения своих финансовых потребностей.

Что касается основных фондов, или средств труда, то отметим, что низкие темпы обновления основных фондов наряду с высокой фондоемкостью производства вызывают значительный расход малоценных и быстроизнашивающихся предметов [3].

Рассмотрим сложившуюся ситуацию износа и обновления основных фондов по России в промышленности в целом. Прежде всего, проанализируем степень износа основных фондов в организациях по видам экономической деятельности (Табл.1).

Таблица 1

Степень износа основных фондов в организациях по видам экономической деятельности
(на конец года, в %) [7]

	2005	2010	2011	2012	2013
Добыча полезных ископаемых	51,7	46,8	48,4	49,6	52,3
из неё:					
добыча топливно-энергетических полезных ископаемых	52,5	47,4	49,1	50,4	53,2
Обрабатывающие производства	44,1	42,2	42,5	43,4	43,5
из них:					
химическое производство	50,5	43,8	44,4	43,6	45,3
металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	45,0	39,9	40,9	42,1	43,7
производство машин и оборудования	46,9	43,2	44,0	44,6	44,9
производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования	46,6	47,3	47,4	47,1	46,9
производство транспортных средств и оборудования	51,9	49,6	49,3	48,2	47,4
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	48,6	42,0	41,9	39,2	39,2

Степень износа основных фондов в организациях по видам экономической деятельности также представлена на Рисунке 1.

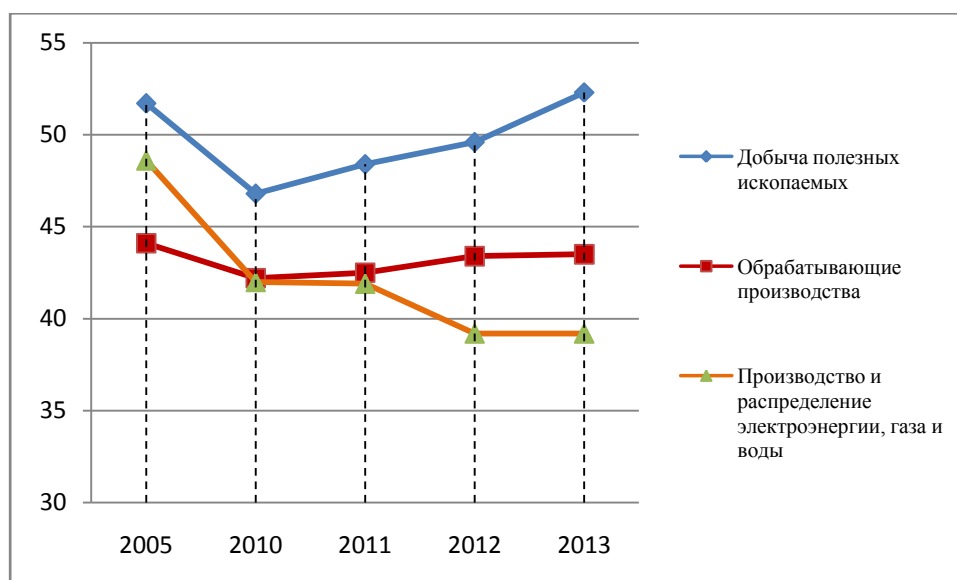


Рис.1. Степень износа основных фондов в организациях по видам экономической деятельности

Износ основных фондов в промышленности составляет порядка 40%. При этом по добывающим отраслям этот показатель наиболее высокий и составляет свыше 50%. В сфере обрабатывающего производства износ основных фондов изменяется в пределах 44%. В износе основных фондов в производстве и распределении электроэнергии, газа и воды наметилась чёткая тенденция к снижению, но продолжится ли она в период кризиса и спада экономики, неизвестно. В целом необходимо отметить, что наблюдается тенденция увеличения степени износа основных фондов в России, что в дальнейшем может привести к их полному стопроцентному износу. По мнению Нечаева А.С. и Старкова Р.Ф., если в срочном порядке не начать принимать меры, которые смогут остановить данный рост износа основных фондов, то в ближайшем будущем отраслям промышленности придется работать на полностью морально и физически изношенном оборудовании [5].

Грамотное управление основными фондами и оборотными активами должно минимизировать риски прерывания производственного процесса, например, с помощью страховых ресурсов. Перерыв процесса производства имеет место тогда, когда соответствующий объект, служащий производству, не может выполнять своего целевого назначения, что влечет за собой нарушение производственного процесса, что в свою очередь влияет отрицательно на хозяйственные результаты [2].

Минимизировать риски простоев вследствие нехватки оборотных активов можно посредством использования краткосрочных форм финансирования. Например, оформление технического овердрафта с целью получения денежных средств на приобретение оборудования для изготовления полуфабрикатов и готовой продукции. Технический овердрафт является наиболее подходящей формой финансирования процесса производства предприятия, так как предоставляется без учета финансового состояния клиента, под оформленные на его счет гарантированные платежи. Минимизировать риски простоев вследствие ограниченности использования основных производственных фондов предприятия нужно посредством использования долгосрочных форм финансирования, таких как кредит и лизинг. К примеру, использование импортного револьверного лизинга с целью модернизации объектов основных средств является наиболее уместной формой финансирования, которая даст возможность через определенное время в зависимости от износа объектов основных средств менять их на более совершенные. С помощью импортного револьверного лизинга предприятие сможет закупить необходимые производственные объекты основных средств за рубежом. Также оформление револьверного кредита удобно, поскольку является автоматически возобновляемым и позволяет заемщику по мере необходимости, без дополнительных переговоров, получать деньги или погашать долги в пределах установленного кредитного лимита в течение определенного срока.

Таким образом, указанные мероприятия призваны повлечь непрерывность производственного процесса на предприятии.

Список литературы

1. ГОСТ 14.004-83. Технологическая подготовка производства. Производственный процесс – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2009. – 4 с.

2. Кононова В.Ю. Модернизация производственных систем на российских промышленных предприятиях: современное состояние и перспективы // Российский журнал менеджмента. 2006. Т. 4. № 4.
3. Нечаев А.С., Антипин Д.А. Некоторые аспекты финансирования инновационной деятельности предприятий в Российской Федерации // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). 2012. № 3. С. 1.
4. Нечаев А.С. Процесс управления российским промышленным предприятием // Актуальные вопросы экономических наук. 2009. № 5-5. С. 153-158.
5. Нечаев А.С., Старков Р.Ф. Некоторые аспекты инвестирования в организацию производственных процессов в современных экономических условиях // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 11 (82). С. 365-371.
6. Родионова В.Н. Организация производства на промышленных предприятиях в современных экономических условиях. Воронеж: ВГТУ, 1995. 151 с.
7. Промышленность России 2015: статистический сборник. Электронное приложение. Режим доступа http://www.gks.ru/bgd/regl/b14_48/Main.htm
8. Трушин Н.Н. Организационно-технологическая структура производственного процесса на машиностроительном предприятии. -Тула: ТулГУ, 2003. 230 с.

СЕКЦИЯ №19.

НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)

СЕКЦИЯ №20.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ ВНУТРИ ЗДАНИЙ

¹Свиридов А.Н., ²Хорошев Д.А., ³Шошин А.М.

¹Студент группы МП-39, НИУ «МИЭТ», г.Москва

²Студент группы ТКС-20, НИУ «МИЭТ», г.Москва

³Студент группы МРУТС-11, НИУ «МИЭТ», г.Москва

Большое количество времени люди используют беспроводные технологии для обеспечения связи в различных зданиях. На сегодняшний день беспроводные технологии связи вытесняют проводные по ряду многих причин. Такие сети связи взаимозаменяемы, позволяют повысить мобильность сотрудников, дешевы в обслуживании и просты эксплуатации, быстро разворачиваются и проектируются. Но, несмотря на удобства, полностью заменить кабельные системы невозможно, так как существует ряд сложностей. Специфика конструкции здания и непосредственного помещения создают различные условия при прохождении и распространении радиоволны. Всевозможные препятствия изменяют уровень сигнала, межсимвольная интерференция приводит к его искажению [1]. Кроме того, в различных задачах распространения радиоволн и построения систем радиосвязи в помещениях, наиболее существенной проблемой является поглощение материалом конструкции самого сигнала. Так же используется большое количество аппаратуры [2]. Возникает проблема электромагнитной совместимости сетей, означающая в данном случае отсутствие недопустимых помех, создаваемых сетями друг другу и приводящих к снижению эффективности передачи информации [3].

Данные проблемы ограничивают дальность связи, используемый диапазон частот. Кроме того, технологии беспроводной связи не в состоянии полноценно обеспечивать бесперебойную работу сети, без точного расчета наиболее эффективного размещения точек доступа [4]. На сегодняшний день, представленные модели распространения радиосигналов внутри помещений, не могут достаточно учесть некоторые особенности, поэтому точность расчета таких моделей нельзя назвать удовлетворительной. Также данные модели являются весьма «неустойчивыми», так как весомого повышения точности, при пополнении исходной информации о планировке помещения или здания, данные модели не дают. Обратная ситуация происходит при описании «устойчивой» модели, которая может позволить описать и оценить мощность сигнала при низком уровне объема начальных

данных, и увеличить точность, при уточнении информации. Поэтому оптимальный выбор модели распространения сигнала, является актуальной задачей, и в качестве такой модели может выступать некий компромисс волноводной и двухлучевой моделей [3].

В вопросах проектирования самими актуальными являются темы увеличения зоны покрытия и уменьшение стоимости покрытия приемопередающей техники, помимо вопросов экологической и информационной безопасности [5]. Таким образом, эффективность сети зависит от оптимального размещения приемопередающей аппаратуры беспроводных сетей внутри здания, решаемая в данной работе.

Способ повышения эффективности передачи информации в беспроводных сетях внутри зданий. Была выдвинута гипотеза: расположение точки доступа в здании наиболее эффективно при ее близости к вентиляционной трубе, так как труба будет выступать волноводом. В таком волноводе мало препятствий, поэтому сигнал будет слабо затухать, по сравнению с помещением или коридором. Металлическая конструкция путем отражений позволяет эффективно распространять сигнал. Соответственно выходы вентиляционной трубы в аудитории можно считать новыми источниками сигнала.

Эксперимент проводился на втором этаже третьего учебного корпуса Национального исследовательского университета «МИЭТ». Генератор R&S SMR формирует сигнал частотой 2,4 ГГц, мощностью 20 дБм. Приемник R&S ESCI работает в соответствии с гражданскими стандартами FCC, ANSI, CISPR, EN, ETS в диапазоне от 9кГц до 3ГГц.

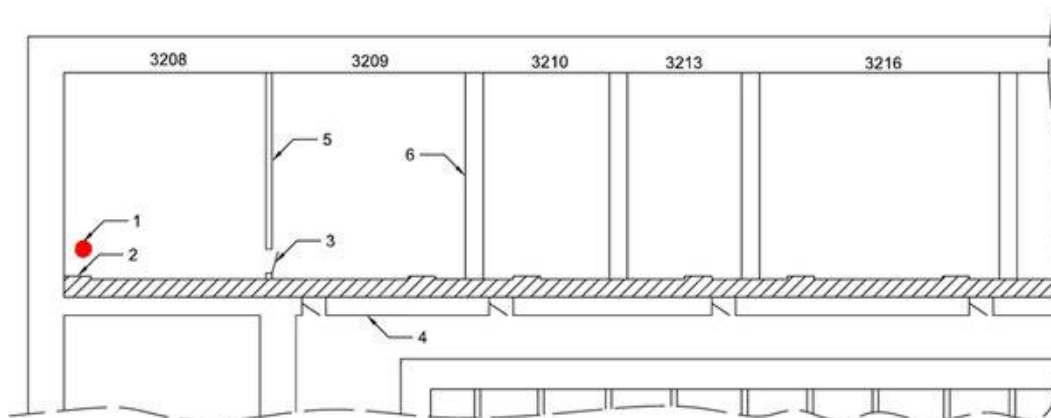


Рис.1. План исследуемых учебных аудиторий

- 1 – генератор синусоидального сигнала R&S SMR;
- 2 – решетка вытяжки;
- 3 – дверной проем;
- 4 – несущая стена;
- 5 – стена 0,2 м между аудиторией 3208 и 3209;
- 6 – стены между аудиториями 0,6 м.

Проводится измерение мощности сигнала в исследуемых помещениях в контрольных точках, и проводится сравнение полученных результатов при расположении источника вблизи волновода и отдаленно от него. Также была рассчитана средняя мощность принятого сигнала. Решетку вентиляционной трубы при проведении одной из частей эксперимента экранировали фольгой.

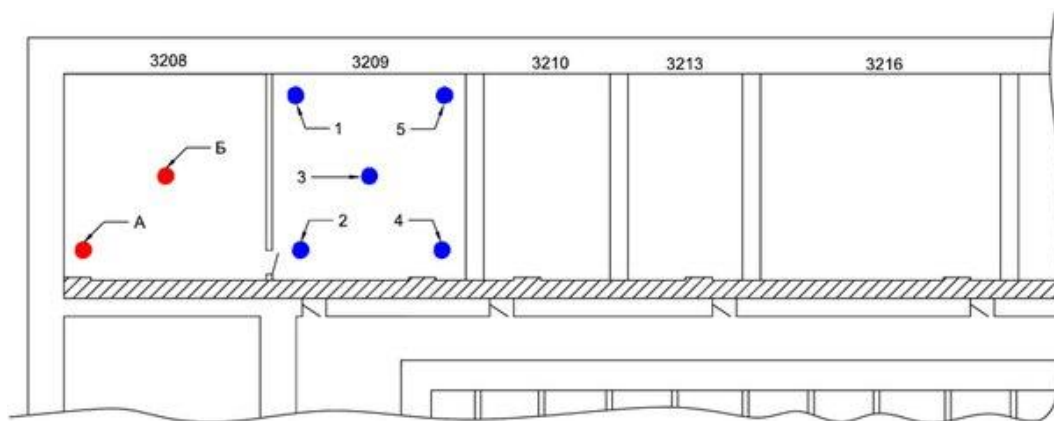


Рис.2. Схема проведения эксперимента в контрольных точках

Красным обозначен генератор. В положении «А» генератор находится на расстоянии 2 метров от уровня пола, метр от несущих стен близ вентиляционной трубы. В положении «Б» – в геометрическом центре помещения на высоте 1,5 метра. Синим цветом обозначены точки расположения приемника. Точка 3 – геометрический центр аудитории. Точки 1, 2, 4 и 5 находятся на расстоянии одного метра от двух ближайших стен. Высота приемника для каждого случая относительно уровня пола 1,5 метра. Данная схема расположения приемника была соблюдена для каждой аудитории. Была измерена принимаемая мощность, при вышеописанных расположениях приемника для каждой исследуемой аудитории, отдельно в положении генератора «А» и отдельно в «Б».

Далее в Табл.3, 4, 5, 6 приведено измеренное значение мощности сигнала для каждой аудитории в точках в различных положениях генератора. Табл.3 соответствует измерения в 3209, соответственно таблица 4 для 3210, 5 и 6 для 3213 и 3216 соответственно.

P_A – принимаемая мощность в положении генератора «А» у волновода, дБм. P_B - принимаемая мощность в положении генератора «Б», дБм. $P_A - P_B$, разница в принимаемой мощности при различных положениях генератора при приеме в контрольных точках, дБм.

Таблица 1

Сравнение измеренной мощности принятого сигнала для расположения источника «А» и «Б» в аудитории 3209

К.Т.	P_A , дБм	P_B , дБм	$P_A - P_B$, дБм
1	-58	-60	2
2	-45	-47	2
3	-50	-62	12
4	-47	-56	9
5	-56	-65	9

Таблица 2

Сравнение измеренной мощности принятого сигнала для расположения источника «А» и «Б» в аудитории 3210

К.Т.	P_A , дБм	P_B , дБм	$P_A - P_B$, дБм
1	-59	-68	9
2	-59	-64	5
3	-55	-65	10
4	-57	-66	9
5	-58	-69	11

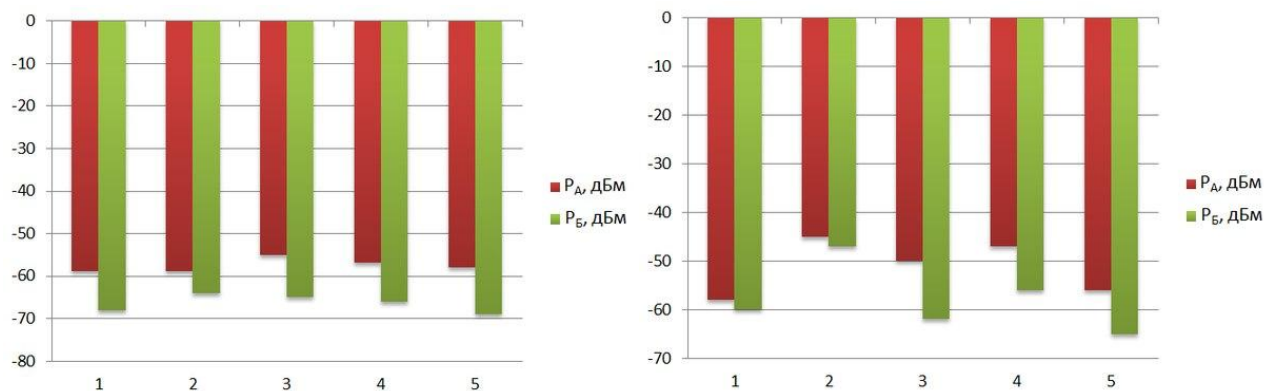


Рис.3. Сравнение измеренной мощности в 3209 и 3210

Таблица 3

Сравнение измеренной мощности принятого сигнала для расположения источника «А» и «Б» в аудитории 3213

К.Т.	P_A , дБм	P_B , дБм	$P_A - P_B$, дБм
1	-61	-74	13
2	-60	-67	7
3	-59	-72	13
4	-59	-70	11
5	-59	-70	11

Таблица 4

Сравнение измеренной мощности принятого сигнала для расположения источника «А» и «Б» в аудитории 3216

К.Т.	P_A , дБм	P_B , дБм	$P_A - P_B$, дБм
1	-62	-79	17
2	-63	-78	15
3	-62	-81	19
4	-62	-82	20
5	-65	-82	17

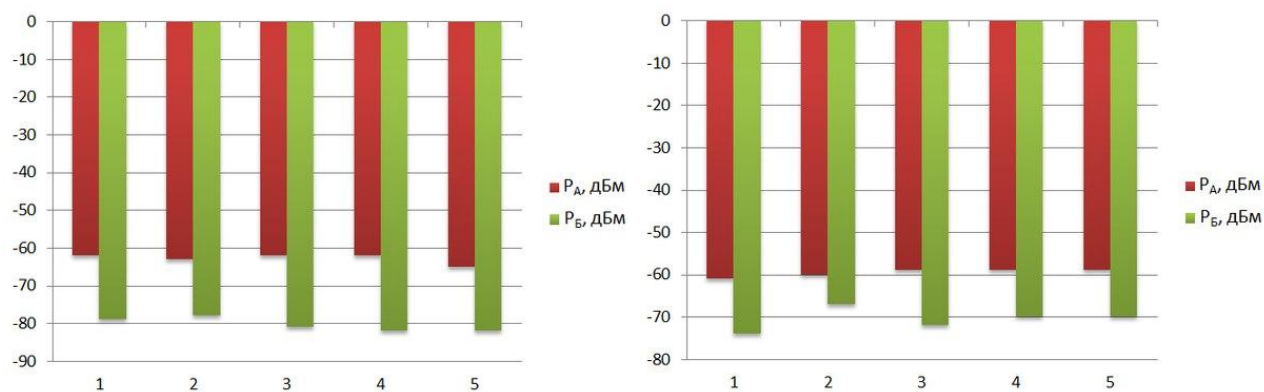


Рис.4. Сравнение измеренной мощности в 3213 и 3216

При расположении источника в положении «А» средняя мощность сигнала значительно выше, нежели при расположении источника в «Б». Кроме того, поле в случае «А» распространяется очень равномерно, а это значит, что вытяжка вентиляционной трубы в данной аудитории выступает источником сигнала. Выигрыш в случае «А» составляет 6,8 дБм для 3209. Для 3210 при расположении источника в случае «А», выигрыш мощности в среднем 8,8 дБм. Для 3213 выигрыш составляет 11 дБм, а 3216 17,6 дБм.

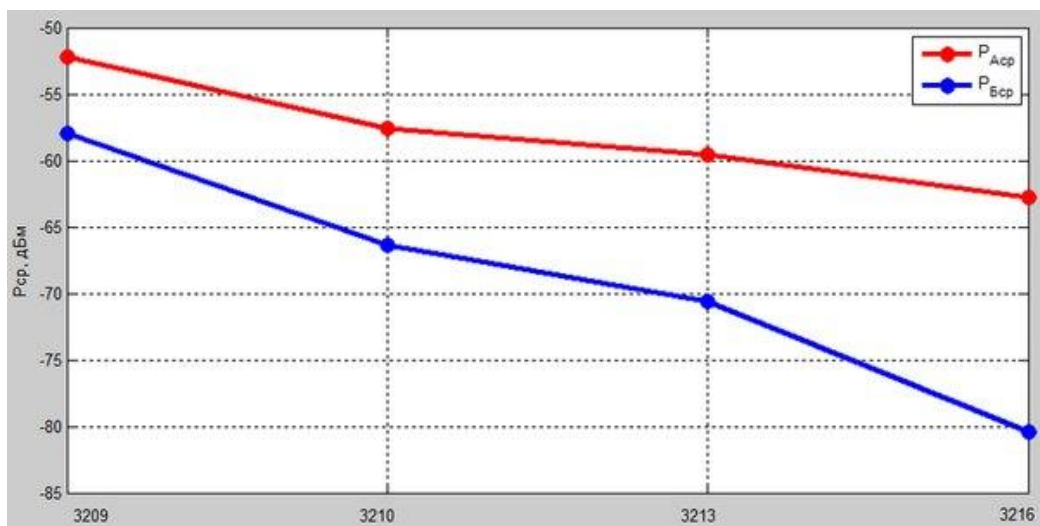


Рис.5. Сравнение измеренных средних мощностей сигнала

Заключение. Значения мощности, полученные путем расположения источника сигнала у вентиляционной трубы, значительно выше, чем при расположении источника в центре помещения. Это объясняется тем, что сигналу не приходится проходить сквозь большое количество препятствий, поэтому он намного слабее затухает. Так же не имеет значение расположения приемопередающей аппаратуры, так как сигнал распространяется равномерно. Более того, в таком случае, выход вентиляционной трубы в аудиторию, можно считать новым источником сигнала, поэтому мощность распределяется равномерно по всей аудитории. Так же, сигнал распространяется на большие расстояния, что значительно увеличивает зону покрытия. Важно отметить, что конечные пользователи не смогут подключиться к сети Wi-Fi, если мощность сигнала будет менее -75 дБм. Поэтому в аудитории 3216 пользователи не смогут подключиться к сети, если источник будет расположен в центре комнаты. Иная ситуация происходит при близости источника к вентиляционной трубе. Так же стоит учитывать, что полученные значения усредненные.

Список литературы

1. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебник для вузов. – 2-е изд., испр. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 558 с.
2. Аунг Мьинт Эй. Исследование распространения радиоволн и разработка модели затухания для помещений сложной формы: диссертация кандидата технических наук, Москва, 2008. – 145 с.: ил.
3. Гуреев А.В. Разработка математических моделей и оценка показателей качества передачи информации в беспроводных сетях: диссертация доктора технических наук, Москва, 2003. С. 61.
4. Мазурков М. И. Системы широкополосной радиосвязи: Уч. пособие. – М.: Горячая Линия - Телеком, 2004. – 672 с.
5. Миронов Ю.Б. Адаптивные методы повышения производительности мобильных беспроводных сетей. Автореферат на соискание степени кандидата наук. – М.:МИЭТ, 2011. – С. 5.

СЕКЦИЯ №21.

МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)

ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2015 ГОД

Январь 2015г.

II Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием «**Актуальные вопросы технических наук в современных условиях**», г.Санкт-Петербург

Прием статей для публикации: до 1 января 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 февраля 2015г.

Февраль 2015г.

II Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием «**Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом**», г.Новосибирск

Прием статей для публикации: до 1 февраля 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 марта 2015г.

Март 2015г.

II Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием «**Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения**», г.Екатеринбург

Прием статей для публикации: до 1 марта 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 апреля 2015г.

Апрель 2015г.

II Международная межвузовская научно-практическая конференция «**Актуальные вопросы науки и техники**», г.Самара

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 мая 2015г.

Май 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Проблемы и достижения в науке и технике**», г.Омск

Прием статей для публикации: до 1 мая 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июня 2015г.

Июнь 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем**», г.Казань

Прием статей для публикации: до 1 июня 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июля 2015г.

Июль 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Перспективы развития технических наук**», г.Челябинск

Прием статей для публикации: до 1 июля 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 августа 2015г.

Август 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Технические науки в мире: от теории к практике**», г.Ростов-на-Дону

Прием статей для публикации: до 1 августа 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 сентября 2015г.

Сентябрь 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Современный взгляд на проблемы технических наук**», г.Уфа

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 октября 2015г.

Октябрь 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития**», г.Волгоград

Прием статей для публикации: до 1 октября 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 ноября 2015г.

Ноябрь 2015г.

II Международная научно-практическая конференция «**Новые технологии и проблемы технических наук**»,
г.Красноярск

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 декабря 2015г.

Декабрь 2015г.

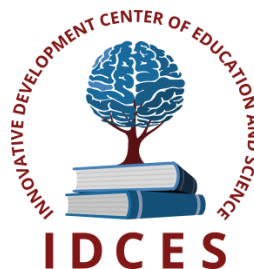
II Международная научно-практическая конференция «**Развитие технических наук в современном мире**»,
г.Воронеж

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2015г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2016г.

С более подробной информацией о международных научно-практических конференциях можно ознакомиться на официальном сайте Инновационного центра развития образования и науки www.izron.ru (раздел «Технические науки»).

ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК: НОВЫЕ ПОДХОДЫ В РЕШЕНИИ АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

Выпуск II

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(8 июня 2015г.)**

**г. Казань
2015 г.**

Печатается в авторской редакции
Компьютерная верстка авторская

Подписано в печать 09.06.2015.
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 7,92.
Тираж 250 экз. Заказ № 209.

Отпечатано по заказу ИЦРОН в ООО «Ареал»
603000, г. Нижний Новгород, ул. Студеная, д. 58