

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее

*Сборник научных трудов
IV Международной конференции школьников, студентов,
аспирантов, молодых ученых*

В трех томах

Том 1

5 – 10 октября 2015 г.
Томск

УДК 658.18 (063)
ББК У9(2)0-87л0
Р44

Р44 **Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее:** сборник научных трудов IV Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее» в 3 т. Т.1/Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 265 с.

В сборнике представлены материалы IV Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее». Более 300 авторов из 44 вузов, предприятий и научных исследовательских университетов России, ближнего и дальнего Зарубежья представили тезисы своих докладов, в которых рассматриваются актуальные проблемы неразрушающего контроля и технической диагностики, внедрения систем менеджмента, качества образования, управления в современной экономике.

Материалы предназначены для специалистов, преподавателей, аспирантов и студентов вузов, а также для всех интересующихся проблемами ресурсоэффективных технологий.

УДК 658.18 (063)
ББК У9(2)0-87л0

Материалы предоставлены в авторской редакции

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2015
© Обложка. Издательство Томского политехнического университета, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Секция 1: Современные технологии в неразрушающем контроле -----	9
<i>Абашкин А. Д., Осипов С. П., Чахлов С. В., Штейн А. М.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ДУАЛЬНЫХ ЭНЕРГИЙ ДЛЯ МАЛЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ -----	10
<i>Абдрахманов А.Б.</i> РАЗРАБОТКА КОНТРОЛЛЕРОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОЦЕССОВ -----	14
<i>Абдурахманов А.Ф., Ли В.Ю., Пасюкова М.А., Чулков Н.А.</i> СНИЖЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В ОАО «АЛМАЛЫКСКИЙ ГМК» -----	18
<i>Абрамец В.В., Салчак Я.А., Седнев Д.А., Лидер А.М.</i> МЕТОДИКА УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЕНАЛОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ОЯТ-----	22
<i>Акимбекова С.Т.</i> ПУТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НАНОБЕТОНА -----	26
<i>Акимбекова С.Т.</i> УПРАВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ СВОЙСТВАМИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ И КАЧЕСТВОМ БЕТОНА -----	31
<i>Ахмолдаева Г.Р.</i> АНАЛИЗ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ-----	35
<i>Баус С.С.</i> СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ (САПР) ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО 3D МИКРОТОМОГРАФА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ -----	40
<i>Бугаев Е. А.</i> МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОФИЛЯ ОБЪЕКТОВ И ИЗДЕЛИЙ-----	44
<i>Ворона Р.С.</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОНТРОЛЯ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ СТАЛИ ПО СПЕКТРУ КВАЗИСТАТИЧЕСКИХ ПЕТЕЛЬ МАГНИТНОГО ГИСТЕРЕЗИСА -----	49
<i>Гусева Е.И.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЕРТИЗЫ	

МОТОРНЫХ МАСЕЛ-----	53
<i>Гусева Е.И., Федоренко А.А.</i> ОЧИСТКА РАБОТАЮЩЕГО МОТОРНОГО МАСЛА ОТ ПРОДУКТОВ СТАРЕНИЯ -----	57
<i>Деренок А.Д., Литови В.А.</i> ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ МОЛНИЕЙ НА СТАДИОНЕ «ТРУД» ГОРОДА ТОМСКА-----	59
<i>Долговых К.С.</i> ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ДТП В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ -----	63
<i>Долматов Д.О., Седнев Д.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ-----	65
<i>Еганов В.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТОУПРУГИХ СВОЙСТВ ФЕРРОМАГНЕТИКОВ -----	68
<i>Жантуганова Т.С., Маиранова Г.Н.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКО-ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ ИВ-4 ИЗЕТЛАВ-----	72
<i>Жанчипов Б. Д.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭМИССИИ ИХ КОМПОЗИТНЫХ ДИЭЛЕКТРИКОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ АКУСТИЧЕСКИМ ИМПУЛЬСОМ-----	75
<i>Жевтун Е.С., Гольдштейн А.Е.</i> МАГНИТНЫЙ ТОЛЩИНОМЕР ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ-----	79
<i>Жилыева К. В., Сидоренко Н. А.</i> СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ ТВЕРДОСТИ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ДИАГНОСТИРОВАНИИ СОСУДОВ И ТРУБОПРОВОДОВ ПАРА И ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ -----	82
<i>Займолда Ф.К.</i> ОТСТРОЙКА ОТ ВЛИЯНИЯ МУЛЬТИПЛИКАТИВНЫХ ПОМЕХ ПРИ СЪЕМЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ СУХИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ -----	87
<i>Зубрилова М.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ	92
<i>Каргина Е. А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СИГНАЛОВ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗБУЖДЕНИИ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД -----	95
<i>Ковалев М. К.</i> РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ	

МАРКИРОВКИ НА РЕНТГЕНОВСКИЕ ПЛЕНКИ-----	100
<i>Кондратенко Е.В.</i> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОТЛОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЦИСТЕРН-----	104
<i>Корзенюк И.Н.</i> НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ БЕТОНА, АРМИРОВАННОГО СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРОЙ--	108
<i>Кравцова Е.Г., Шрам В.Г., Лысянникова Н.Н., Лысянников А.В.</i> МЕТОД АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДЮКЕРНЫХ И ВКОПАННЫХ УЧАСТКОВ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА-----	111
<i>Лебедева Д.А., Седых М.А., Рыжкова А.Д.</i> ВЛИЯНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРОВ НА НАГРУЗОЧНУЮ СПОСОБНОСТЬ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ -----	115
<i>Лысянников А.В., Кайзер Ю.Ф., Серебренникова Ю.Г., Плахотникова М.А., Лысянникова Н.Н., Шрам В.Г., Кравцова Е.Г.</i> СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ К РАЗРУШЕНИЮ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА АВТОЗИМНИКОВ -----	118
<i>Лысянникова Н. Н., Кравцова Е. Г., Лысянников А. В., Шрам В. Г., Безбородов Ю.Н., Кайзер Ю.Ф., Мерко М.А.</i> ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДНИЩА РВС НА ОСНОВЕ ФАЗИРОВАННЫХ АКУСТИЧЕСКИХ РЕШЕТОК -----	122
<i>Лысянников А.В., Павлова П.Л.</i> НОВЫЙ ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК БУРОВЫХ РАСТВОРОВ -----	125
<i>Лысянникова Н. Н., Кравцова Е. Г., Лысянников А. В., Шрам В. Г., Безбородов Ю.Н., Кайзер Ю.Ф., Мерко М.А.</i> ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДНИЩА РВС НА ОСНОВЕ ФАЗИРОВАННЫХ АКУСТИЧЕСКИХ РЕШЕТОК -----	128
<i>Мазиков С.В., Вавилова Г.В.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЕ ПОГОННОЙ ЕМКОСТИ ОБРАЗЦОВ ПРОВОДА ---	131
<i>Макайт Д.К., Маратова А.Г.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОЛОГИИ-----	135
<i>Матвиенко К.Г.</i> МЕТОДЫ СРАВНЕНИЯ КАЧЕСТВА НАБОРОВ ДЕФЕКТОСКОПИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КАПИЛЛЯРНОГО	

КОНТРОЛЯ-----	140
<i>Могильницкий В. С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТОПОРОШКОВОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ В АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ-----	143
<i>Осипов С. П., Подшивалов И. И., Осипов О. С., Жантыбаев А. А., Альбах А.А.</i> ИНФОРМАТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ -----	145
<i>Передельская О.А., Путинцев В.Ю., Негров Д.А., Шевчук А.М.</i> ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА-----	150
<i>Петрусёв А.С.</i> СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЁННЫХ РАЙОНОВ -----	155
<i>Пискунов А. С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЕЛ ФИБОНАЧЧИ -----	159
<i>Помишин Е.К.</i> ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ МЕХАНОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ-----	162
<i>Путинцев В.Ю., Передельская О.А., Негров Д.А., Шевчук А.М.</i> ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ПАР ТРЕНИЯ-----	167
<i>Разумова А. А., Ширяев В. В.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ АКТИВНОМ ТЕПЛОВОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ-----	171
<i>Сагалакова А.Г.</i> РЕНТГЕНОВСКАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТОМОГРАФИЯ-----	174
<i>Сатанова А.С.</i> РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ПОТОКОВ -----	178
<i>Седанова Е.П., Жвырбля В.Ю., Седнев Д.А.</i> УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УГЛЕПЛАСТИКОВ -----	184
<i>Серебренникова Ю.Г., Лысянников А.В., Кайзер Ю.Ф.</i> МЕТОД КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СНЕГА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗИМНИХ АВТОДОРОГ -----	186

<i>Серикбосын Е.А.</i> СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА КОТЕЛЬНОЙ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРОВ SIMATIC -1200-----	190
<i>Смагулова С.К.</i> АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ ИЗМЕРЕНИЯ МЕТАНА В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ -----	193
<i>Скорютина К.С.</i> ВЫЯВЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНЫХ ФОРМ И МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИИ ЭВАКУАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ И ОПОВЕЩЕНИЯ НА СОЦИАЛЬНОМ ОБЪЕКТЕ -----	198
<i>Солдатов В.С.</i> РАСЧЁТ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ДЛЯ ПЛОСКОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ -----	204
<i>Струговцов Д.В., Алхимов Ю.В.</i> ВИХРЕТОКОВЫЙ ТОЛЩИНОМЕР ДЛЯ ЛЕГКОСПЛАВНЫХ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ: ОПИСАНИЕ ПРИБОРА -----	209
<i>Твердохлебова Т.С., Лидер А.М., Салчак Я.А., Шаравина С.В.</i> КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ АНАЛИЗ ЗА СЧЁТ ВНЕДРЕНИЯ СТАНДАРТИЗИРОВАННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЕФЕКТОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ-----	214
<i>Умбетов С.В., Пронин С.П.</i> БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПОИСКА ПОВРЕЖДЕНИЙ В ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЯХ-----	218
<i>Устюгов Д.А.</i> РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ МАГНИТОСТРИКЦИИ-----	222
<i>Федоренко А.А., Федоренко М.Е., Гусева Е.И.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ	225
<i>Фидченко М. В.</i> РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННОГО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ С ПОМОЩЬЮ ANSYS MECHANICAL -----	228
<i>Хмелевской Ю. Ю.</i> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПРИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОДОРОГ	232
<i>Чжан Жуйчжи</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ КАЧЕСТВА -----	235
<i>Шрам В. Г., Кравцова Е. Г., Лысянникова Н. Н., Лысянников А. В.</i> МОНИТОРИНГ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ	

СРЕДСТВАМИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ-----	238
<i>Шутенко О.В., Баклай Д.Н.</i> МИНИМИЗАЦИЯ ФУНКЦИИ СРЕДНЕГО РИСКА МЕТОДОМ НЕЛДЕРА-МИДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ РАСТВОРЕННЫХ В МАСЛЕ ГАЗОВ -----	242
<i>Шутяева О.И.</i> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ -----	247
<i>Яруллина А.Р.</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ЗАО «ТОМСКИЙ ПРИБОРНЫЙ ЗАВОД» -----	251
<i>Ivkina O.P.</i> BRIEF REVIEW OF ACTIVE ON-LINE BALANCING DEVICES -----	256
<i>Sagdatullin A.</i> FUZZY CONTROL MODES MODELLING OF THE AUTOMATED PUMPING STATION OF THE OIL AND GAS TRANSPORTATION SYSTEM -----	260

Секция 1: Современные технологии в
неразрушающем контроле

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ДУАЛЬНЫХ ЭНЕРГИЙ ДЛЯ МАЛЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ

Абашкин А. Д., Осипов С. П., Чахлов С. В., Штейн А. М.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Осипов С. П., к.т.н., в. н.с. лаборатории
Технической томографии и интроскопии*

Распознавание материалов, из которых состоят объект досмотрового контроля (ОДК) и его фрагменты, остается одной из важнейших проблем, решаемых таможенными и пограничными органами стран мира и службами обеспечения безопасности пассажирских и грузовых перевозок. Под распознаванием материалов применительно к досмотровому контролю традиционно понимают сопоставление материалов ОДК или его фрагментов по эффективному атомному номеру или связанному с ним параметру к одному из широких классов веществ. Все материалы делят на ряд классов, причем каждый из этих классов соотносится со своим диапазоном изменения эффективного атомного номера и ассоциируется с наиболее типичным своим представителем. К классу органических материалов относят, например, воду, графит, полиэтилен, полипропилен и т.п., любой из указанных материалов может быть выбран в качестве типичного представителя класса. Класс материалов с малым значением эффективного атомного номера ассоциируется с алюминием. Типичным представителем класса металлов и сплавов со средним значением эффективного атомного номера является сталь. Класс материалов с большим значением эффективного атомного номера ассоциируют со свинцом. В настоящее время для распознавания материалов объектов досмотрового контроля и их фрагментов широко применяют различные реализации метода дуальных энергий [1–4]. Для контроля крупногабаритных объектов используют инспекционные досмотровые комплексы на основе бетатронов и линейных ускорителей электронов. Одним из возможных путей повышения производительности досмотрового контроля является сканирование транспортных средств вместе с водителем. Такой подход обуславливает формирование первичных радиографических изображений объекта досмотрового контроля при двух уровнях мощности дозы излучения: низкого уровня – для сканирования кабины с водителем; высокого уровня – для сканирования оставшейся части транспортного средства. Низкий

уровень определяется нормами радиационной безопасности. Из сказанного выше следует необходимость в экспериментальной проверке возможности распознавания материалов ОДК и их фрагментов высокоэнергетическим методом дуальных энергий для низких уровней мощности дозы рентгеновского излучения.

Экспериментальные исследования проводили на инспекционном досмотровом комплексе Томского политехнического университета. Первичные радиографические изображения формировали для пары максимальных энергий рентгеновского излучения – 4 МэВ и 7,5 МэВ. Сканировали фрагменты тестового объекта досмотрового контроля из органических материалов (вода, плексиглас, полиамид, дерево), алюминия, обыкновенной стали и свинца с массовой толщиной от 20 до 120 г/см². Тестовый объект со сканером располагали в наиболее проблемной зоне – на максимальном удалении от оси пучка высокоэнергетического рентгеновского излучения. Для более точной оценки параметров калибровочных линий тестовые объекты сканировались на скорости 4 см/с. Изображения формировались в режиме 1 импульс меньшей энергии, 1 импульс большей энергии. На первом этапе необходимо оценить диапазон изменения уровней радиометрических сигналов при уменьшении мощности поглощенной дозы излучения, а на следующем этапе – исследовать, как указанное изменение сказывается на качестве распознавания материалов из всех четырех классов материалов – органики, алюминия, стали и свинца.

В процессе исследований мощность экспозиционной дозы излучения P на оси пучка уменьшали от 2,4 до 0,3 сГр/мин. Мощность дозы в зоне сканирования примерно в 4 раз меньше чем в центре.

Из анализа данных, полученных опытным путем, можно сделать вывод о сужении диапазона массовой толщины фрагментов, для которых уверенно распознается материал ОДК при уменьшении мощности дозы излучения. При $P \approx 0,266$ сГр/мин все анализируемые материалы уверенно распознаются в диапазоне массовых толщин от 20 до 100 г/см², исключением являются фрагменты свинца толщиной до 30 г/см². Указанный факт объясняется менее значительным вкладом рассеяния в радиометрических сигналах для свинца, чем для железа, алюминия и органических материалов.

Следующим этапом экспериментально оценивалось качество распознавания следующих материалов: органические материалы – мука, плексиглас, вода; легкие металлы и неорганические материалы – алюминий, цемент, поваренная соль; металлы со средним значением эффективного атомного номера – сталь, медь; тяжелые металлы – свинец. Массовые толщины фрагментов близки к 40 г/см². Все прочие

условия измерений такие же, как и в предыдущем разделе. Всего было проведено 9 циклов сканирований тестовых объектов. В каждом цикле изменялась мощность дозы излучения P – 3 сГр/мин; 2 сГр/мин; 1 сГр/мин; 0,5 сГр/мин. Тестовые объекты от цикла к циклу отличались взаимным расположением фрагментов из различных материалов по высоте. Нижние блоки детекторов работали при более низких уровнях мощности дозы излучения, чем центральные блоки.

Из анализа полученных и обработанных изображений, можно сделать ряд выводов:

1. С уменьшением мощности дозы возрастают уровни шумов полутоновых изображений и цветовые шумы;
2. С уменьшением мощности дозы нарушается цвет значительной части фрагментов;
3. Искажения более выражены для нижней части изображений;
4. Граничные эффекты, обусловленные усреднением и кластеризацией, в большей степени проявляются для фрагментов, расположенных в верхней части тестовых объектов;
5. Размер фрагмента, материал которого распознается с заданной вероятностью, зависит от положения фрагмента по вертикали и от его размера в направлении распространения рентгеновских квантов;
6. Фрагмент из меди в значительной части случаев относится к классу тяжелых металлов.

По результатам исследования можно сделать вывод о возможности использования информации об эффективном атомном номере для коррекции распознавания материалов фрагментов из меди. Это связано с тем, что оценки эффективного атомного номера для медных фрагментов ближе к оценкам эффективного атомного номера для фрагментов из стали, чем к оценкам эффективного атомного номера для фрагментов из свинца. Увеличение размеров фрагментов из муки в направлении сканирования, существенно уменьшающее граничный эффект, приводит к правильному распознаванию материала указанных фрагментов. С учетом того, что мощность дозы рентгеновского излучения на периферии в 2–3 раза меньше, чем по центру пучка, можно сделать заключение о правильности распознавания материалов фрагментов объектов контроля при уменьшении мощности дозы до уровня 0,25–0,3 сГр/мин. Разумеется, сказанное выше справедливо при должном поперечном размере фрагментов объектов контроля и толщине фрагментов объекта около 40 г/см².

Заключение

В данной работе показаны основные проблемы распознавания материалов ОДК методом дуальных энергий, связанные с уменьшением

мощности поглощенной дозы излучения. Доказано, что для рассматриваемой задачи существенно изменяется диапазон изменения радиометрических сигналов, в результате чего уменьшается толщина фрагментов, материалы которых распознаются с заданной вероятностью. Указанный фактор наиболее значим для периферийных блоков радиометрических детекторов, то есть расположенных на значительном удалении от оси пучка рентгеновского излучения. Введен инвариант способа распознавания материалов, позволяющий связать качество распознавания с производительностью контроля и площадью фрагмента объекта контроля, материал которого распознается с заданной вероятностью. Показано, что в рамках поставленной задачи единственным подходом, позволяющим сохранить качество распознавания на заданном уровне, является увеличение минимальной площади фрагмента. Экспериментально доказана возможность удовлетворительного распознавания материалов объектов досмотрового контроля при уровнях мощности дозы рентгеновского излучения около 0,25 сГр/мин. Доказано существенное влияние граничных эффектов на качество распознавания материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания в сфере научной деятельности.

Список информационных источников

1. Kolkoori S, Wrobel N, Deresch A, Redmer B, Ewert U. Dual high-energy X-ray digital radiography for material discrimination in cargo containers // 11th European Conference on Non-Destructive Testing (ECNDT 2014), October 6–10, 2014, Prague, Czech Republic.

2. Klimenov V.A., Osipov S.P., Temnik A.K. Identification of the substance of a test object using the dual-energy method // Russian journal of nonde-structive testing. – 2013, Vol. 49, No. 11, pp. 642–649.

3. Сидуленко О.А., Касьянов В.А., Касьянов С.В., Осипов С.П. Исследование возможности применения малогабаритных бетатронов для идентификации веществ объектов контроля методом дуальных энергий // Контроль. Диагностика. – 2008, № 8, С. 46–52.

4. Nedavnii I. O., Osipov S. P. Use of the two-energy X-ray method for detection and classification of inclusions in an inspected object with fluctuating parameters // Russian Journal of Nondestructive Testing. – 2005, Vol. 41, No. 4, pp. 260–265.

РАЗРАБОТКА КОНТРОЛЛЕРОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Абдрахманов А.Б.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Авдеева Д.К., д.т.н., профессор кафедры физических методов и приборов контроля качества

В связи с бурным развитием микроэлектроники вычислительная мощность современных микроконтроллеров значительно увеличивается, что приводит к удешевлению самих микроконтроллеров, и, соответственно, позволяет использовать предоставляемые ими возможности, в таких схемах, где ранее их использование было экономически нецелесообразным. На рынке имеется огромный выбор программируемых логических контроллеров (ПЛК) как от именитых производителей (Siemens, Advantech и др.), так и от бурно развивающихся «новых» производителей, которые, как правило, имеют «азиатские» корни. Последние, как правило, в своих самых доступных ПЛК используют чипы от фирм Atmel и Texas Instruments, с архитектурой AVR и PIC соответственно. Несмотря на известные достоинства ПЛК от производителей первого эшелона (надежность, удобное программное обеспечение (ПО) для работы с ПЛК и обучения персонала, техническая поддержка пользователей в режиме онлайн и т.д.), они перечеркиваются одним существенным недостатком – большой ценой таких ПЛК, что является особенно актуальным для небольших предприятий и большинства ВУЗов. Поэтому **актуальной** является задача выбора альтернативы дорогим ПЛК, которую можно рекомендовать для обучения студентов принципам работы с микроконтроллерами и построения достаточно простых управляемых контроллеров. В качестве такой альтернативы предлагается применять относительно недорогие микроконтроллеры Atmel/AVR и, в частности, вычислительную платформу Arduino.

Целью работы является разработка универсального термостата на основе микроконтроллеров ArduinoUno и ATmega8.

На данной установке можно запрограммировать микроконтроллер для дальнейшего использования его в каких-либо устройствах, применяемых в промышленных процессах, а также продемонстрировать программы.

При использовании LabVIEW Interface for Arduino Toolkit в контроллер заливается специальная прошивка (программа, скетч) и после этого контроллер начинает выступать, как внешнее устройство

ввода–вывода информации. После написания программы в LabVIEW и ее запуска, основной код выполняется на ПК и взаимодействует с программой, залитой в контроллер. Та в свою очередь выступает в качестве интерфейса, позволяя взаимодействовать с внешней средой.

Таким образом, получается Arduino – DAQ стоимостью в среднем 36 долларов. Получаем на борту 6 аналоговых входов и 12 (реально 14, но два задействуются UART) цифровых входов/выходов, из них 6 PWM. При этом, в зависимости от установленного контроллера, конфигурация и количество портов может изменяться. Например, ArduinoMega цифровые входы/выходы 54 (14 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), аналоговые входы 16.

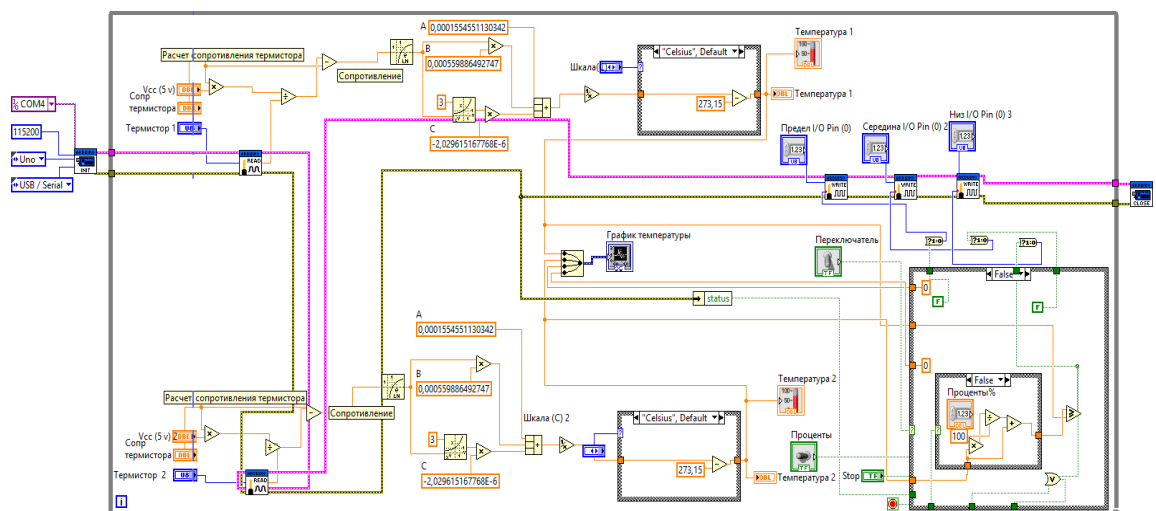


Рисунок 1 – Блок схема программы

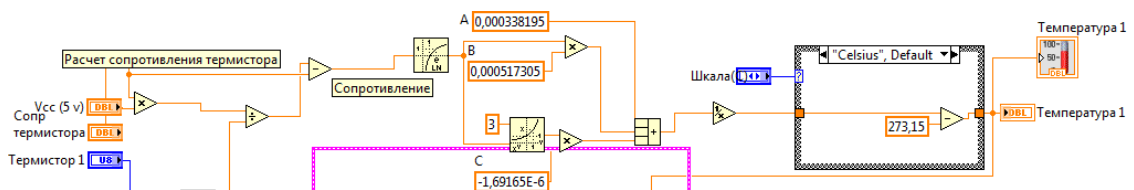


Рисунок 2 – Принципиальная схема, рассчитывающая температуру по формуле Стейнхарта-Харта с выбором единицы измерения

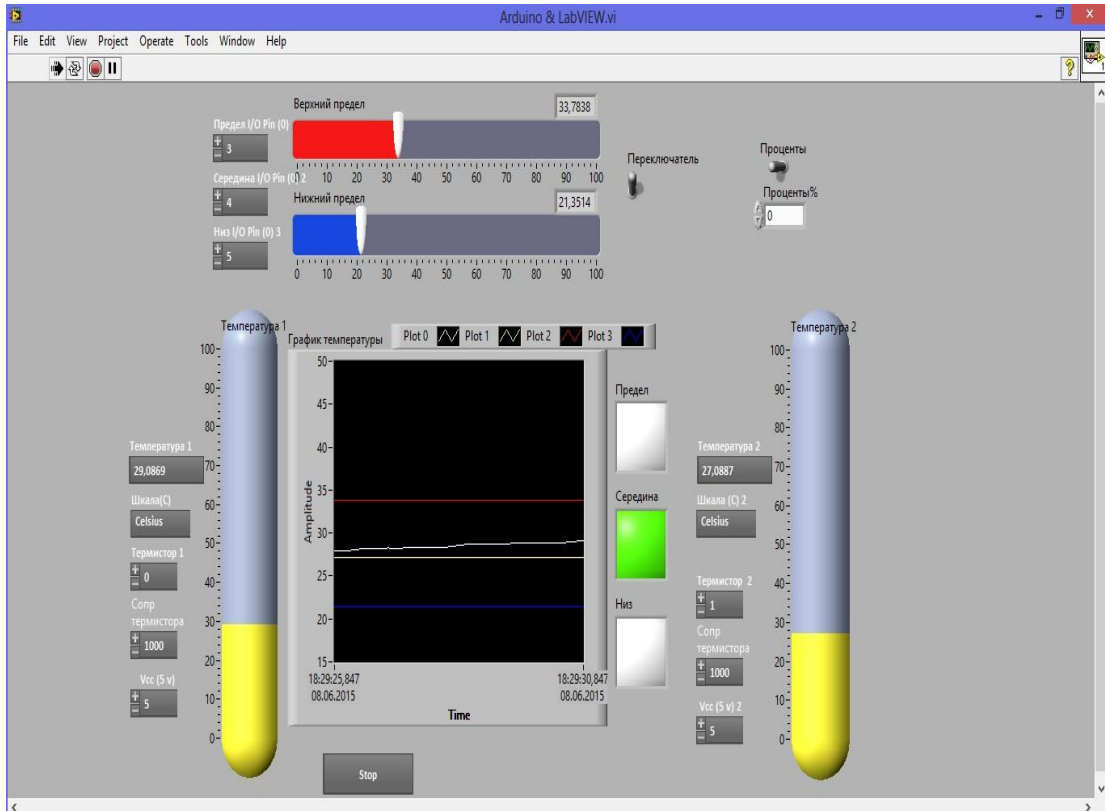


Рисунок 3 – Лицевая панель программы термостата

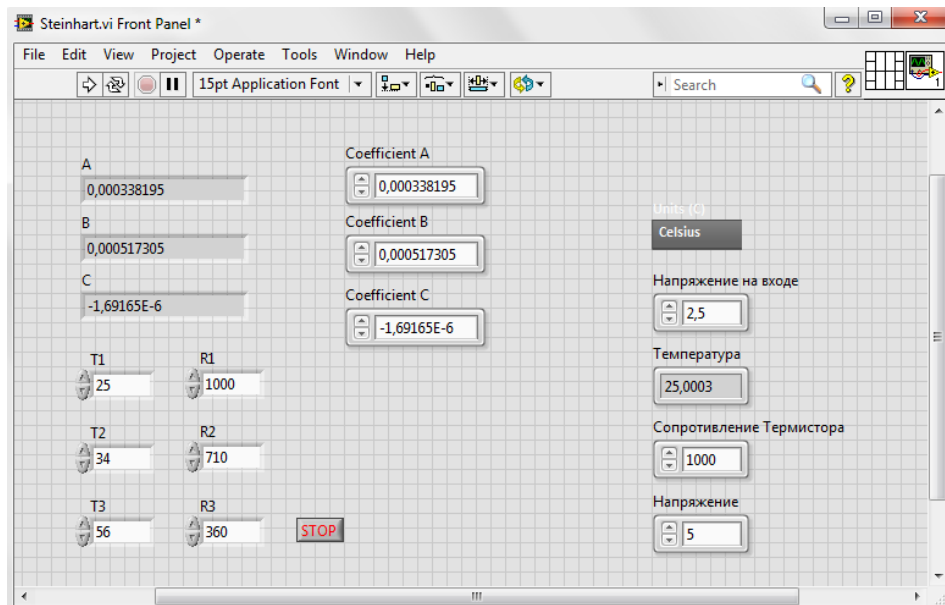


Рисунок 4 – Лицевая панель программы нахождения коэффициентов

В ячейку T1 вносятся значения низкой температуры и в R1 соответствующая этой температуре сопротивление термистора. Для T2

средняя температура и соответственно для T3 высокая. После чего нужно нажать на запуск программы. Слева лицевой панели выйдут коэффициенты. Для проверки коэффициентов достаточно ввести значения, которые вводятся на рисунке 4.

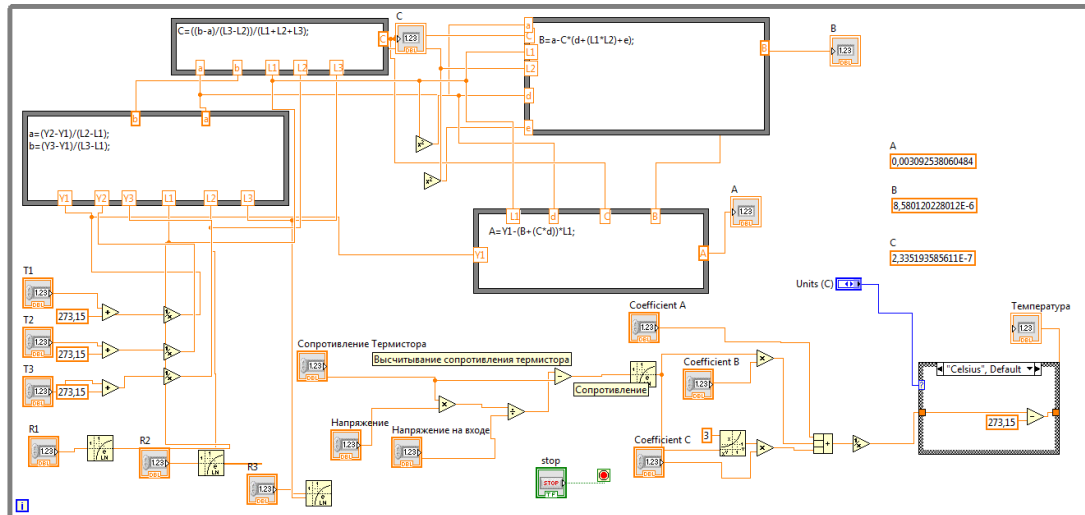


Рисунок 5 – Блок схема высчитывания и проверки коэффициентов Стейнхарта – Харта

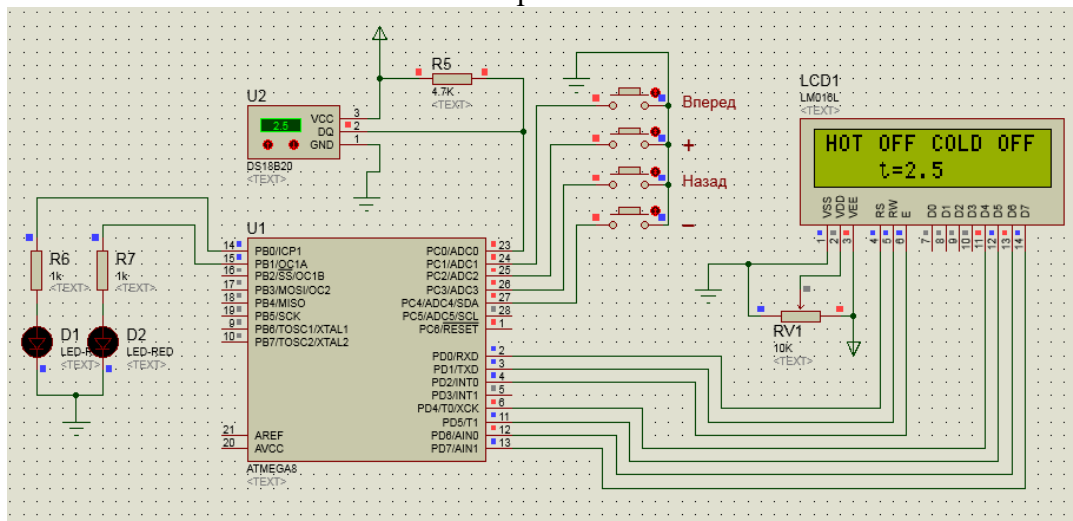


Рисунок 6 –схема термостата на микроконтроллере АТmega 8 в программе ISIS Proteus

В данной работе осуществлен выбор альтернативы дорогим ПЛК, которую можно рекомендовать для обучения студентов принципам работы с микроконтроллерами и построения достаточно простых управляемых контроллеров. В соответствии с поставленными задачами была разработана схема измерения температуры на основе

микроконтроллеров Arduino Uno в среде Labview. Создана лицевая панель и блок схема программы в Labview. Разработана схема измерения температуры на основе микроконтроллеров ATmega8. Данная работа позволит запрограммировать микроконтроллер для дальнейшего использования его в каких-либо устройствах, применяемых в промышленных процессах, а также продемонстрировать программы.

Список информационных источников

1. Белов А. Б. Конструирование устройств на микроконтроллерах / Наука и Техника, 2005. – 255 с.
2. Кузьминов А.Ю. Интерфейс RS-232. Связь между компьютером и микроконтроллером. – М. : Радио и связь, 2004. – 168с.
3. Тревис, Дж. LabVIEW для всех / Джеффри Тревис : Пер. с англ. Клушин Н. А. – М.: ДМК Пресс; ПриборКомплект, 2004. – 544 с.: ил.

СНИЖЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В ОАО «АЛМАЛЫКСКИЙ ГМК»

Абдурахманов А.Ф.¹, Ли В.Ю.¹, Пасюкова М.А.², Чулков Н.А.²

¹Открытое акционерное общество «Алмалыкский ГМК»,

²Томский политехнический университет

Научный руководитель: Чулков Н.А., к.т.н., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности

ОАО «Алмалыкский ГМК» одно из крупнейших предприятий в Узбекистане - флагман цветной металлургии. Производственные мощности комбината базируются на запасах группы медно-порфировых, свинцово-цинковых и золото-серебряных месторождений, расположенных на территориях Ташкентской, Джизакской, Сурхандарьинской и Наманганской областей Республики Узбекистан. Расстояние между граничащими объектами до 1100 км.

В состав комбината входят: восемь горнодобывающих предприятий, четыре обогатительные фабрики, два металлургических завода, сернокислотные производства, ремонтно-механический и известковый заводы, автотранспортное управление с пятью автобазами, управление железнодорожного транспорта, управления по производству товаров народного потребления, а также более двадцати

вспомогательных цехов. Объёмы сырьевых потоков исчисляются десятками миллионов тонн в год.

Само определение «Разработка полезных ископаемых с целью их извлечения в продукт ...» (в нашем случае – цветные металлы) по своей сути и содержанию означает – вмешательство в естественное состояние природной среды.

В процессе добычи и переработки полезных ископаемых с получением цветных, драгоценных и редкоземельных металлов оказывается следующее влияние на окружающую среду [1]:

➤ выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, в основном от пиromеталлургического производства цветных металлов;

➤ нарушение земель в связи с отработкой карьеров, шахт, складирование пустых пород, забалансовых руд, хвостов переработки обогатительных фабрик, шлаков и клинкеров заводов, представляющих собой техногенные образования;

➤ сбросы загрязняющих веществ в водоемы и на рельеф местности с карьерными и шахтными водами.

Проблема загрязнения атмосферы сернистыми газами возникла с завершением строительства и вводом в эксплуатацию в 1964 году первой очереди медеплавильного завода (МПЗ). Выбросы сернистого ангидрида с отходящими газами металлургического передела превышают установленный норматив ПДВ, что сказывается на состоянии атмосферы в Алмалыке и прилегающем регионе[2], особенно в периоды неблагоприятных метеоусловий.

1998 год - Построен и введен в эксплуатацию новый сернокислотный цех (СК-3), обеспечивший сокращение выбросов сернистого ангидрида с отходящими газами металлургического передела медеплавильного завода на 40,0 тыс. тонн/год.

2002 год - Построены и введены в эксплуатацию 4 электрофилтра (ЭГТ 8-60-НЖ) обеспечившие очистку конвертерных газов и сокращение выбросов пылевых загрязняющих веществ на 5,0 тыс. тонн/год.

2002 год - Выполненная реконструкция системы газоходов конвертерного передела металлургического цеха обеспечила возможность работы каждого конвертера на отдельный газоход с прекращением неорганизованных выбросов газов и пыли в атмосферу. ~ 50 т/год.

2004 год - Смонтирован и введен в эксплуатацию новый кислородный блок КААр-16/16. Запуск в эксплуатацию блока, обеспечил возможность перераспределения части перерабатываемого сырья с отражательной печи (ОП) на печь кислородно-факельной

плавки (КФП) и тем самым сократить выбросы сернистого ангидрида в атмосферу с отходящими газами ОП.

В настоящий период, во исполнение Постановлений Президента Республики Узбекистан от 15.12.2010 г. и от 04.10.2011 г. в ОАО «Алмалыкский ГМК» организовано исполнение 15-ти инвестиционных проектов, в том числе начата реализация двух проектов предусмотренных «Программой действий по охране окружающей среды Республики Узбекистан»:

1. «Строительство нового сернокислотного цеха на медеплавильном заводе ОАО «Алмалыкский ГМК» со сроком реализации 2010 – 2013 годы.

2. «Строительство новой плавильной печи на медеплавильном заводе ОАО «Алмалыкский ГМК» со сроком реализации в 2012-2015 годы.

В целях достижения высоких технико-экономических показателей и соответствия экологическим требованиям на уровне мировых стандартов, реализация этих двух проектов осуществляется с привлечением иностранных фирм «Outotec GmbH» и «Ausmelt» (Германия), с ними же прорабатывается вопрос проекта реконструкции конвертерного передела медеплавильного завода.

В совокупности, реализация инвестиционных проектов и реконструкция конвертерного передела [3] медеплавильного завода обеспечит сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от производств ОАО «Алмалыкский ГМК», что обеспечит приведение состояния атмосферы города до уровней ПДК.

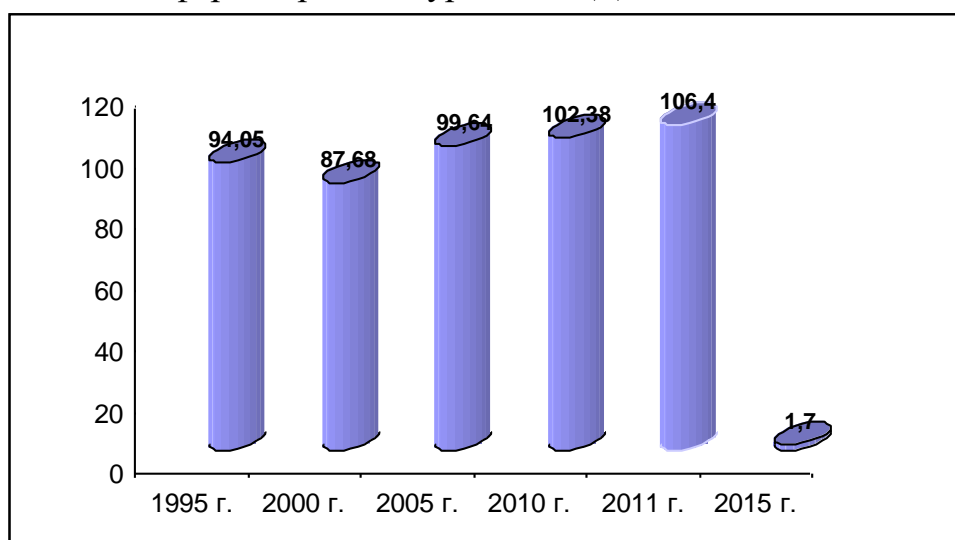


Рис.1 Динамика выбросов сернистого ангидрида после строительства нового сернокислотного цеха и новой плавильной печи

На реализацию инвестиционных проектов заложены значительные собственные финансовые средства комбината, средства Фонда развития Республики Узбекистан, средства инвестиций банков. В общей сумме, на перечисленные проекты планируется затратить ~ 500 миллионов долларов США.

Кроме масштабных экологических проектов строительства и реконструкции, в ОАО «Алмалыкский ГМК» определяются и реализуются годовые планы оперативных мероприятий, направленных на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Ежегодно, из собственных финансовых средств на реализацию мероприятий по защите атмосферного воздуха затрачивается 2,5 – 3,0 миллиардов сум, по защите водных ресурсов – 3.0 – 3.5 миллиардов сум, по охране земельных ресурсов – 2.5 – 3.0 миллиардов сум.

Помимо решения экологических проблем, связанных с производственной деятельностью, проводится огромная работа по очистке, облагораживанию и озеленению промышленных территорий производственных подразделений комбината.

За последние годы изменился облик промышленных площадок, которые по праву сравнимы с парками и скверами. Всё это стало возможным благодаря трудовому вкладу всех работников комбината: рабочих, специалистов и руководителей подразделений под непосредственным руководством генерального директора комбината Фарманова А.К., который поставил задачу оздоровления среды обитания в Алмалыке с первых дней вступления в должность.

Список информационных источников

1. Безопасность жизнедеятельности: методические указания к формированию проектных (инженерных) решений по производственной санитарии в разделе «Безопасность и экологичность дипломного проекта (работы)» для студентов, специализирующихся по направлениям: прикладная математика и информатика, автоматизация и управление, электроника и микроэлектроника, электротехника, электромеханика и электротехнологии, приборостроение, электроэнергетика, оплотехника, информатика и вычислительная техника / Томский политехнический университет ; сост. В. Ф. Панин, В. Д. Федосова, Н. А. Чулков. — Томск: Изд-во ТПУ, 1993. — 26 с.: ил. — Библиогр.: с. 22-25.

2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и других объектов.

3. Торочешиков Н.С., Родионов А.И., Кельцев Н.В., Клушин В.Н. Техника защиты окружающей среды.- М.:Химия, 1981.-370 с.

МЕТОДИКА УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЕНАЛОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ОЯТ

Абрамец В.В., Салчак Я.А., Седнев Д.А., Лидер А.М.

Томский политехнический университет

Научный руководитель: Седнев Д.А., ассистент кафедры физико-энергетических установок

Обеспечение высокого уровня качества выпускаемой продукции и увеличение производительности являются наиболее важными задачами для любого предприятия. Для их решения необходимо в первую очередь обеспечить высокий уровень контроля. Более того, от степени совершенства уровня контроля качества зависит эффективность производства в целом.

При определении качества продукции необходимо с точностью определять соответствуют ли показатели качества установленным требованиям. Особенно это важно в критических областях промышленности, таких как атомная энергетика (АЭ).

В 2012 году Горно-химический комбинат (ГХК) запустил производство пеналов для сухого хранения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) реакторов типа РБМК-1000, а к концу 2015 года начнется производство пеналов для хранения ОЯТ реакторов типа ВВЭР-1000 [1].

Согласно требованиям нормативных документов АЭ для контроля качества ответственных компонентов, таких как пеналы для ОЯТ, необходимо применять методы неразрушающего контроля (НК). Так как сварные соединения пенала наиболее подвержены возникновению нарушений, то следует руководствоваться документами, регулирующими процедуру контроля сварных конструкций.

Несмотря на то, что достоверный контроль может обеспечиваться различными методами НК, зачастую применяются рентгенографические технологии. Это связано с высокой точностью результатов рентгеновского контроля. Но не менее перспективным методом является ультразвуковой контроль (УЗК). Более того, он имеет ряд существенных преимуществ перед рентгеном.

Для успешного внедрения методов УЗК в производственные процессы АЭ необходимо обеспечить их соответствие требованиям атомной отрасли и организовать эффективный процесс контроля качества. Использование ультразвуковой диагностики должно проходить согласно унифицированной методики, которая на данный момент отсутствует. В данной работе разработана методика ультразвукового контроля сварных швов компонентов АЭ.

Методы контроля качества компонентов АЭ

В области атомной энергетики большое внимание уделяется обеспечению технологической безопасности. Для каждого объекта АЭ, в зависимости от предъявляемых к нему требований безопасности, существует регламент по определению его технического состояния. Например, для компонентов со сварными соединениями, регулирующим документом является ПНАЭ Г-7-010-89. Согласно этому документу, при контроле сварных соединений предприятие обязательно применяет визуальный и измерительный контроль, но может выбрать между радиографическими и ультразвуковыми методами [2].

Рентгенографический контроль обладает рядом недостатков: неэкспрессность метода, высокая стоимость расходных материалов, необходимость обработки пленок для получения конечных результатов, чувствительность к внешнему фону и опасность облучения персонала. Данные недостатки отсутствуют у методов УЗК, а кроме того, применение современных систем позволяет проводить визуализацию и реконструкцию объектов контроля, что значительно облегчает работу оператора. Именно поэтому возникает необходимость применения УЗК.

Контроль каждым методом следует проводить по государственным стандартам на соответствующие методы контроля или методическим отраслевым стандартам, конкретизирующим методики контроля сварных соединений. При отсутствии указанных стандартов допускается проведение контроля по методическим инструкциям, разработанным организацией. Согласно ПНАЭ Г-7-008-89 и ГОСТ 14782-86 на примере унифицированных методик была разработана общая методика УЗК для объектов со сварными соединениями [3, 4].

Применение шаблона общей (унифицированной) методики, представленного на рисунке 1, в отношении имеющегося оборудования и объектов контроля позволяет разработать методику УЗК для конкретных компонентов. Поскольку общая методика разработана на основе нормативных документов АЭ, то результаты частной методики будут удовлетворять высоким требованиям безопасности в критических

областях промышленности.

Как видно на рисунке 1, методика предполагает выполнение нескольких этапов. При процедуре УЗК наиболее важными являются этапы «Оборудование контроля» и «Настройка системы контроля», поскольку от качества их выполнения зависят полученные результаты. На первом этапе происходит выбор стандартного образца предприятия (СОП), который должен быть изготовлен из аналогичного по акустическим свойствам материала и иметь соответствующие размеры относительно объекта контроля. Также важным на первом этапе является выбор пьезоэлектрического преобразователя (ПЭП) в зависимости от свойств контролируемого объекта.

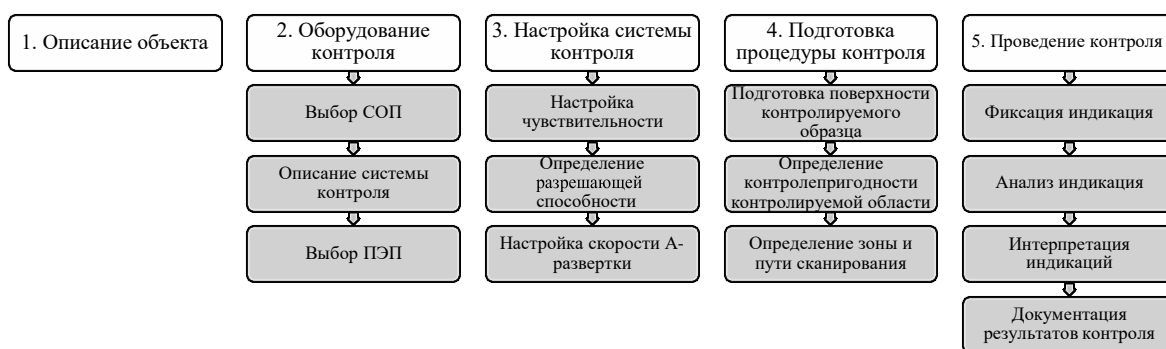


Рисунок 1 – Унифицированная методика контроля объектов АЭ

Этап «Настройка системы контроля» включает в себя настройку чувствительности, определение разрешающей способности системы и настройку скорости А-развертки, что обеспечивает высокую достоверность результатов измерений.

Методика контроля сварных швов пенала для хранения ОЯТ

Разработка методики контроля пенала для хранения ОЯТ, осуществлялась на основе общей методики. Адаптация реализовывалась на фрагментах листового проката, предназначенных для изготовления пенала. Экспериментальные образцы представляют собой пластины из аустенитной стали, имеющие прямые стыковые швы, выполненные аргоно-дуговой сваркой.

Для проведения измерений в качестве оборудования выбран мобильный комплекс автоматизированного ультразвукового контроля (АУЗК), предназначенный для контроля листового проката. Мобильный комплекс АУЗК обладает возможностью 2D/3D визуализации и в том числе позволяет реализовывать контроль в режиме Digital Focus Array. В состав комплекса АУЗК входит блок электроники и автоматики УЗК,

включающий несколько модулей, программное обеспечение и сканирующее устройство, преимуществом которого является возможность автоматического сканирования по заданному пути. На самом сканере устанавливается пьезоэлектрический преобразователь, выбранный с необходимой частотой. Комплекс АУЗК для целей работы использовался в одноканальном режиме.

Результаты контроля качества сварки одного из образцов приведен на рисунке 2. В ходе исследования обнаружен дефект – непровар сварного соединения. Этот же дефект был обнаружен с помощью рентгенографии. Сравнение полученных результатов подтвердило достаточный уровень точности ультразвуковой диагностики, проведенной согласно разработанной методике.

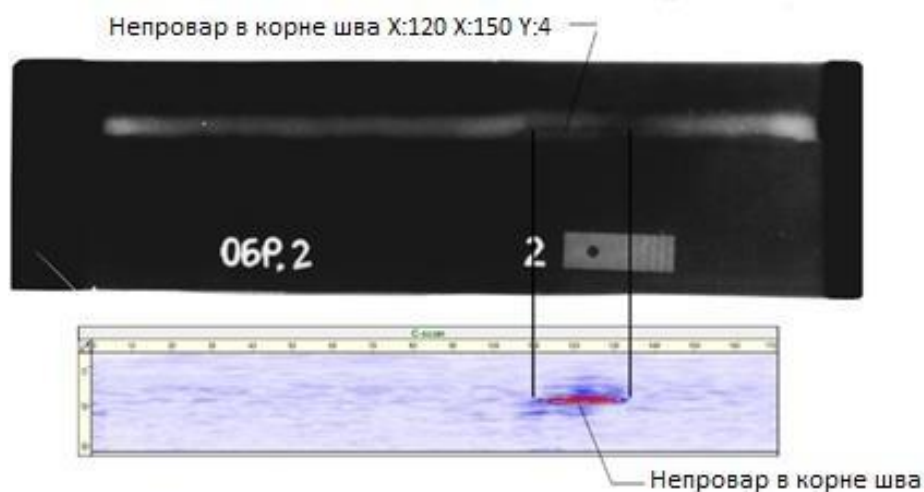


Рисунок 2 – Сопоставление результатов УЗК и рентгенографии

Заключение

Ультразвуковой контроль является перспективным методом НК, сочетающий экспрессность, простоту и экономичность. Качество проведения контроля, а также необходимая на производстве унифицированность процедуры контроля достигается применением методики, определяющей порядок действий оператора контроля.

Методика, созданная для проверки заготовок для пеналов, используемых в сухом хранилище на ГХК, после апробации может быть использована на предприятии. Успешное внедрение на производстве будет способствовать распространению акустического метода неразрушающего контроля на предприятиях ГК «Росатом».

*Выполнено при финансовой поддержке Государственного задания «Наука» в рамках научного проекта № 1524, тема 0.1325.2014.

Список информационных источников

1. Пат. 2500045 РФ: МПК G21F5/008, G21C19/06. Герметичный

пенал хранения ампул с пучками отработавших тепловыделяющих элементов / Гаврилов П.М., Гамза Ю.В., Бараков Б.Н., Кравченко В.А., Ильиных Ю. С.; патентообл. ФГУП «ГХК». – № 2012123112/07, заявл.: 04.06.2012; опубл.: 27.11.2013, Бюл. № 33. – 11 С.

2. ПНАЭ Г. 7-010-89 Оборудование и трубопроводы атомных энергетических установок //Сварные соединения и наплавки. Правила контроля. – 1989.

3. ПНАЭ Г-7-008-89. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. – 1989.

4. ГОСТ 17782 – 86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.– 1986.

ПУТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ НАНОБЕТОНА

Акимбекова С.Т.

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан

*Научный руководитель: Саканов К.Т., к.т.н., профессор кафедры
промышленного, гражданского и транспортного строительства*

В настоящее время нанотехнологии в производстве бетона позволяют осуществлять локальную стимуляцию химических реакции на молекулярном уровне, изменять свойства традиционных конструкционных материалов за счет их модификации наноструктурами, увеличивать прочность, водо- и коррозионную стойкость.

Один из самых важных в технологии нанобетонов – это направленное использование процесса самоформирования цементного камня (в цементных бетонах), запускаемого специально вводимыми в состав бетона наночастицами-наноинициаторами, либо содержащими какие-то соединения, инициирующие особенный рост цементного камня, либо обладающими устойчивой анизотропией электрофизических свойств, также вызывающей направленное развитие цементного камня при созревании бетона. Нанобетон обладает теми, или иными преимуществами благодаря своей особой структуре, задаваемой на наноуровне.

Структура и свойства бетона, в первую очередь, определяются качеством цементного камня. Что соответственно ведет к необходимости формировать такую структуру цементного камня, которая будет обладать большой плотностью, малой

водопроницаемостью, высокой прочностью, морозостойкостью и коррозионной стойкостью.

Для улучшения перечисленных свойств требуется комплексный подход к проектированию состава бетона, который будет содержать в себе комбинирование различных видов модифицирования бетонной смеси за счет введения гиперпластификатора на основе эфира поликарбоксилатов, а также армирующих волокон (анизотропная добавка), активацию заполнителей, вяжущих веществ и воды затворения.

Одним из способов улучшения свойств бетона является дисперсное армирование волокнами (фиброй) различного происхождения, такими как полипропиленовые, стальные, стеклянные, базальтовые, синтетические, углеродные и другие. Армирование цементного камня бетона волокнами уменьшает образование усадочных трещин и увеличивает его морозостойкость [1].

Гиперпластификатор на основе эфира поликарбоксилатов превосходит традиционные суперпластификаторы, по сокращению количества воды, сохранению обрабатываемости, усадке, не говоря об остальных параметрах. С помощью новой технологии, возможно, создавать полимеры для различных типов цемента, но это также означает, что каждая полимерная структура по-разному ведет себя в различных цементах.

Следует, также упомянуть о самокомпактирующемся бетоне, не требующего вибрационного воздействия для консолидации состава. Его использование значительно уменьшает энергетические и трудовые расходы. Исходный материал, содержащий высокодисперсные наночастицы поликарбоксилата, ведет себя как густая жидкость при небольшом соотношении цемент-вода. При высыхании набухающие частицы пластификатора препятствуют образованию пустот и трещин. Самокомпактирующийся бетон обладает еще одним важным преимуществом. Обычный пластифицированный бетон медленно схватывается в зимнее время, что приводит к необходимости дополнительной парообработки конструкций. Наночастицы поликарбоксилата значительно уменьшают количество используемой воды и время засыхания материала, делая необязательной стадию парообработки.

Механизм действия гиперпластификатора представлен на рисунке 1.

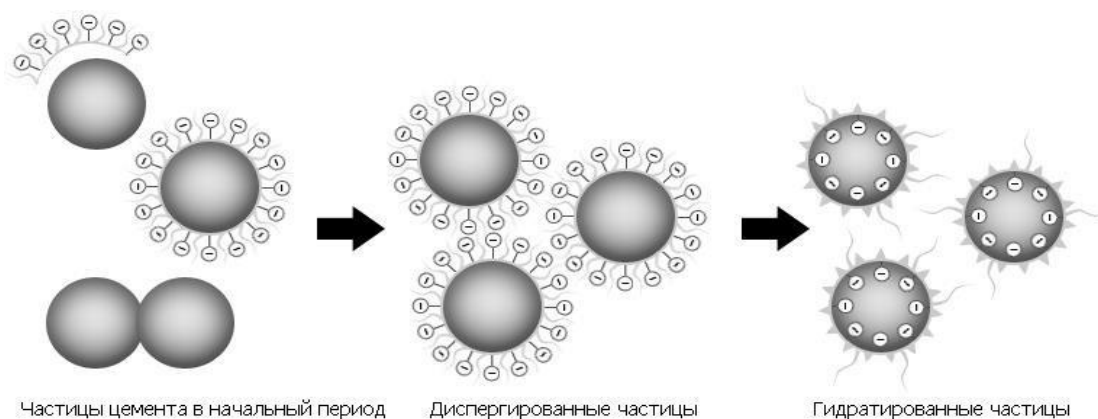


Рисунок 1 – Механизм действия добавки поликарбоксилата

Механизм действия нового суперпластификатора заключается в том, что частицы поликарбоксилатов адсорбируются на поверхности цементных зерен и сообщают им отрицательный заряд. В результате цементные зерна взаимно отталкиваются и приводят в движение цементный раствор. Только небольшая часть цементного зерна покрыта полимером и свободной поверхности флоккулы цемента достаточны для доступа воды и протекания реакции гидратации. Отметим, что структура полимеров различаются по длине основной цепи, длине боковых цепей, количеству боковых цепей и ионному заряду. Поэтому свойствами данных полимеров можно управлять, изменяя молекулярную структуру и направленно воздействуя на свойства цементного камня [2].

В ходе эксперимента были изготовлены контрольный состав и составы с совместным введением ГП «Muraplast FK 63» с полипропиленовой фиброй.

На рисунках 2 и 3 приведены данные по исследованию влияния комплексного введения вышеуказанных составов цементного камня в возрасте 28 суток.

Следует отметить, что уже в суточном возрасте у образцов замечается ранний набор прочности, ускорение твердения цементного камня, легкая распалубка, гладкая поверхность и ровные грани образцов.

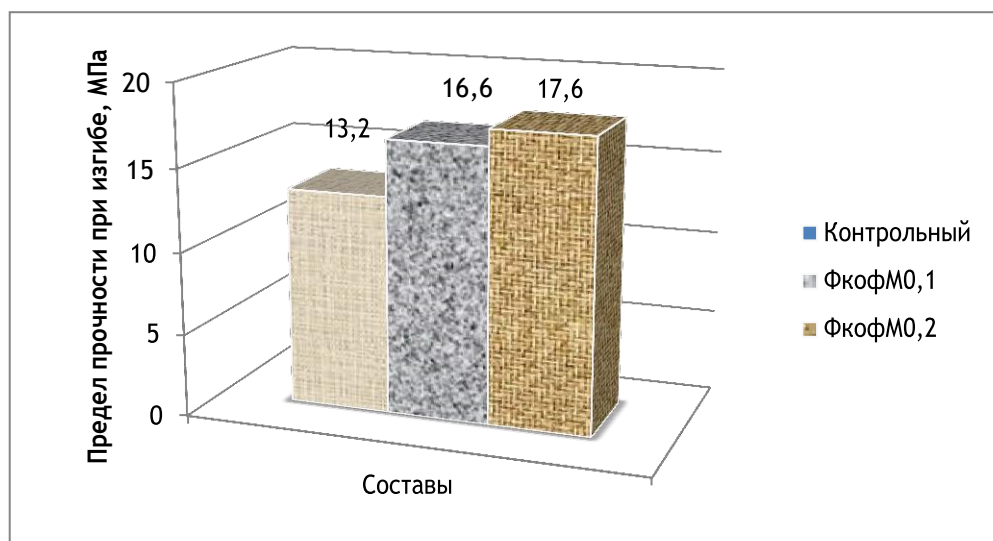


Рисунок 2 – Результаты испытаний образцов – балочек в возрасте 28 суток

Проанализировав полученные значения установлено, что при введении модификаторов полипропиленовую фибру в процентном содержании 0,1% (ФкофМ0,1) и Muraplast FK 63 - 0,5% (от массы цемента) прочность при изгибе образцов – балочек повысилась на 25,7%, а в процентном содержании 0,2% (ФкофМ0,2) – на 33,3%.

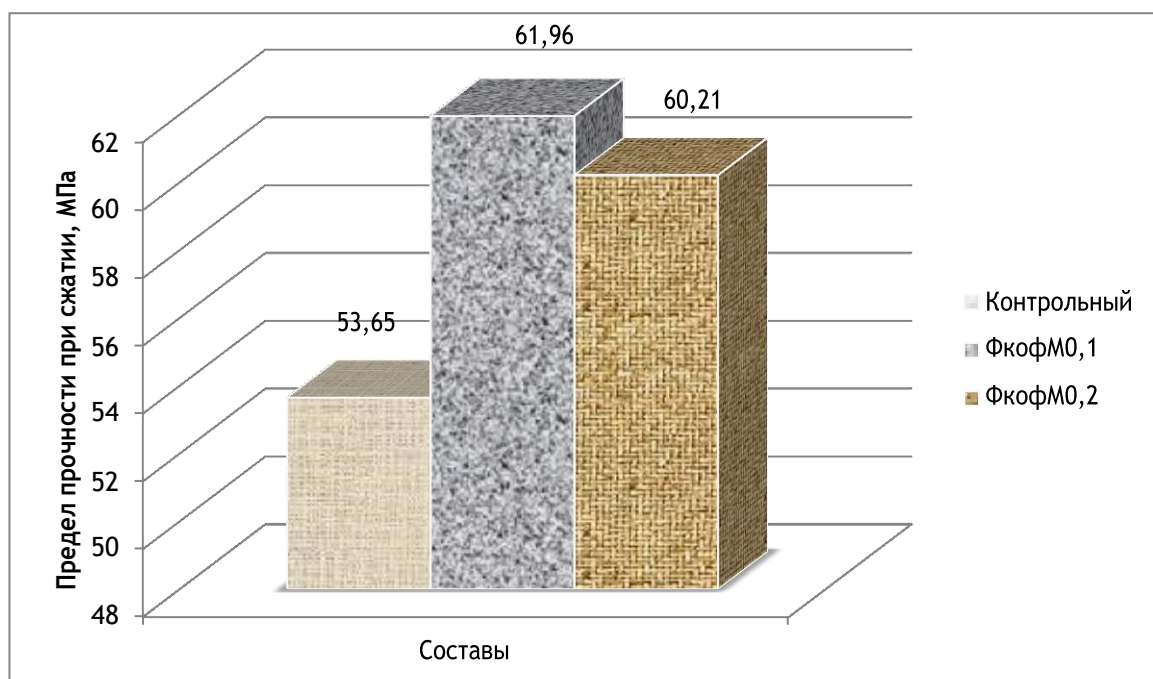


Рисунок 3 – Результаты испытаний образцов – кубиков в возрасте 28 суток

В результате анализа полученных значений установлено, что при введении фибры в процентном содержании 0,1% (ФкофМ0,1)) и Muraplast FK 63 - 0,5% (от массы цемента) прочность при сжатии образцов – кубиков повысилась на 15,5%, а при процентном содержании 0,2% (ФкофМ0,2) – на 12,2% [3].

Таким образом, в цементный раствор, добавляя совместно с модификатором «Muraplast FK63» полипропиленовую армирующую фибру создается условие для формирования наноструктуры цементного камня различного функционального действия с помощью наночастиц уже на начальном этапе смешивания.

На более позднем этапе, когда цементный камень затвердел и начинает давать усадку, полипропиленовые фиброволокна соединяют края трещин, снижая, таким образом, риск разлома. Применение фибры позволяет уменьшать водоотделение цементного камня посредством эффективного контроля гидратации, тем самым снижая внутренние нагрузки.

В ходе эксперимента было отмечено, что полипропиленовая фибра устойчива абсолютно ко всем химическим веществам, входящим в состав цементного камня, к физическим повреждениям во время перемешивания, распределяется равномерно, не образуя сгустков (при использовании кофемолке) по всему объему состава и армируя его по всем направлениям, не теряет своей долговечности и внешнего вида. Также фибра совместима с любыми добавками в цементном составе и в бетоне.

Список информационных источников

1. Баженов Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников // Научное издание. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. с. 368;

2. Касторных Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы: учебно-справочное пособие / Л.И. Касторных. – 2-е изд. – Ростов н/Д.: Феникс, 2007. с. 221;

2. Кудяков А. И., Ушакова А. С., Тотай С. Т. Управление качеством цементного камня бетона для дорожного покрытия. Международный сборник научных трудов/Новые технологии в строительном материаловедении. – Новосибирск, 2012. с. 97 - 101.

УПРАВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ СВОЙСТВАМИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ И КАЧЕСТВОМ БЕТОНА

Акимбекова С.Т.

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан

Научный руководитель: Кудрышова Баян Чакиеновна,

*к.т.н., асс. профессор кафедры промышленного, гражданского и
транспортного строительства*

Задачи повышения технического уровня и управления качеством строительных материалов приобретают все большее значение, как в разных областях хозяйственной деятельности, так и в жизни общества в целом.

На современном этапе развитие технологии бетона и проблемы повышения качества изделий, долговечности, а также экономичности бетонов решаются путем комплексного подхода к проектированию состава бетона, который будет содержать в себе комбинирование различных видов модифицирования бетонной смеси за счет введения наполнителей, добавок, армирующих волокон, а также активаций вяжущих веществ, заполнителей и воды затворения. Под активацией понимается любое внешнее воздействие, которое приводит к изменению энергетического состояния исследуемой системы. Такой комплексный подход позволяет в широком диапазоне менять физико-механические показатели, состав и структуру, а также оказывает положительное влияние на долговечность бетонных и железобетонных конструкций.

Исходя из выше изложенного формулируется цель настоящего исследования, которое посвящено изучению влияния комплексного подхода к введению добавок-модификаторов различного механизма действия, на структурообразование изменяя его молекулярную структуру и направленно воздействовать на свойства цементного камня.

В качестве исходных материалов при проведении исследований применялись портландцемент М500 Д0 Топкинского завода, а также следующие виды добавок: ускоритель набора прочности Реламикс и комплексный модификатор водоредуцирующего действия ПФМ-НЛК компании Полипласт, гиперпластификатор на основе поликарбоксилатов Muraplast FK 63 компании МС Baucheme Russia и микронаполнитель - карбидный ил.

Большое значение при проектировании состава бетона и разработке рациональной технологии приготовления и укладки бетонной смеси, а также обеспечение требуемой прочности и долговечности имеет

водопотребность цемента (нормальная густота цементного теста) и плотность затвердевшего камня. При проведении исследований по влиянию различных добавок на нормальную густоту цементного теста и плотность цементного камня были изготовлены образцы кубики из контрольного состава и составов с использованием вышеперечисленных добавок. С целью изучения возможности повышения плотности цементного камня микро- и наночастицами были изготовлены составы с применением сухого карбидного ила, побочного продукта производств ацетиленов, с его содержанием 10, 20 и 30 % от массы цемента. Все исследуемые образцы были приготовлены из цементного теста нормальной густоты, значения которых приведены на рисунке 1.

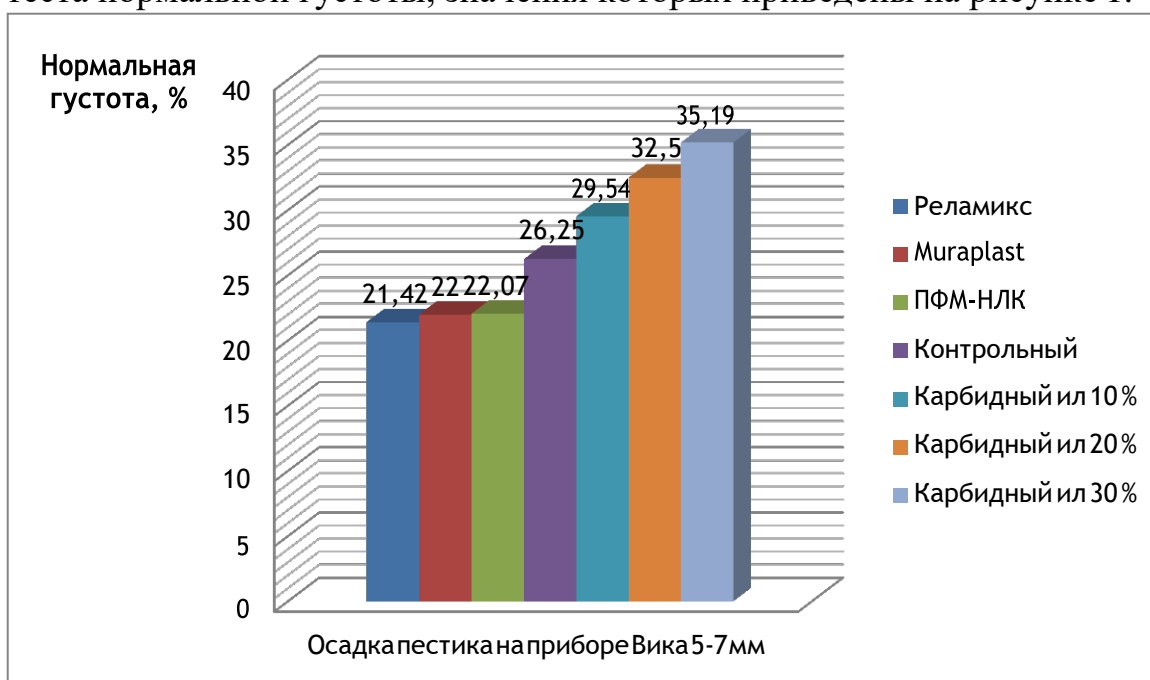


Рисунок 1 – Влияние различных добавок на нормальную густоту цементного теста

При осадке пестика прибора Вика 5-7 мм установлено снижение водопотребности цементного теста с 26,25 % (контрольный состав) до 21,42-22,07 % (состав с добавками Реламикс, Muraplast FK 63 и ПФМ-НЛК). При введении карбидного ила заметное повышение водопотребности (на 3 %) начинается уже при содержании добавки 10%. При введении 30 % карбидного ила водопотребность цементного теста повысилась до 35,9 %.

Преимущество структуры цементной матрицы с микронаполнителем заключается в том, что в ней создаются благоприятные условия для формирования межчастичных контактов, во многом определяющих прочность материала. В таких структурах

локализуются внутренние дефекты, снижается концентрация напряжений возникающих в процессе гидратации и твердения.

Результаты исследования влияния модифицирующих добавок на плотность цементного камня в возрасте 28 суток приведены на рисунке 2.

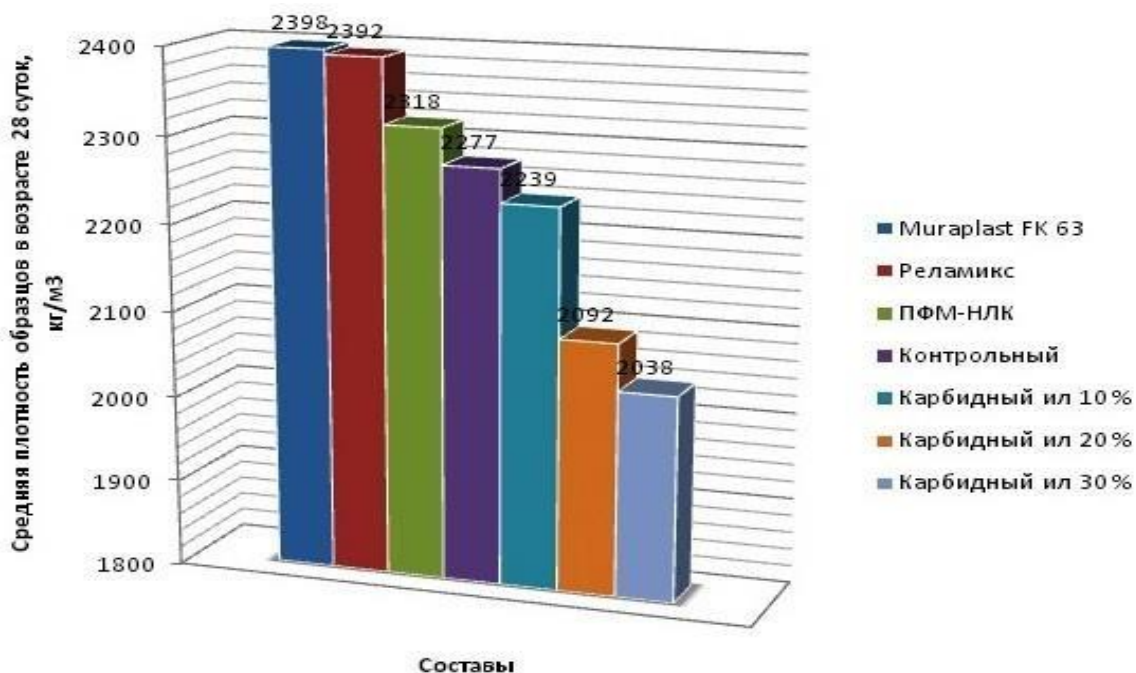


Рисунок 2 – Влияние различных добавок на среднюю плотность образцов цементного камня

При введении добавок Реламикс и Muraplast FK 63 средняя плотность образцов цементного камня повысилась на 5,3 %, а ПФМ-НЛК - 1,8 %. При содержании в цементном камне 10 % карбидного ила средняя плотность уменьшилась незначительно - на 1,6 %, при 30 % карбидного ила средняя плотность уменьшилась на 10,45 %.

На рисунке 3 приведены данные по кинетике набора прочности образцов вышеуказанных составов цементного камня.

Проанализировав полученные результаты эксперимента установлено, что наиболее высокими показателями набора прочности цементного камня, по сравнению с контрольным составом, обладают составы с добавками Muraplast FK 63 и ПФМ-НЛК.

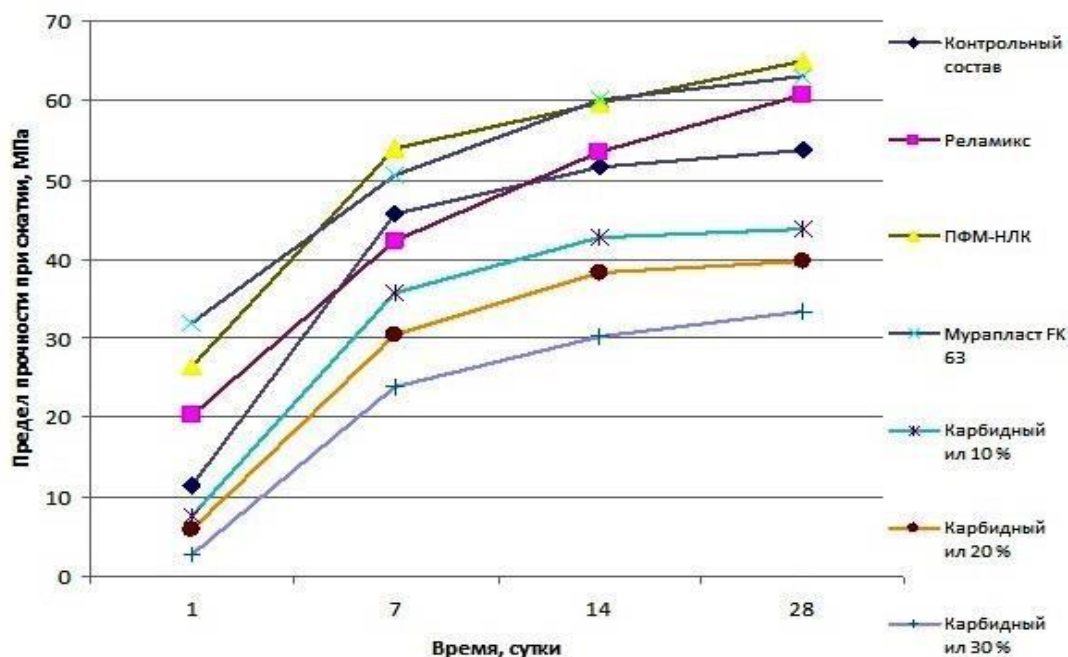


Рисунок 3 – Кинетика набора прочности цементного камня

В суточном возрасте установлен существенный прирост прочности цементного камня на 175 – 75 % с добавками Muraplast FK 63, ПФМ-НЛК и Реламикс, что очень интересно для инновационных технологий и используемых комплексов по укладке и уплотнению дорожных покрытий. В 28 суточном возрасте прирост прочности снижается и составляет 12,9 – 16,0 %. При введении карбидного ила прочность цементного камня снижается на 4 – 8 МПа (в раннем возрасте) и на 10 – 20 МПа (в возрасте 28 суток). Ожидаемый положительный эффект от уплотнения цементного камня микро- и наночастичками карбидного ила, в том числе за счет дополнительных центров кристаллизации, не подтвердился. В последующем рекомендовано предварительное диспергирование карбидного ила в воде затворения и введение в смесь пластифицирующих веществ.

Введение в цементные системы тонкодисперсных минеральных наполнителей, инертных по отношению к воде, позволяет создавать необходимые реологические условия для получения высокотехнологичных и удобоукладываемых смесей и формирования плотно упакованных структур твердения. Высокая плотность структуры может быть достигнута за счёт введения в систему 2-3 фракций микронаполнителей, близких друг к другу по кристалло-химическому строению, и наиболее целесообразным в этом случае является использование микронаполнителей, параметры кристаллических

структур которых соизмеримы с аналогичными параметрами гидратных фаз цементных систем.

Таким образом, путем введения модифицирующих добавок полифункционального действия можно управлять свойствами цементного камня бетона, обеспечивать требуемые технологические и эксплуатационные параметры материала и тем самым управлять качеством получаемых материалов и изделий.

Список информационных источников

1. Базанов С. М., Торопова М. В. Самоуплотняющийся бетон – эффективный инструмент в решении задач строительства [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.бетонплюс.рф/samuplбетон.htm/>.

2. Кудяков А. И., Ушакова А. С., Тотай С. Т. Управление качеством цементного камня бетона для дорожного покрытия. Международный сборник научных трудов /Новые технологии в строительном материаловедении. Новосибирск. 2012. – 97 - 101 с.

3. Нестерова Л. Л., Лугинина И. Г., Шахова Л. Д. Микроструктура цементного камня (исследования светового микроскопа). М.: Изд-во АСВ., 2010. – 101с.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИИ

Ахмолдаева Г.Р.

*Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда*

*Научный руководитель: Сергеев В.Я., к.т.н., ст. преподаватель
кафедры приборостроения*

Для определения качества железобетонных изделий и конструкций используют показатели, общие для любой промышленной продукции. В разрабатываемых стандартах на железобетон предусмотрены следующие показатели:

- 1) технические, характеризующие назначение, надежность, технологичность и т. п.;
- 2) экономические — затраты на разработку, производство и использование изделий, а также получаемый экономический эффект;
- 3) стабильность производства — способность воспроизводства заданного качества изделий в течение определенного срока.

С учетом этих требований разработан государственный стандарт, регламентирующий промышленное производство строительных конструкций (в развитие общепромышленного ГОСТ 15001—69). Не менее важной задачей является реализация установленного проектом уровня качества на стадии осуществления конструкций. Этой задаче отвечает ГОСТ 13015—75, определяющий общие технические требования к железобетонным изделиям и их производству.

Важную роль в применении методов оценки качества играет их стандартизация. Кроме того, для приемочного контроля железобетонных изделий вообще нельзя использовать методы, не предусмотренные нормативными документами. Поэтому ниже, как правило, даются ссылки на соответствующие ГОСТы.

Классификация всех методов неразрушающего контроля дана в ГОСТ 18353—79. Неразрушающие методы делят на физические (ультразвуковой, импульсный, радиометрический и др.) и механические (по параметрам пластических деформаций, упругого отскока, отрыва укреплённого на поверхности анкера или скалывания угла конструкции). Физические неразрушающие методы предназначены в основном для непрерывного или выборочного контроля прочности бетона в условиях массового производства железобетонных изделий и конструкций. Механические неразрушающие методы чаще всего применяют при обследовании эксплуатируемых железобетонных конструкций, когда необходимо выявить конструкции, подлежащие замене или усилению.

Ультразвуковые, радиоизотопные, магнитные, вибрационные и другие неразрушающие методы в промышленных условиях широко применяются для определения прочности и плотности бетона, толщины защитного слоя, диаметра арматуры, несущей способности отдельных конструкций. Результаты контроля физико-механических параметров бетона позволяют характеризовать качество готовой продукции. Неразрушающие методы испытаний и оценки качества обладают рядом достоинств: не повреждают испытываемый элемент и тем самым не снижают его прочности; требуют сравнительно небольших затрат времени; позволяют определять требуемые характеристики в любой доступной точке элемента или детали. К недостаткам относят то, что значение контролируемой величины A (например, прочности бетона) определяется по значениям косвенного показателя КП (время прохождения ультразвука, диаметр отпечатка после вдавливания штампа и т. п.), причем зависимость A — КП является не функциональной, а корреляционной, т. е. справедлива только в среднем для большего числа измерений. Кроме того, для неразрушающих

испытаний обычно используют сложную современную аппаратуру (ультразвуковую, радиоизотопную, и др.), что требует наличия специальных знаний у обслуживающего персонала.

По своей сущности неразрушающие методы допускают многократное испытание элемента или детали и тем самым позволяют получать большой объем информации. Это позволяет значительно снизить неопределённость измерения при контроле качества железобетонных изделий. В настоящее время статистическая обработка результатов сравнительных испытаний механическими неразрушающими методами показывает, что неразрушающие методы контролируют прочность бетона с погрешностью не более 15 %, плотность тяжелых бетонов и легких — до 2,5 %, защитный слой бетона — до 2 %, диаметр арматуры — до 5 %, влажность исходных материалов — до 4,5 %. Вместе с тем необходимы громоздкие вычисления в процессе статистической обработки результатов. Поэтому дальнейшее развитие неразрушающих методов контроля будет идти по пути механизации и автоматизации испытаний и обработки их результатов.

Ультразвуковой импульсный метод определения прочности бетона (ГОСТ 17624—78) является наиболее распространенным из неразрушающих методов. Он основан на возбуждении в испытываемом элементе ультразвуковых акустических колебаний (более 25 кГц) и измерении скорости их распространения. Известно также, что прочность бетона непосредственно связана с его плотностью, что позволяет по скорости прохождения ультразвука в бетонном или железобетонном элементе определять прочность бетона.

Обычно используют серийно выпускаемые приборы УФ-90ПЦ, УК-10П, УК-16П, «Бетон-8УРЦ» и др. Эти приборы позволяют передавать импульсы акустических колебаний (продольных или поперечных) в бетон и принимать их из бетона посредством специальных преобразователей. Последние являются взаимозаменяемыми, т. е. любой из преобразователей можно использовать в качестве излучателя, тогда другой становится приемником. Излучатель передает акустические колебания частотой 25, 60, 80 или 150 кГц, причем не непрерывно, а сериями (импульсами) с частотой повторения 50 Гц.

Преобразователи можно приклеивать или просто прижимать к поверхности бетона. Клей должен обеспечивать хороший акустический контакт, прочно удерживать его в процессе испытания и позволять снимать без повреждений после окончания эксперимента. В качестве клея используют пластилин (для преобразователей продольных волн),

эпоксидную смолу ЭД-6 без отвердителя(для преобразователей поперечных волн), воскоканифольный компаунд (для преобразователей обоих типов).

Преобразователь к бетону можно прижимать специальными приспособлениями или просто рукой. Конструкция приспособлений должна исключать возможность прохождения ультразвукового импульса к приемнику по элементам самого приспособления. В месте прижима поверхность бетона смазывают для обеспечения хорошего акустического контакта. В качестве смазки применяют технический вазелин, вязкое машинное мае по, солидол, жидкое мыло, эпоксидную смолу без отвердителя и др. Мелкие раковины и шероховатости выравнивают быстротвердеющим гипсовым раствором или пластилином, а при наличии существенных неровностей их предварительно сглаживают механическим путем.

Чтобы определить кубиковую или призмную прочность бетона ультразвуковым методом, измеряют время прохождения колебаний через бетон. Прочность бетона исследуемого изделия определяют методом тарировочных кривых. Тарировочную кривую для бетона данного состава строят путем измерения скорости прохождения колебаний на 4...5 стандартных бетонных кубах (призмах), причем сначала измеряют скорость прохождения колебаний, а затем определяют прочность бетона обычными механическими испытаниями в прессе.

Для получения надежной тарировочной кривой необходим достаточно широкий диапазон прочностей при механических испытаниях. Этого достигают уплотнением бетонной смеси в различных образцах, вариацией режимов термообработки или испытанием образцов одной партии в различном возрасте.

Эту тарировочную кривую можно затем использовать в подсистеме автоматической коррекции погрешностей.

Разновидностью ультразвукового импульсного метода является методика контроля прочности бетона с учетом частотных характеристик ультразвукового сигнала. Она предназначена для контроля прочности бетонов неизвестного состава без проведения предварительных тарировочных испытаний и без построения тарировочных кривых. При этой методике учитывают не только скорость распространения ультразвукового сигнала, но и свойства бетона как частотного фильтра, для чего измеряют значения первых двух полупериодов сигнала и амплитуды.

Таким образом, За счет его эффективности при производстве некоторых типов изделий последующий контроль ультразвукового типа

стал обязательным, для определения соответствия нормам качества. Основной принцип такого контроля заключается в том, что на тестируемое изделие отправляются излучения, после чего от него принимается отраженные звуковые колебания.

Все это делается на высокочастотном оборудовании, качество и технологичность которого позволяет минимизировать погрешности и свести их до минимума. Также стоит отметить, что обработка полученных данных полностью осуществляется на компьютере, что также позволяет создать более реальную картину всего происходящего.

Наши инженеры уделяют большое внимание решению задач:

- Расширение диапазонов измерения и повышения высокой точности работы во всех диапазонах, используя цифровую обработку сигналов, математические и статистические методы;
- снижению массы и габаритов приборов, используя современные материалы и оригинальные конструкторские решения;
- повышению продолжительности работы приборов входящих в систему без смены элементов питания, используя последние достижения электроники; каждый прибор комплектуется аккумуляторами большой ёмкости (2,1...2,7 А*ч) и зарядным устройством.

Для удобства выбора выпускаемые предприятием *приборы неразрушающего контроля* упорядочены по назначению.

Список использованной литературы

1. Белый Г. И. Причины снижения надежности и приближенная оценка ресурса строительных конструкций эксплуатируемых здания и сооружений // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 2. С. 264-264.

2. Оценка технического состояния эксплуатируемых строительных конструкций зданий и сооружений / Сморгачев А. А., Кереб С. А., Орлов Д. А., Барановская К. О. // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 7. С. 70-75.

3. Джонс Р., Фэкзоару И. Неразрушающие методы испытаний бетонов. М.: Стройиздат, 2011 г. 296 с.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ (САПР) ЦИФРОВОГО РЕНТГЕНОВСКОГО 3D МИКРОТОМОГРАФА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ

Баус С.С.

Томский политехнический университет

*Научный руководитель: Сырякин В.И., д.т.н., профессор, зав.
кафедрой «Управление качеством» факультета инновационных
технологий Томского государственного университета*

В наш век информационных технологий и всеобщей глобализации, когда каждая минута в жесткой конкурентной борьбе играет решающую роль в успешности разработки, необходимо разрабатывать и осваивать новые способы всестороннего ускорения технологической подготовки производства новых изделий. Эта задача в современных условиях решается путем разработки типовых технологических процессов, использования автоматизированных систем проектирования, а также их техническая и программная реализация, стандартной и обратимой оснастки, которая значительно ускорит и облегчит работу конструкторского отдела по разработке нового продукта.

Таким образом, *смысл процесса проектирования* в любой САПР независимо от объекта проектирования один и тот же: получить в соответствии с замыслом такую информационную модель, которая позволяет создать систему – оригинал, полностью соответствующую замыслу [3].

САПР должен иметь ряд признаков:

1. Объектно – ориентированное взаимодействие человека и ЭВМ.
2. Сквозная информационная поддержка на всех этапах обработки информации на основе интегрированной базы данных.
3. Безбумажный процесс обработки информации [4].
4. Интерактивный режим решения задач, выполняемый в режиме диалога пользователя и ЭВМ.

Так как САПР для рентгеновского микротомографа имеет вид программного продукта, то перед разработкой необходимо разработать и оценить основные метрики данного ПО. Метрики качества ПО, а также ее логической структуры регламентируются и оцениваются в соответствии со стандартом ISO/IEC 9126 [5].

Для облегчения выбора конструктивных параметров рентгеновского микротомографа был разработан элемент методики

реализации САПР, применение которой не зависит от области дальнейшего применения РМТ [1].

1. Выбрать тип РМТ в соответствии с техническим заданием.
2. Определить виды материалов, а также их возможные максимальные и возможные размеры, которые будут исследоваться на данном РМТ.
3. Выбрать приемник (рентгеновский детектор) и источник (рентгеновская трубка) излучения, исходя из требований по разрешению, точности, цветовым и яркостным характеристикам восстановленного изображения [1].
4. Рассчитать потребляемую мощность и максимальный потребляемый ток для составляющих РМТ.
5. Определить компоновку составляющих РМТ, спроектировать корпус и рассчитать параметры высоковольтного источника питания [1].
6. Разработать и рассчитать корпус РМТ в соответствии со строжайшими международными стандартами безопасности. Они соответствуют ROV от 18.6.2002 (<1 мкЗв/ч) для механизмов полной защиты, американским стандартам безопасности и защиты от радиации [3].

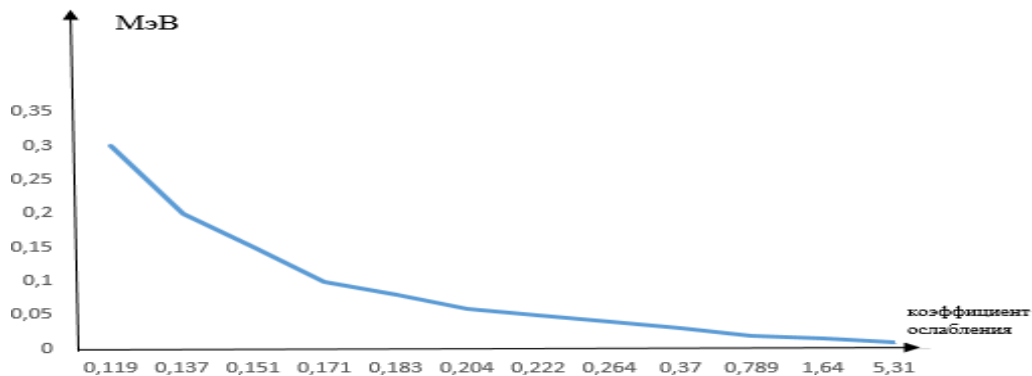


Рисунок 1 - Изменение коэффициента ослабления воды рентгеновского излучения от величины энергии МэВ

Основываясь на разработанной методологии построения системы автоматизированного проектирования для рентгеновских 3D микротомографов, а также математического аппарата, выраженного в математическом моделировании процесса, формулы интенсивности рентгеновского излучения и справочных таблиц, которые представляют значение коэффициента ослабления рентгеновского излучения, то можно рассчитать максимальную толщины просвечиваемого материала для определенного режима работы рентгеновской трубки (параметры напряжения и тока на аноде рентгеновской трубки):

$$I = I_0 \exp(-\mu x),$$

где \square и \square_0 – конечная и начальная интенсивности излучения соответственно; μ – полный линейный коэффициент ослабления; x – толщина слоя вещества [7].

В таблице 1 приведены данные о материалах и их толщинах, которые могут быть исследованы с помощью данной рентгеновской трубки, разработанные и рассчитаны в соответствии ГОСТ 20426-82 [10].

Таблица 1 - зависимость напряжения рентгеновской трубки от вида и толщины исследуемого материала при постоянном значении тока на аноде 80 мкА.

Толщина просвечиваемого сплава, мм, на основе							Напряжение на рентгеновской трубке, не выше, кВ
Железа	титана	алюминия	магния	кальция	кремния	кобальт	
0,036	0,1	0,72	1,38	0,34	0,62	0,029	20
0,25	0,72	5,54	10,6	2,56	4,78	0,2	40
1	2,9	19,2	34,8	10,4	17,3	0,81	60
2,2	6,1	32,8	56,2	21,2	30,9	1,78	80
3,76	10,1	44,4	72,9	34,7	43	3,04	100
6,3	16,3	55,6	89	53,7	55,5	5,23	120

На основании данной таблицы можно делать выводы о выборе диапазона исследуемых материалов, их толщины и параметров рентгеновской трубки.

В таблице 2 представлены результаты исследования расчетного времени проектирования рентгеновских систем у 10 различных специалистов, которые никак не связаны между собой. Данные значения были получены эмпирическим способом, а затем произведены необходимые расчеты.

Как видно из таблицы 2 трудозатраты (Тр.) дипломированного специалиста конструктора с опытом проектирования данных систем и без опыта снизились соответственно в 480 и 1080 раз. В итоге экономия времени и финансовых затрат на проектирования новых модификация данных систем.

Как видно из проведенных мероприятий, а также их сравнений, автоматизированное проектирование существенно ускорит процесс проектирования РМТ и снизит трудозатраты персонала. Данное заключение наглядно подтверждается расчетами и экономическими выгодами при использовании данного программного продукта.

Таблица 2 – обоснование эффективности внедрения данного ПО

Вид специалиста	Временные показатели испытуемых					Среднее время	Среднее время проектирования на ПО	Тр.
	1.	2	3.	4.	5.			
Дипломированный специалист связанный с проектиров. ЦРМТ	7 ч. 30 м.	8 ч. 12 м.	8 ч. 48 м.	7 ч.	8 ч. 30 м.	8 ч.	1 м.	480 раз
Дипломированный специалист конструктор	17 ч.	16 ч. 24 м.	19 ч. 6 м.	18 ч. 12 м.	19 ч. 15 м.	17 ч. 59 м.		1080 раз

В ходе разработки теоретической базы и программного решения была подана заявка на регистрацию ЭВМ и получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015618555 «САПР 3D PMT. Программное обеспечение системы автоматизированного проектирования рентгеновских 3D микротомографов» [11].

Таким образом, в данной статье были представлены основные понятия САПРа для рентгеновских способов исследования материала, логистическая структура, представлены основные признаки и критерии разработки и реализации для данных систем, а также эффективность внедрения данных систем на реальном производстве данных рентгенографических систем. Представлена методика написания элемента САПР, выраженная в пошаговом выполнении действий для проектирования данных систем.

Список информационных источников

1. Сырямкин В. И. Методология и принципы САПР цифрового рентгеновского 3D микротомографа для визуализации и изучения внутренней структуры органических и неорганических материалов / В. И. Сырямкин, С. С. Баус, С. А. Клестов // Высокие технологии в современной науке и технике: сб. науч. тр. / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 394 с.

2. Кулешов В.К. Практика радиографического контроля: учебное пособие. / В.К Кулешов, Ю. И. Сертаков, П. В Ефимов, В. Ф. Шумихин // Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2011. 288 с.

3. Богомолов Е. Н. Современные методы исследования материалов и нанотехнологий: лабораторный практикум / М. А. Бубенчиков, А. В. Осипов, В. И. Сырямкин и др. // Томск: Изд-во ТГУ, 2013. 410 с.
4. Назипов Р. А. Основы радиационного неразрушающего контроля: учеб.-метод. пособие для студентов физического факультета / Р. А. Назипов, А. С. Храмов., Л. Д. Зарипова // Казань : Изд-во КГУ, 2008. – 66 с.: ил.
5. Корсаков В.С. Автоматизация проектирования технологических процессов в машиностроении. М: Машиностроение, 1985. 304с ил.
6. Ройс У. Управление проектами по созданию программного обеспечения: М: Изд-во ЛОРИ, 2007.
7. Соснин Ф. Р. Радиационный контроль: справочник. М: Машиностроение, 2008.
8. Paolo Alto. Radiation Safety Manual [Text] / Paolo Alto // Environmental Health and Safety, Stanford University. – January 2015.
9. Горелик С. С., Расторгуев Л. Н., Скаков Ю. А. Рентгенографический и электроннооптический анализ. Изд-во «Металлургия», 1970, 2-е изд., с. 366.
10. Громов Е. П. Радиографические методы контроля. М: Машиностроение, 2002.
11. Баус С.С., Сырямкин В.И., Клестов С.А. САПР 3D РМТ. Программное обеспечение системы автоматизированного проектирования рентгеновских 3D микротомографов. РОСПАТЕНТ. Свидетельство №2015618555 от 12.08.2015. Правообладатель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (RU).

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОФИЛЯ ОБЪЕКТОВ И ИЗДЕЛИЙ

Бугаев Е. А.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Федоров Е. М., к.т.н., доцент кафедры
физических методов и приборов контроля качества*

Целью данной статьи является рассмотрение основных методов и средств контроля геометрических параметров профиля объектов и изделий, а также выявление наиболее лучшего метода для его дальнейшей практической реализации.

Основными приборами для контроля геометрических параметров профиля являются **профилографы** и **профилометры**. Данные приборы предназначены для измерения неровностей поверхности. Их отличие состоит в том, что профилограф выдает результат в графическом виде, а профилометр в виде множества значений. Также существуют приборы, объединяющие в себе оба этих свойства, называемые профилометры-профилографы. Впервые такие приборы появились в 30-х годах XX века. В то время единственным методом контроля был контактный метод.

Контактный профилометр имел датчик, оборудованный алмазной иглой. Алмазная игла перемещалась перпендикулярно контролируемой поверхности, а датчик генерировал сигналы, которые проходя через электронный усилитель обрабатывались и на выходе получался усреднённый параметр шероховатости поверхности. Принцип измерения шероховатости контактным методом показан на рисунке 1.

Метод ошупывания сводится к перемещению алмазной или сапфировой иглы 1 вдоль металлической поверхности 2. Игла 1 укрепляется в подвижной части 3 преобразователя и вводится в соприкосновение с испытуемой поверхностью под небольшим, по возможности постоянным давлением. При перемещении вдоль поверхности (в направлении стрелки б) игла, следуя за неровностями последней, смещается вдоль своей оси (в направлении стрелки а) на высоту шероховатости.

Индукционные профилометры предназначены для измерения чистоты поверхности с 5-го по 12-ый класс включительно. Профилометры данного типа состоят из подвижной катушки (закрепленной на ошупывающей игле), находящейся в магнитном поле. При перемещении датчика игла и катушка получают колебания в соответствии с профилем измеряемой поверхности. Пропорционально скорости колебания иглы в обмотке катушки возбуждается электродвижущая сила, которая затем усиливается. Усиленное напряжение интегрируется и подается на измерительный прибор, градуированный в единицах длины, показывающий среднее квадратическое значение подведенного напряжения, пропорциональное перемещению иглы.

Мехатронные профилометры. Механотрон – электровакуумный прибор, управление силой электронного или ионного тока в котором осуществляется непосредственно механическим перемещением его электродов. При перемещении алмазной иглы по контролируемой поверхности колебание иглы передаётся через щуп и мембрану на подвижный анод механотронного преобразователя, что вызывает

изменение выходного сигнала. Этот сигнал подаётся на электронный блок профилометра. Механотроны, обладая высокой чувствительностью и сравнительной простотой устройства, оказались недостаточно надёжными в работе и в последних моделях профилометров их стали заменять индуктивными преобразователями.

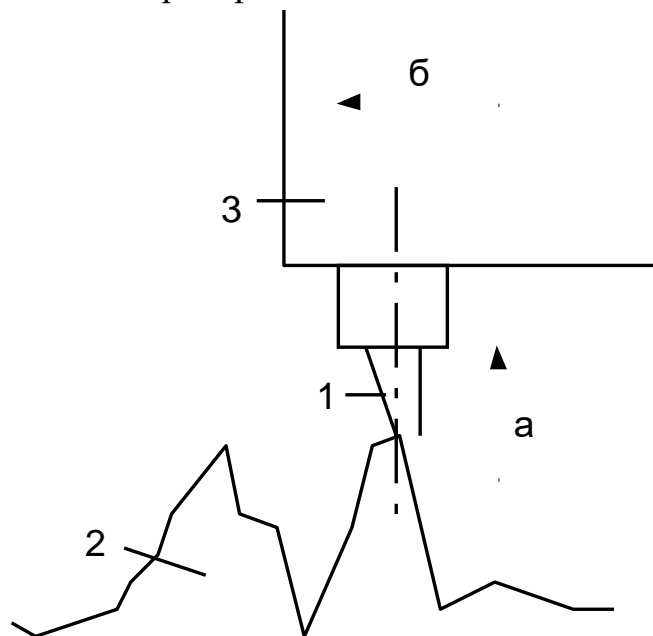


Рисунок 1 – Принцип измерения шероховатости контактным методом

Индуктивные профилометры. В процессе измерения преобразователь перемещается параллельно контролируемой поверхности. Алмазная игла, ощупывая неровности контролируемого изделия, вместе с якорем совершает колебания. Сигнал, снимаемый с катушек, зависит от зазора между сердечником и якорем, расположенным на плоской пружине, закреплённой в корпусе преобразователя. Выходные сигналы мостовой измерительной схемы поступают на трансформатор, а затем на АЦП.

Оптические профилометры. Принцип действия оптического профилометра (рис.2) заключается в том, что свет, излучаемый с источника, отражаясь от исследуемой и опорной поверхностей, образует интерференционную картину, которая затем регистрируется видеокамерой. Затем данные обрабатываются, и набор интерференционных картин преобразуется в карту уровней поверхности высокого разрешения.

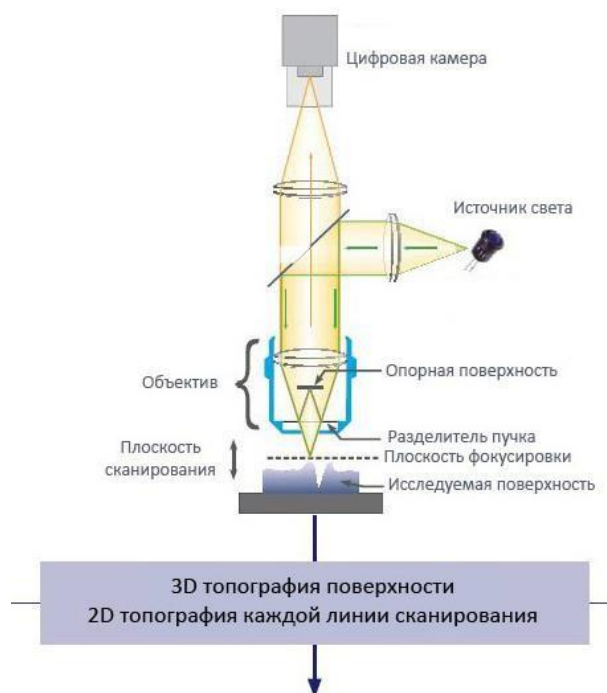


Рисунок 2 – Схема работы оптического профилометра

Лазерные триангуляционные профилометры. Лазерные профилометры предназначены для контроля профиля различных изделий бесконтактным способом, и передачи размерных координат профиля в компьютер или контроллер. Приборы используются на предприятиях машиностроения, ОАО «РЖД» в условиях производства и ремонта.

Измерительная система, построенная на базе профилометра, представляет собой автоматизированную систему, которая способна контролировать контурные размеры, профиль, взаиморасположение деталей, отклонение от плоскостности, распознавать объекты. Система состоит из набора профилометров, компьютера, системного контроллера и механизмов. Данные контроля обрабатываются в компьютере и передаются на удаленный диспетчерский пост. Схема работы лазерного профилометра изображена на рисунке 3.

В заключении, после рассмотрения основных методов контроля геометрических параметров профиля объектов и изделий можно сделать вывод, что наиболее лучшими методами являются бесконтактные, имеющие ряд преимуществ перед контактными методами контроля:

- Большая точность и большой диапазон измерений;
- Измерения могут быть проведены для любых поверхностей и в любых плоскостях;
- Высокая чувствительность

- Меньший износ деталей
- Простота автоматизации

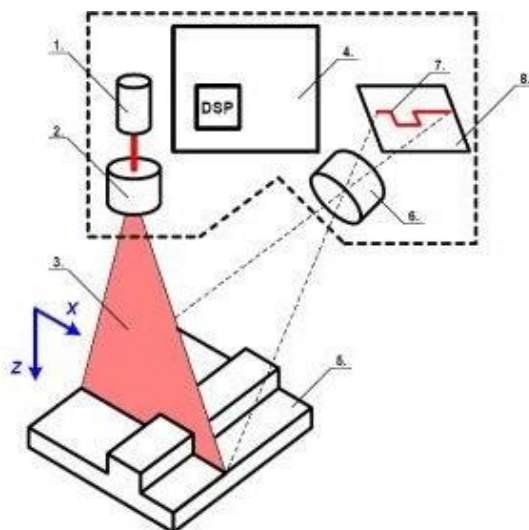


Рисунок 3 – Схема работы лазерного профилометра

- 1 – лазерный модуль; 2 – генератор линии; 3 – плоскость лазерного излучения; 4 – контроллер на базе сигнального процессора; 5 – контролируемый объект; 6 – оптическая система фотоприемника; 7 – изображение линии зондирующего лазерного излучения на фотоприемнике; 8 – матричный фотоприемник

Список информационных источников

1. Туричин А. М. Электрические измерения неэлектрических величин: Москва, Государственное энергетическое издание, 1970 г.
2. Марков Н. Н. Профилометр. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bse.sci-lib.com/article093714.html> 01.10.2015.
3. Анурьев В. И. Справочник конструктора машиностроителя. М. Машиностроение [Электронный ресурс]. - режим доступа: <http://mash-xxl.info/info/86226/> 01.10.2015.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОНТРОЛЯ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ СТАЛИ ПО СПЕКТРУ КВАЗИСТАТИЧЕСКИХ ПЕТЕЛЬ МАГНИТНОГО ГИСТЕРЕЗИСА

Ворона Р.С.

*Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень
Научный руководитель: Нерадовский Д.Ф., старший преподаватель
кафедры физики, методов контроля и диагностики*

В наши дни магнитные методы контроля имеют важное значение для решения задач в технической диагностике. Их применяют для диагностики магнитных материалов (поиска трещин, включений, определения напряжений, и определения механических свойств материалов). Параметрами контроля, как правило, являются коэрцитивная сила магнитоупругая память, магнитострикция остаточная намагниченность. Однако из-за неоднозначности трактовки результатов измерений могут быть сделаны неправильные выводы о контролируемом объекте. Поэтому разработка методов структуроскопии, основанных на анализе характеристик ферромагнетиков является актуальной задачей. Контроль таких материалов по петлям гистерезиса даёт массу информации, правильный анализ которой позволяет судить о состоянии материала. Применение Фурье-анализа при обработке петель гистерезиса позволяет связать изменение магнитных параметров с изменением структурных состояний. Что позволяет оценивать текущее состояние материала.

Целью работы является исследование возможности использования преимуществ гармонического анализа петель магнитного гистерезиса, полученных методом квазистатического перемагничивания.

Квазистатические петли гистерезиса ферромагнетиков можно снимать с помощью современных магнитометров (например, модель КРМ-Ц-МА). В такого рода приборах (как и в предлагаемой работе) ток намагничивания и размагничивания, а следовательно и напряженность поля, описывается некоторой пилообразной функцией. Это позволяет сделать замену $t = H/k$. Таким образом, можно получить представление петель аналогичное временному представлению, симметрично отображая нисходящую (верхнюю) ветвь каждой из петель относительно вертикальной прямой, проходящей через точку H_{\max} (рис. 1).

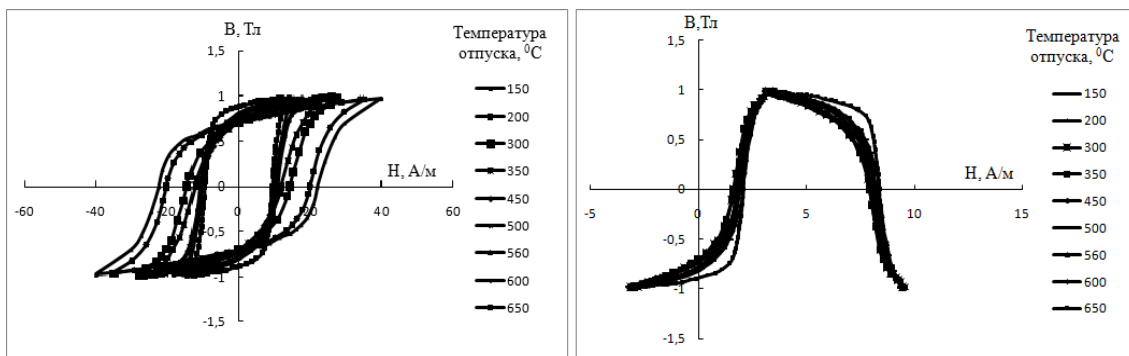


Рис.1. Петли гистерезиса стали 34ХН3М отпущенной при различных температурах: а) в исходном виде ; б) развернутые петли приведенные к периоду 2π

Полученные в результате зависимости, определяются периодическим сигналом с периодом равным 2π и которые могут быть разложены в ряд Фурье[1].

Зависимости амплитуд первой, третьей, пятой и седьмой гармоник приведены на рис. 2.

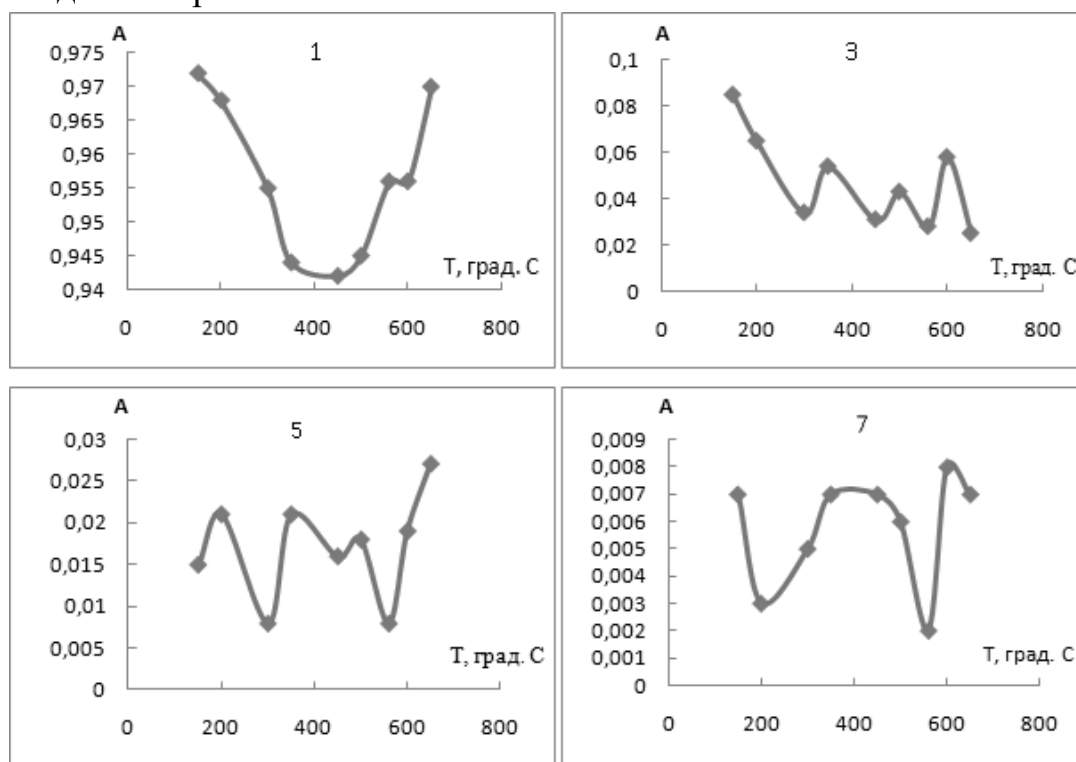


Рис 2. Зависимость амплитуд 1 – 7-й гармоник Фурье-спектра петли гистерезиса от температуры отпуска ферромагнетика

В работе [2] показано, что в диапазоне температур отпуска от 150°C до 250°C для стали 34ХН3М наблюдается изменение намагниченности насыщения, обусловленное процессом распада мартенсита, интенсивно протекающим при температуре около 200°C , и

продолжающимся при более высоких температурах заходящим в область температур 300 – 325⁰С, и одновременным процессом распада остаточного аустенита и снятием закалочных напряжений.

Такой отпуск сопровождается резким изменением структуры стали и соответственно им изменением физических свойств, которые можно рассмотреть на примере коэрцитивной силы и твердости, зависимости для которых приведены на рисунке 3:

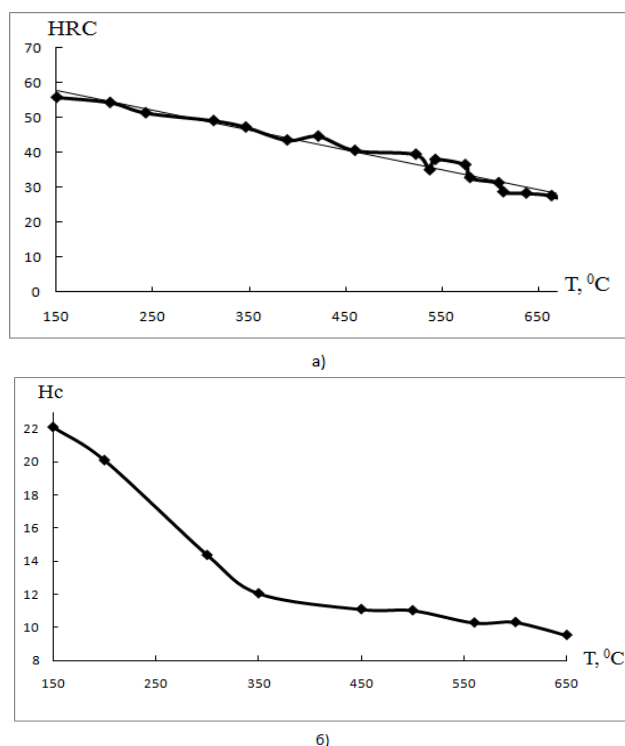


Рисунок 3. — Величина твердости и коэрцитивной силы для стали 34ХНЗМ отпущенной при различных температурах: а) твердости; б) коэрцитивной силы

Из приведенного графика для амплитуд 1, 3, 7-й гармоник, можно заметить, что соответствующие им амплитуды существенно убывают в данном диапазоне температур. Сравнивая зависимости амплитуд гармоник и величины коэрцитивной силы, и твердости от температуры отпуска можно заметить корреляционную зависимость между их величинами.

При дальнейшем повышении температуры отпуска в диапазоне 250 – 450⁰С происходит распад мартенсита на цементит и феррит сопровождающийся уменьшением закалочных напряжений, происходит рост карбидных частиц, форма их начинает приближаться к равноосной. Искажения решетки твердого раствора снижаются. Закономерная

ориентировка решеток α – фазы и цементита сохраняется до температуры 650 – 680 °С. В этом диапазоне происходит рост амплитуд 3-й, 5-й, 7-й гармоник, а также замедление падения величины коэрцитивной силы.

В интервале температур 450 – 650 °С происходит рекристаллизация матрицы, легирование цементита карбидообразующими химическими элементами, очищение решетки α –Fe от углерода и коагуляция карбидных частиц, т.е. растворение мелких карбидных частиц и рост более крупных, происходит снижение пластических свойств и ударной вязкости, что объясняется дроблением блоков α – фазы. Эти процессы взаимосвязаны и ведут к росту среднего размера частиц. При температурах 550 – 600 °С имеет место растворение карбидов из-за повышения предела растворимости углерод в α – Fe , происходит снятие напряжений, обусловленное завершением процесса измельчения блоков, а, следовательно, и устранение искажений решётки вызванных их связанностью. На графиках этому соответствует падение амплитуды 5й и 7й гармоник, а также дальнейшее падение величины твердости и коэрцитивной силы.

В интервале температур 350 – 550 °С может происходить коагуляция и сфероизация карбидных частиц связанные с повышением температуры или продолжительности отпуска. Пик дисперсионных напряжений обусловленный обособлением кристаллов карбидов от твердого раствора приходится на диапазон 400 – 500 °С.

В результате можно говорить о том, что представленные результаты отражают чувствительность гармонических составляющих к структурным изменениям в стали и соответствующим им изменениям твердости и коэрцитивной силы, а именно снятие напряжений, выделение карбидов их изменения в результате увеличения температуры отпуска, что может служить дополнительным средством неразрушающего контроля структурных изменений в сталях.

Список используемых источников

1.Белашов В.Ю. Эффективные алгоритмы и программы вычислительной математики: Учебное пособие/., В.Ю. Белашов, Чернова Н.М; СВКНИИ ДВО РАН, 1997. — 160 с. Бида Г.В., Горкунов Э.С., Шевнин В.М. Магнитный контроль механических свойств проката. Изд-во УрО РАН. 2002. 252 с.

2. Михеев М.Н., Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля: справочник/ М.Н. Михеев, Горкунов Э.С.; Наука. 1993.- 252 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЕРТИЗЫ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Гусева Е.И.

Омский государственный технический университет, г. Омск

Основной областью применения смазочных материалов является автомобильный транспорт. Постоянное совершенствование техники, а также неуклонное увеличение количества автомобилей ведет к росту потребности в высококачественных смазочных материалах. Для обеспечения необходимой долговечности автомобилей нужно не только правильно подбирать моторные масла, но и рационально использовать их в процессе эксплуатации.

Исследования моторных масел проводились в лабораторных условиях с помощью вискозиметра, титратора Штабингера и комплексного аналитического центра OSA. Периодически брали из картера двигателя по несколько проб каждого вида масла в объеме 0,2 литра. Проводили полную экспертизу моторных масел для определения качества работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС).

Одним из важнейших критериев исследования были *вязкостно-температурные характеристики*. Были выявлены основные причины изменения вязкости моторных масел в процессе работы ДВС. Для всесезонного масла SAE 10W-40 допускается диапазон вязкости при 100 °С от 12,4 до 16,3 сСт. Для проведения исследования использовались 3 пробы марки SAE 10W-40, взятые из картера погрузчика с различным временем эксплуатации. Как видно на рисунке 1 вязкость пробы № 3, дольше всех находящейся в эксплуатации, составляет 10,94 сСт при 100 °С. Причины уменьшения вязкости являются разбавление топливом, попадание хладагента и разбавление растворителями.

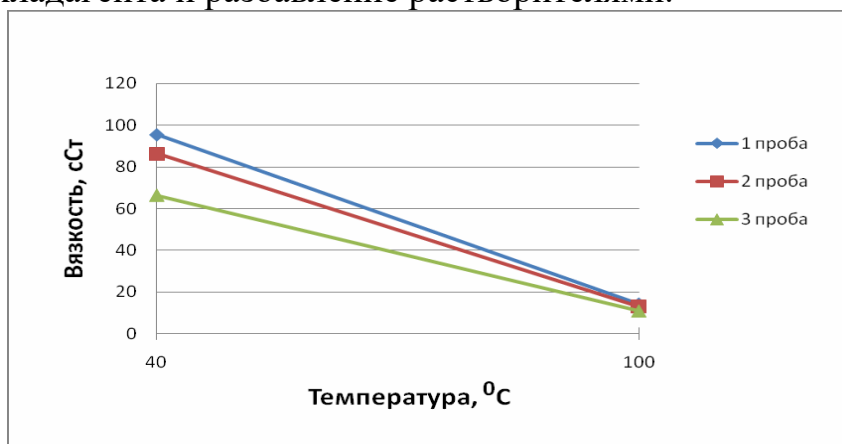


Рис. 1. Результаты вязкости масла SAE 10W-40

Вязкость масла этой же марки, взятая из фронтального погрузчика, составляет 81,48 сСт при 100 °С. Причины увеличения являются попадание воды, воздуха или антифриза. Эти изменения вязкости можно устранять путем диагностики и ремонта на станциях технического обслуживания (рис. 2).

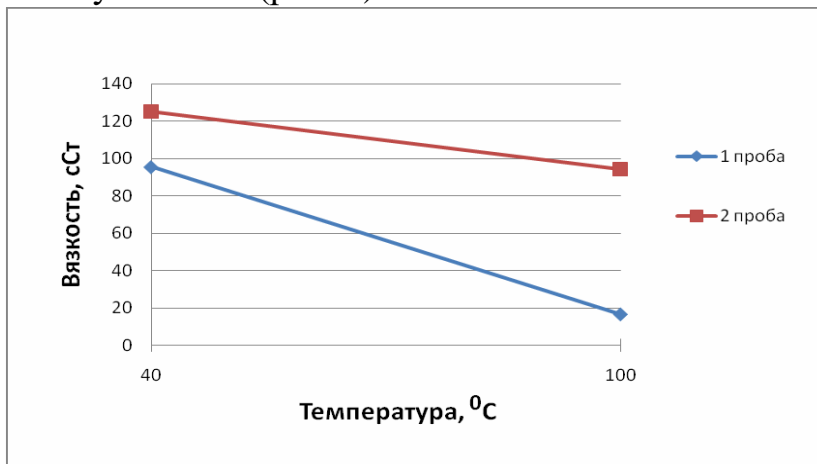


Рис.2. Результаты вязкости масла SAE 10W-40

Исследования моторного масла М8ДМ (взятое из картера автоцистерны КамАЗа 43-114) на щелочное и кислотное числа проводились с помощью комплексного аналитического центра OSA и титратора.

Кислотное число характеризует наличие в моторных маслах продуктов окисления, которые вызывают коррозионную агрессивность масла. Чем меньше его абсолютное значение, тем лучше условия работы масла в двигателе и тем больше его остаточный ресурс. Щелочное число в моторном масле определяет сохранения моющих свойств, способность к нейтрализации кислот и подавления процессов коррозии.

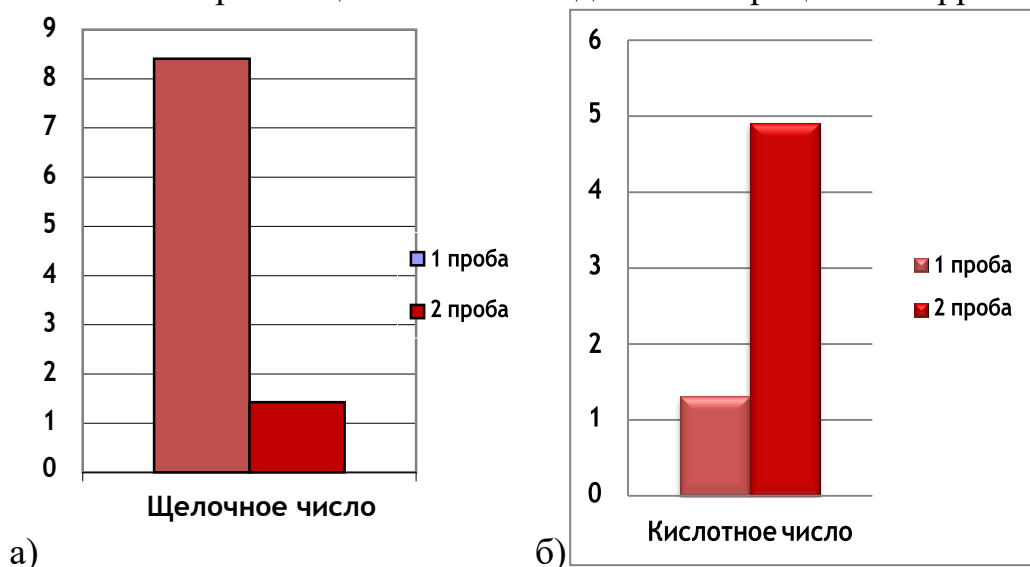


Рис.3. Показатели щелочного и кислотного чисел

Для масла М8ДМ предельно допустимое значение щелочного и кислотного чисел составляет 4,21 мг КОН/г. При исследовании пробы масла М8ДМ выяснили, что сильно снижено щелочное число (1,43 мг КОН/г) и увеличено кислотное (4,9 мг КОН/г) (рис. 3). Основной причиной увеличения кислотного и уменьшения щелочного чисел – это попадание в картер серосодержащих газов и окисление базового масла из-за повышения температуры.

Также выявлены причины накопления различных *загрязнителей* (сажа, пыль, вода и т.д.) в исследованных пробах всесезонного масла SAE 15W40, взятое из картера грузового автомобиля модели КамАЗ-65116 (табл. 1). Накопление сажи приводит к изменению цвета и быстрому забиванию фильтров компонентов масла и рециркуляции картерных газов.

Вода — почти вечный спутник моторного масла. Она всегда присутствует в том или ином количестве и появляется она там из воздуха. Из-за продолжительной работы двигателя на холостом ходу происходит конденсация воды в блоке цилиндров, что приводит к снижению щелочного числа и коррозионному воздействию на поверхности и т.д.

Этиленгликоль окисляется, образуя агрессивные кислоты. Эти кислоты вызывают быстрое падение щелочного числа масла, из-за чего образуется незащищенная агрессивная среда и происходит окисление базового масла.

Таблица 1. Содержание загрязнителей в моторном масле

Индикаторы загрязнения	1 проба	2 проба	ПДЗ
ИК-спектр: вода, %	0	4,1	0,5 max
ИК-спектр: гликоль, %	0	5,2	-
ИК-спектр: топливо, %	0	0	5 max
Сажа, %	0	5,3	3 max

Также в исследуемых пробах масла SAE 15W40 было обнаружено высокое накопление *продуктов* (железо, хром, свинец и т.д.) *абразивного износа деталей* вследствие попадания пыли в систему питания двигателя. Рекомендуется проверить исправность воздушных фильтров.

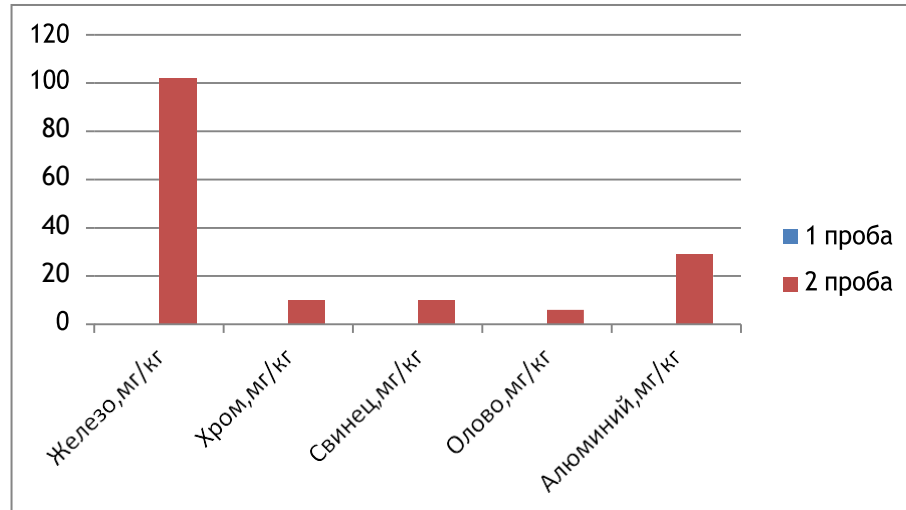


Рис.4. Содержание элементов износа в моторном масле

Основными показателями качества моторных масел являются вязкость, щелочное и кислотное числа, загрязненность. При достижении предельно допустимого значения данными показателями двигатель изнашивается быстрее, а также возможна аварийная остановка.

Проведенные исследования позволяют оперативно отслеживать динамику изменения показателей качества моторных масел.

Для обеспечения необходимого срока работы автомобильного транспорта помимо правильного подбора моторного масла требуется, как положено, эксплуатировать его.

Список используемых источников

1. Агапова В.И., Бутюгин В.К. Экспресс-методы оценки качества работающих моторных масел. В кн.: Науч.-техн. прогресс в обл. разраб. и применения автомоб. топлив и масел. – М., 1988. – 168 с.

2. Быстрицкая А. П. Экспресс-оценка качества работающих масел / А. П. Быстрицкая, А. Н. Петрищев // Тракторы и автомобили. 1995. №12. – 25 с.

3. Григорьев М.А., Бунаков Б.М., Долецкий В.А. Качество моторного масла и надежность двигателей. М.: Издательство стандартов, 1981. – 232 с.

4. Лышко Г.П. Топливо и смазочные материалы. М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.

5. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Справочник / И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А. Бнатов и др., Под ред. В.М. Школьников. Изд. 2-е перераб. и доп. – М Издательский центр «Техинформ», 1999. – 596 с.

ОЧИСТКА РАБОТАЮЩЕГО МОТОРНОГО МАСЛА ОТ ПРОДУКТОВ СТАРЕНИЯ

Гусева Е.И., Федоренко А.А.

Омский государственный технический университет, г. Омск

Работающее моторное масло постоянно изменяется под воздействием различных факторов - высокой температуры, окисляющей среды, внешних загрязнений, катализаторов и др.

Не представляется возможным детально изучить и проследить все многообразие и многостадийные превращения всех составных частей исходного масла. Поэтому обычно всю совокупность процессов старения дизельных масел, работающих в смазочных системах дизелей, условно делят на несколько основных интегрально оцениваемых процессов. К ним относятся: окисление; термическое или термоокислительное разложение углеводородов, составляющих основу масла; загрязнение продуктами сгорания топлива и масла, пылью, продуктами износа; расход присадок или истощение их действия вследствие нейтрализации неорганических кислот, термического разложения, уноса из работающего масла в отложения на масляных фильтрах и т.п. [1].

Существующие способы и средства очистки масел не позволяют вместе с механическими примесями удалять продукты старения, что ставит вопрос о необходимости разработки новых способов воздействия на работающее масло в разряд особо актуальных. Его решение создаст основу для разработки высокоэффективных технологических процессов восстановления свойств работающих моторных масел, продления сроков их службы и повышения надежности работы техники [3].

Разработанные методы и технологии направлены на решение задач удаления из масел механических примесей и воды. Существующие способы очистки масел различного рода центрифугами и фильтрами не позволяют удалять продукты окисления и смолы, которые снижают работоспособность моюще-диспергирующих, противоизносных и антиокислительных присадок, тем самым уменьшаются сроки эффективной работы смазочного материала [3].

Достижения в области очистки отработанных масел позволяют приблизиться к решению поставленных задач удаления продуктов старения, однако значительная разница составов и свойств отработанных и работающих масел не позволяют в полной мере воспользоваться известными научными разработками.

Уровень эксплуатационных свойств масел можно повысить, используя дисперсанты, которые снижают или предотвращают образование осадков. Также эксплуатационные свойства масел можно значительно повысить, обработав их ультразвуком. Объясняется это тем, что образуется тонкодисперсный коллоидный раствор металлосодержащей присадки в масле, в результате чего присадка в меньшей степени выпадает в осадок и большее время сохраняет свою работоспособность [2].

Уменьшить износ деталей двигателя на 15-20 % можно с помощью магнитной очистки в системе смазки и в сливной пробке картера, что позволяет практически полностью удалить из масла продукты износа (железо), наличие которых повышается интенсивность износа трущихся деталей [2].

Наиболее сложным технологическим процессом восстановления свойств работающих масел является дозированный ввод щелочных и антиокислительных присадок. Однако передозировка может негативно сказаться как на эксплуатационных свойствах масел, так и двигателя [2].

В результате анализа методов и способов продления сроков службы работающих моторных масел установлено, что основными и наиболее эффективными технологиями является очистка масел от механических примесей и введение в работающее масло присадок. Однако удаление механических примесей из работающих масел позволяет только в незначительной степени продлить срок службы масла и в основном рассчитано на снижение износа деталей цилиндропоршневой группы. Продукты окисления масла в результате его очистки всевозможными центрифугами и фильтрами остаются в работающем масле и интенсифицируют процесс старения, не смотря на долив свежего масла, снижаются сроки его службы.

Список информационных источников

1. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости [Текст]: учебное пособие/В.В. Остриков, А.П. Уханов, К.У. Сафаров, С.А. Нагорнов, О.А. Клейменов, В.Д. Прохоренков. - Ульяновск, 2009. — 575 с.
2. Остриков В.В. Смазочные материалы и контроль их качества в АПК [Текст]/Остриков В.В., Клейменов О.А., Баутин В.М.—М.: Росинформатех, 2003. — 172 с.
3. Филатов П.Г. и др. Влияние состава механических примесей, находящихся в масле, на износ двигателей // Автомобильная промышленность. – 1981, №3 – 8 с.

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ МОЛНИЕЙ НА СТАДИОНЕ «ТРУД» ГОРОДА ТОМСКА

Деренок А.Д.¹, Литов В.А.²

¹СОШ №4, г. Томск

*Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда*

²СОШ №40, г. Томск

Научный руководитель: Чулков Н.А., к.т.н., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности

Жуткая трагедия произошла в одном из районов Самарской области. От удара молнии прямо во время футбольного матча погиб нападающий Евгений Кирсанов (1986 года рождения), его одноклубника Михаила Гвоздева в тяжелейшем состоянии доставили в больницу.

Во время игры начался сильный дождь с громом. Но "матч состоится в любую погоду" - к этим правилам привыкли и команды, и болельщики. Футболисты посчитали: непогода не станет помехой, и игру продолжили. Однако исход матча оказался шокирующим. Шел уже второй тайм, Михаил Гвоздев должен был замениться, Евгений Кирсанов стоял у бровки. Первый и единственный разряд молнии попал между ребятами.

Никто толком не понял, что произошло, но игра сразу же была остановлена. Все сначала подумали, что игроки испугались или их оглушило ударом, оказалось - все намного страшнее. Кирсанов погиб мгновенно. Михаил Гвоздев перенес состояние клинической смерти, но остался в живых. Сразу после трагедии его доставили в сергиевскую больницу. В три часа ночи без сознания Гвоздева перевезли в реанимацию больницы им. Калинина. Врачи оценивают его состояние как крайне тяжелое.

На стадионе есть громоотводы. Но, как показала трагедия, - от удара стихии не спасет никакая оборона.

Это далеко не первый случай, когда жертвами разбушевавшейся стихии становятся кудесники мяча. Два десятка игроков и судьи на открытой местности - слишком привлекательная мишень для молнии. В июле 2002 года она поразила семерых участников футбольного матча, проходившего на стадионе шахты "Юбилейная" в Павлограде. Двое игроков были убиты на месте, еще двоих доставили в центральную городскую больницу в тяжелейшем состоянии.

Несколькими днями ранее молния поразила футболистов в Таиланде. Удар молнии при грозе, разразившийся во время студенческого футбольного матча, убил одного студента и тяжело ранил еще 14 игроков.

А в апреле 2002 года футболистов настигла молния в Австралии. Она ударила в футбольное поле прямо во время матча. Произошел этот неприятный эпизод в пригороде Мельбурна. Серьезных ожогов не получил никто, так как напрямую молния никого не поразила. Однако имеются повреждения нижних конечностей у игроков, почти все из которых были моложе двадцати лет.

Один из самых страшных инцидентов произошел в Гватемале. Два игрока погибли, десять получили сильные ожоги из-за вспышки молнии, ударившей по футбольному стадиону Чикимулильи. Во втором тайме матча игра была прервана из-за грозы, но вскоре после того, как судейский состав решил продолжить встречу, молния ударила по железному ограждению, окружавшему поле, сбив всех находившихся там на землю. Ограждение создало кольцо электрического заряда, которое за считанные секунды сожгло дюжину игроков, тренеров и судей. Находившиеся на трибунах остались в целости и сохранности.

32-летний ветеран колумбийского футбола Эрман Гавирья был убит ударом молнии во время тренировки команды "Депортиво" (Кали). Еще четыре игрока были госпитализированы с травмами различной степени тяжести. Один из них, по словам врачей, пережил несколько сердечных приступов и чудом остался жив. Во время разминки команды началась гроза, и после очередной вспышки четверо игроков на поле упали на землю без сознания. Молния сначала ударила в штангу ворот и только затем в поле, где находились игроки.

Поражение людей происходит при непосредственном попадании в них молнии; прикосновении к элементам здания или оборудования, в которых протекает ток молнии или на которых появляется высокий потенциал; при воздействии шагового напряжения в результате растекания тока молнии через заземлитель или пораженный соседний объект через землю.

Воздействия молнии имеет довольно широкий диапазон и зависит от климатических факторов и рельефа. Воздействия молнии подразделяются на две основные группы: первичные, инициированные прямым ударом молнии, и вторичные, вызываемые электромагнитной и электростатической индукцией и заносом высоких потенциалов в объект протяженными металлическими коммуникациями. Прямой удар молнии создает термические, механические и электрические воздействия. Термические воздействия связаны с резким выделением теплоты при

прямом контакте канала молнии с содержимым пораженного объекта и при протекании через объект тока молнии. Ток от прямого удара молнии может вызвать недопустимый по пожаробезопасности нагрев проводника, а при малом сечении даже расплавить или испарить его. Не рекомендуется применять в устройствах молниезащиты стальные и медные провода сечением менее 30 и 16 мм² соответственно.

Контакт некоторых негорючих материалов и материалов с высоким электрическим удельным сопротивлением (камень, кирпич, бетон, дерево) с каналом молнии вызывает резкое паро- и газообразование в них. Давление в образовавшемся канале резко растет, происходит взрыв или расщепление конструкции, например кирпичной кладки, деревянных опор и даже железобетонных устройств, где нет хорошего контакта между элементами арматуры. Это вынуждает защищать бетонные сооружения со слабым армированием или без него от прямого удара молнии

Использование тех или иных методов для защиты зданий от разряда молнии производится в строгом соответствии с их классификацией в части устройства молниезащиты. В Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений [1] объекты разделены на три категории, различающиеся по тяжести возможных последствий поражения молнией.

К третьей категории относятся например: здания и сооружения III, IIIa, IV и V степени огнестойкости, в которых отсутствуют помещения, относящиеся к взрыво- и пожароопасным. Сюда же входят: наземные и заглубленные резервуары для хранения горючих жидкостей с температурой вспышки выше 45°C; продуктово-насосные станции. Известно, что поле томского стадиона «Труд» имеет подогрев, в котором в качестве теплоносителя используется горючая жидкость.

Имеющиеся на стадионе четыре мачты освещения могут обеспечить защиту от поражения молнией. Их можно рассматривать как двойной молниеотвод, когда расстояние между стержневыми молниеприемниками L не превышает предельной величины L_{\max} [2].

Конфигурация вертикальных и горизонтальных сечений стандартных зон защиты двойного стержневого молниеотвода (высотой h и расстоянием L между молниеотводами) представлена на рис. 1.

Построение внешних областей зон двойного молниеотвода (полуконусов с габаритами h_0 , r_0) производится по формулам для одиночных стержневых молниеотводов. Размеры внутренних областей определяются параметрами h_0 и h_c , первый из которых задает максимальную высоту зоны непосредственно у молниеотводов, а второй - минимальную высоту зоны посередине между молниеотводами. При расстоянии между молниеотводами $L \leq L_c$ граница зоны не имеет провеса ($h_c = h_0$).

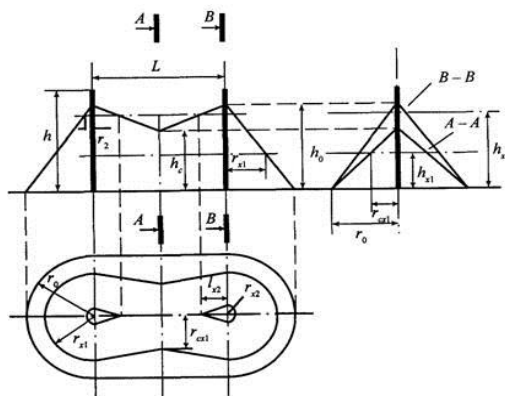


Рис. 1. Зона защиты двойного стержневого молниеотвода

Входящие в него предельные расстояния L_{\max} и L_c вычисляются по эмпирическим формулам, пригодным для молниеотводов высотой до 150 м.

Таким образом, рассчитанный уровень надежности защиты стадиона «Труд» составит 0,9 для молниеотводов представленных мачтами освещения до 30 м.

Список используемых источников

1. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций СО 153-34.21.122-2003.

2. Безопасность жизнедеятельности: методические указания к формированию проектных (инженерных) решений по производственной санитарии в разделе «Безопасность и экологичность дипломного проекта (работы)» для студентов, специализирующихся по направлениям: прикладная математика и информатика, автоматизация и управление, электроника и микроэлектроника, электротехника, электромеханика и электротехнологии, приборостроение, электроэнергетика, оплотехника, информатика и вычислительная техника / Томский политехнический университет ; сост. В. Ф. Панин, В. Д. Федосова, Н. А. Чулков. — Томск: Изд-во ТПУ, 1993. — 26 с.: ил. — Библиогр.: с. 22-25.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ДТП В ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Долговых К.С.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Чулков Н.А., к.т.н., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности

Технология АСР зависит от множества различных факторов, поэтому в каждом конкретном случае необходимо учитывать: количество и расположение попавших в ДТП ТС, типы их конструкций, степень их повреждений, количество пострадавших, состояние и виды полученных ими травм, возможность скорейшего доступа к ним, наиболее предпочтительный путь их извлечения и другие факторы, способные осложнить проведение АСР. Решение о способе и направлении извлечения пострадавшего принимается совместно бригадой СМП и спасателями.

Если пострадавший в сознании, необходимо установить с ним контакт, постоянно поддерживая разговор, ободряя и справляясь о его самочувствии в течение проведения всей спасательной операции. Если пострадавший без сознания, необходимо убедиться в наличии жизненных функций (дыхание и пульс). После чего провести первичный осмотр и подготовить пострадавшего к извлечению:

- накрыть острые части деталей корпуса ТС защитными чехлами на острые кромки или брезентовым материалом;
- остановить угрожающее жизни кровотечение;
- осмотреть область шеи на предмет видимых повреждений;
- снять украшения, если это необходимо (ожерелья, серьги и т.п.);
- надеть шейный корсет, для фиксации шейных позвонков, сохраняя шею на средней линии тела;
- подвести под спину медицинское извлекающее устройство;
- определить места зажатия частей тела пострадавшего и стратегию их освобождения.

В зависимости от реальной обстановки [1] извлечение пострадавшего из аварийного ТС производится двумя вариантами:

• Немедленное извлечение:

- если существует опасность для команды спасателей или пострадавшего (например, пожар, затопление, разлив АХОВ и т. п.);
- если состояние пациента резко ухудшается;

- если жизненные функции (дыхание и пульс) у пострадавшего не проявляются.

Решение на немедленное извлечение пострадавшего принимается бригадой СМП или врачом-специалистом, прибывшим на место ДТП, а в их отсутствии или при явной угрозе гибели пострадавшего от вторичных поражающих факторов, решение может быть принято руководителем работ.

•Контролируемое извлечение:

контролируемое извлечение является наиболее щадящим для пострадавшего, и при отсутствии угрожающих факторов ему всегда отдается предпочтение.

С целью снижения числа погибших в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП), своевременному оказанию первой само- и взаимопомощи участниками дорожных происшествий в 2009 году утвержден новый состав аптечки первой помощи (автомобильной).

На территории Томской области [2] продолжительный период низких наружных температур, поэтому часто спасатели вынуждены проводить термоизоляцию при холодовой травме. К сожалению, в перечне аптечки первой помощи (автомобильной) не предусматривается штатных устройств для проведения такой помощи и спасатели выезжая на место ДТП в холодный период вынуждены комплектовать средства спасения из запасов Томской областной поисково-спасательной службы.

Список используемых источников

1. Руководство по ведению аварийно-спасательных работ при ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий с комплектом «Типовых технологических карт разборки транспортных средств, деблокирования и извлечения пострадавших при ликвидации последствий ДТП» (МЧС России, Научно-техническое управление (НТУ)) Москва, 2012г. 261 стр.

2. Данные о Томской областной поисково-спасательной службе. [Электронный ресурс] – свободный режим доступа: <http://pss.tomsk.ru/>.

ПРИМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ

Долматов Д.О., Седнев Д.А.

Томский политехнический университет, г. Томск

Одной из тенденций развития неразрушающего ультразвукового контроля является разработка и внедрение средств визуализации результатов, что позволяет определить положение, размеры и форму дефектов и делает возможным определить их реальную опасность.

Для реконструкции результатов ультразвукового контроля наибольшее распространение получил метод синтезированной апертуры (Synthetic aperture Focus Technique), основанный на расчетах во временной области. Главным недостатком данного метода является необходимость проведения большого количества вычислений, что приводит к снижению скорости проведения контроля. Этот недостаток особенно критичен в случае необходимости обработки большого количества информации, например, при использовании в неразрушающем ультразвуковом контроле фазированных антенных решеток. Фазированные антенные решетки представляют собой набор пьезоэлектронных преобразователей, смонтированных в одном корпусе и использующие принцип поочередного испускания каждым элементом ультразвуковой волны. Отражаясь, эти волны, регистрируются всеми элементами антенной решетки, которые затем используются для реконструкции области контроля. Преимуществами применения антенных фазированных решеток по сравнению с традиционным ультразвуковым контролем заключается в исключении человеческого фактора и увеличении скорости проведения проверки, что достигается путем автоматизации процесса [1]. Увеличение скорости проведения контроля является одним из важнейших направлений совершенствования метода фазированных антенных решеток.

Подходом, позволяющим значительно сократить время визуализации результатов контроля, является частотный метод. В англоязычной литературе такой метод получил название f-k алгоритмов [2] или wavenumber algorithms [3].

Данный алгоритм состоит из трех этапов:

- 1 Преобразование Фурье сигналов;
- 2 Интерполяция Штольца;
- 3 Обратное преобразование Фурье.

Рассмотрим один такт работы антенной фазированной решетки, при котором один элемент является источником ультразвука, а все

элементы решетки регистрируют отраженный сигнал. Исходными данными для осуществления визуализации результатов контроля, является акустическое поле зарегистрированное преобразователями, которое можно обозначить как $p(t, x, z = 0)$. Осуществляется двумерное преобразование Фурье:

$$P(f, k_x, z = 0) = \int \int_{-\infty}^{+\infty} p(t, x, z = 0) e^{i(k_x x - ft)} dx dt \quad (1)$$

Следующий шаг - это интерполяция Штольца (Stolt interpolation), заключающаяся в переходе от частоты, обозначенной в формуле 5 как f к составляющей волнового числа k_z [4]. Данные величины связаны следующим соотношением:

$$k_z^2 = \frac{f^2}{c^2} - k_x^2 \quad (2)$$

где: \hat{c} - половина скорости звука в среде. Такой подход применяется для адаптации данного метода к решению задач в ультразвуковом контроле.

Тогда применяя обратное двумерное преобразование Фурье, с учетом формулы 6 получаем:

$$p(t = 0, x, z) = \int \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\hat{c} k_z}{\sqrt{k_x^2 + k_z^2}} P(f, k_x, z = 0) e^{2i\pi(k_x x - k_z z)} dk_x dk_z \quad (3)$$

На завершающем этапе изображения для каждого из тактов складываются:

$$I(x, z) = \sum_{i=1}^N p_i(t = 0, x, z) \quad (4)$$

Рассмотренный алгоритм был реализован с помощью сертифицированного программного пакета Matlab. Для исследования возможностей метода была произведена симуляция измерений методом фазированной антенной решетки с помощью программы Field II [5][6]. Фазированная антенная решетка состояла из 64 элементов, ширина каждого элемента 0.53 мм, расстояние между элементами 0.1 мм. Элементы фазированной антенной решетки генерировали синусоидную волну с частотой 6.25 МГц. Частота оцифровки – 25 МГц. Материалом контроля являлась сталь, скорость продольных волн которой была выбрана 5900 м/с. Расположение дефектов в симуляции представлено на рисунке 1.

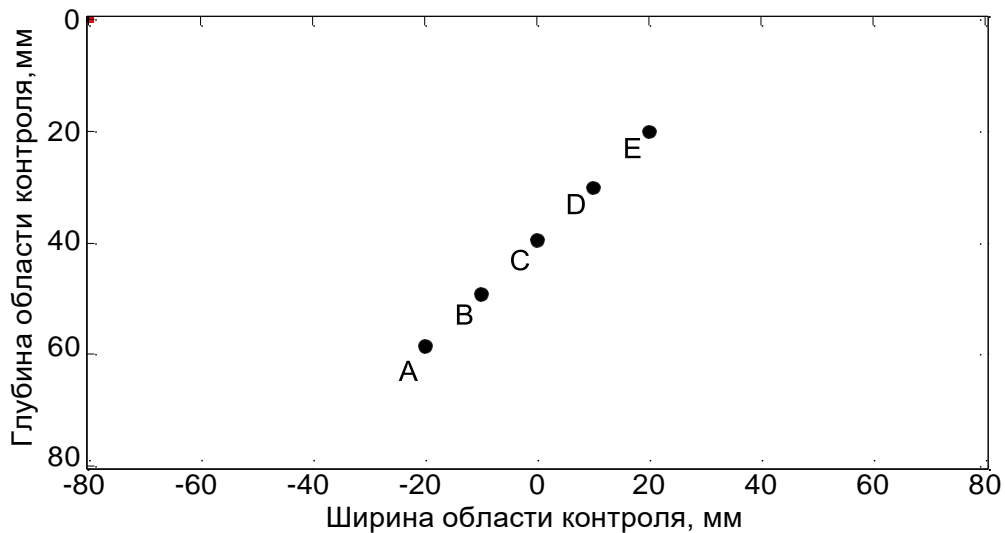


Рисунок 1. Расположение дефектов при симуляции

Были выбраны следующие координаты дефектов (в миллиметрах): A(-20,60), B(-10,50), A(0,40), A(10,30), A(20,20), при этом в точке (0,0) размещена середина фазированной антенной решетки. Результат симуляций представлен на рисунке 2.

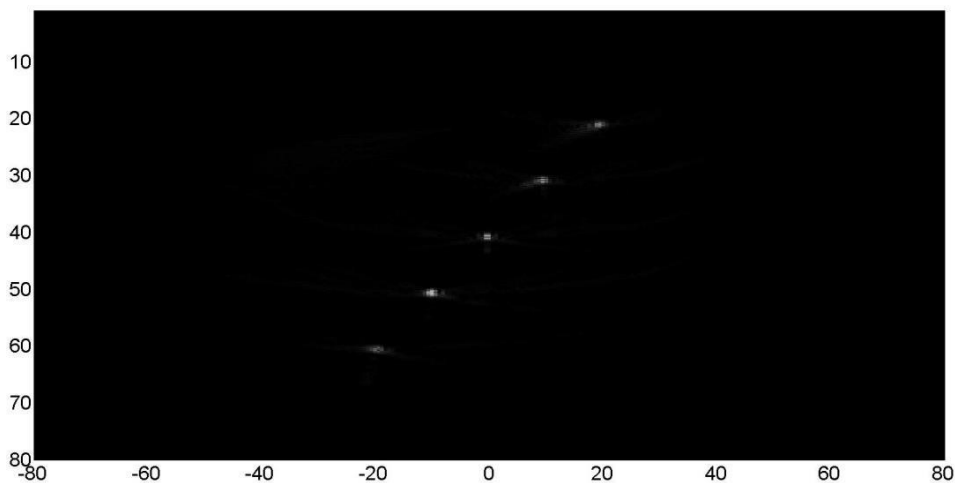


Рисунок 2. Результат симуляции ультразвукового контроля с применением частотного метода

Полученные результаты демонстрируют целесообразность дальнейшего исследования возможностей частотного метода для применения в ультразвуковом контроле с использованием фазированных антенных решеток. Для большей практической значимости данного метода он должен быть адаптирован для ультразвукового контроля анизотропных материалов и материалов, обладающих сложной геометрией.

Выполнено при финансовой поддержке Государственного задания «Наука» в рамках научного проекта № 1524, тема 0.1325.2014.

Список информационных источников

1. Bulavinov, A., Joneit, D., Kröning, M., Bernus, L., Dalichow, M. H., & Reddy, K. M. (2006). Sampling phased array a new technique for signal processing and ultrasonic imaging. Berlin, ECNDT.
2. Garcia, D., Tarnec, L. L., Muth, S., Montagnon, E., Porée, J., & Cloutier, G. (2013). Stolt's fk migration for plane wave ultrasound imaging. *Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, IEEE Transactions on*, 60(9), 1853-1867.
3. Hunter, A. J., Drinkwater, B. W., & Wilcox, P. D. (2008). The wavenumber algorithm for full-matrix imaging using an ultrasonic array. *Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, IEEE Transactions on*, 55(11), 2450-2462.
4. Stolt, R. H. (1978). Migration by Fourier transform. *Geophysics*, 43(1), 23-48.
5. Jensen, J. A. (1996). Field: A program for simulating ultrasound systems. In 10TH NORDIC-BALTIC CONFERENCE ON BIOMEDICAL IMAGING, VOL. 4, SUPPLEMENT 1, PART 1: 351--353.
6. Jensen, J. A., & Svendsen, N. B. (1992). Calculation of pressure fields from arbitrarily shaped, apodized, and excited ultrasound transducers. *Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, IEEE Transactions on*, 39(2), 262-267.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТОУПРУГИХ СВОЙСТВ ФЕРРОМАГНЕТИКОВ

Еганов В.А.

*Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень
Научный руководитель: Новиков В.Ф. д.ф.-м.н. профессор, заведующий
кафедрой физики, методов контроля и диагностики;
Казаков Р.Х., д.п.н., профессор кафедры физики, методов контроля и
диагностики*

Целью данной работы является обнаружение магнитоупругого эффекта при воздействии на феррит акустической волны при отсутствии и наличии внешнего постоянного магнитного поля и исследование изменения магнитоупругого эффекта при изменении величины напряженности внешнего магнитного поля.

В ходе эксперимента наблюдаем магнитоупругий эффект в синусоидальном акустическом поле при резонансных частотах для выбранного ферромагнетика. Резонансными являются частоты 84,4; 98,2; 111,960 кГц. Магнитоупругий эффект проявляется в том, что в продольной акустической волне в ферромагнетике возникает ЭДС индукции. Магнитоупругий эффект наблюдается и при отсутствии внешнего магнитного поля.

При помещении ферромагнетика в постоянное магнитное поле наблюдаем увеличение амплитуды ЭДС индукции в поле акустической волны в ферромагнетике, т.е. с ростом внешнего постоянного магнитного поля ЭДС индукции растет. Данный эффект обусловлен ростом намагниченности ферромагнетика во внешнем магнитном поле.

Для проведения эксперимента используется установка, состоящая из генератора низкочастотных сигналов, двухлучевого осциллографа, источника постоянного тока, колец Гельмгольца, пьезокерамических резонаторов, измерительной катушки и ферритового стержня. Рисунок 1.



Рисунок 1 - Фотография установки

Принципиальная схема установки представлена на рисунке 2.

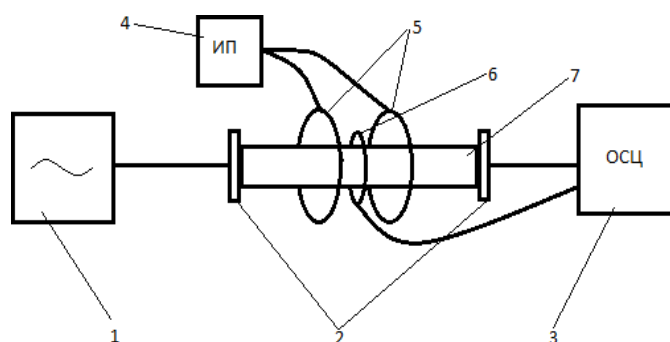


Рисунок 2 - Принципиальная схема установки

1—генератор сигналов низкочастотный; 2—пьезокерамические резонаторы; 3—двухлучевой осциллограф; 4— источник постоянного тока; 5— кольца Гельмгольца; 6— измерительная катушка; 7— ферритовый стержень

Сравнение по фазе акустического сигнала и сигнала ЭДС магнитоупругого эффекта (желтая синусоида - акустический сигнал, синяя синусоида - ЭДС индукции). Рисунок 3 и 4.



Рисунок 3 – Сравнение по фазе акустического сигнала и сигнала ЭДС индукции магнитоупругого эффекта.



Рисунок 4 – Сравнение по фазе акустического сигнала и сигнала ЭДС индукции магнитоупругого эффекта (смещение на $\frac{\pi}{2}$).

Фаза смещается на $\frac{\pi}{2}$.

В отсутствии внешнего магнитного поля также наблюдаем магнитоупругий эффект, при включении магнитного поля ЭДС магнитоупругого эффекта возрастает.

Для определения напряженности внешнего магнитного поля в объеме колец Гельмгольца мы подключаем их к источнику постоянного тока для создания однородного магнитного поля между колец и изменяем значение напряжения от 0,1В до 4В с шагом 0,1В. В итоге, мы получаем тарировочную кривую (рисунок 5).

Также, измеряем изменение амплитуды колебаний напряжения при изменении напряжения. Измерения проводятся на трех частотах (84,4; 98,2 и 111,960 кГц).

Используя данные тарировочного графика и результаты измерений, строим графики зависимости амплитуды напряжения от напряженности магнитного поля для выбранных частот.

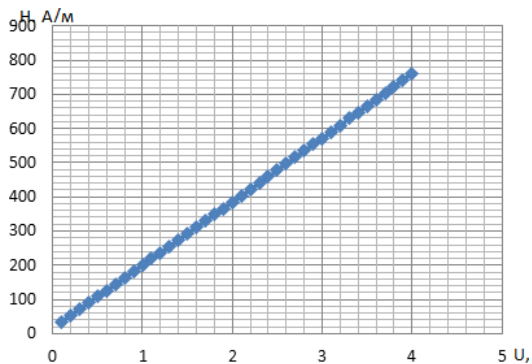


Рисунок 5 – Тарировочная кривая

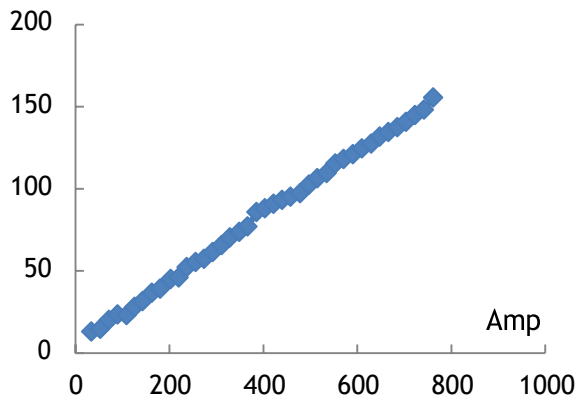


Рисунок 6 - Зависимость амплитуды напряжения от напряженности магнитного поля при частоте акустического сигнала 84,4 кГц.

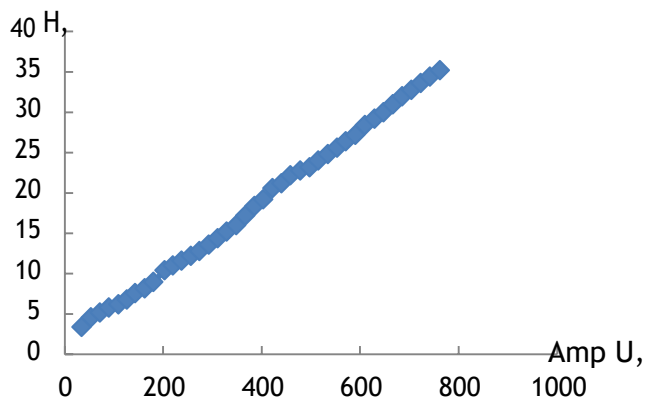


Рисунок 7 - Зависимость амплитуды напряжения от напряженности магнитного поля при частоте акустического сигнала 98,2кГц.

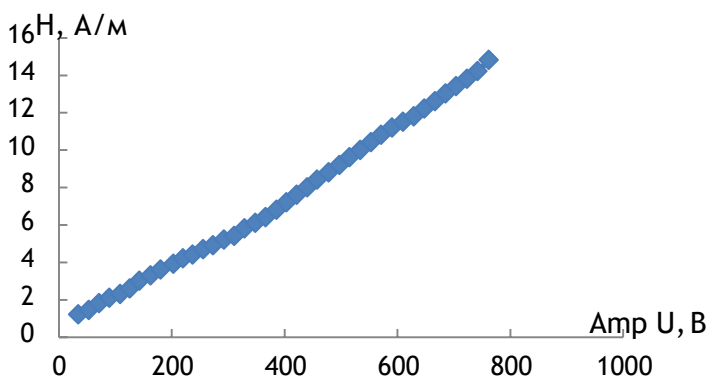


Рисунок 8 - Зависимость амплитуды напряжения от напряженности магнитного поля при частоте акустического сигнала 111,960кГц.

В ходе эксперимента наблюдаем магнитоупругий эффект в синусоидальном акустическом поле при резонансных частотах для выбранного ферромагнетика. Резонансными являются частоты 84,4; 98,2; 111,960 кГц. Магнитоупругий эффект проявляется в том, что в продольной акустической волне в ферромагнетике возникает ЭДС

индукции. Магнитоупругий эффект наблюдается и при отсутствии внешнего магнитного поля.

Предполагаем, что сдвиг фаз между напряжением в ферромагнетике и ЭДС индукции обусловлен изменением колебательной скорости в акустической волне (т.е. ускорением доменов).

При помещении ферромагнетика в постоянное магнитное поле наблюдаем увеличение амплитуды ЭДС индукции в поле акустической волны в ферромагнетике, т.е. с ростом внешнего постоянного магнитного поля ЭДС индукции растет. Данный эффект обусловлен ростом намагниченности ферромагнетика во внешнем магнитном поле.

Список информационных источников

1. Савельева, И.В. Курс общей физики. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика : [Текст] учебник для студентов вузов / Москва; под общ.ред. Савельева И.В. Москва: Наука, 1982. Т.2.-1982.- 496 с. :ил.

2. Уэрт, Ч. Физика твердого тела [Текст]: учебник/Ч. Уэрт, Р. Томсон; пер. с англ. А. С. Пахомова, Б. Д. Сумма.- Москва: Мир, 1968.- 558 с.: ил.

3. Злобин, В.А. Ферритовые материалы [Текст]: учебник/ В.А. Злобин, В. А. Андреев, Ю. С. Звороно. - Ленинград: Энергия, 1970.- 112с.: ил.

4. Ультразвук. Маленькая энциклопедия [Текст]/ред.: И. П. Голямина.- Москва: Советская энциклопедия, 1979. – 400с.: ил.

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКО–ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ ИВ-4 IZETLAB

Жантуганова Т.С., Маширапова Г.Н.

*Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда*

*Научный руководитель: Есенбаев С.Х., к.т.н., доцент кафедры
измерительной техники и приборостроения*

Лабораторный комплекс ИВ-4 производства РосУчПрибор представляет собой вибратор, который управляется от генератора сигналов четырех видов синусоида, треугольник, пила или прямоугольник.

Генератор кроме этого позволяет изменять амплитуду сигнала и его частоту. Подвижная часть комплекса имеет небольшую массу, имеет

встроенный датчик вибрации с выходом в виде аналогового сигнала. Для усложнения содержания лабораторных работ на комплексе с целью придания им исследовательского характера были решены следующие задачи:

- установлен дополнительный акселерометр на подвижную часть, чтобы получать дополнительную измерительную информацию о динамике движения подвижной части;

- использован аппаратно-программный комплекс (АПК) ZETLab;

- выполнено сопряжение акселерометра со входом ZETLab;

- реализована программа обработки выходного сигнала и представления результатов измерения в заданной форме – табличной, гистограммной или функциональной.

АПК ZETLab в силу своих широких возможности позволяет применить множество существующих методов по цифровой обработке сигналов. Эти сигналы могут иметь самую разнообразную форму, их сочетания , быть стабильными, или уникальными, не повторяющимися и т.д.

Различные функции обработки могут быть реализованы с помощью готовых специальных модулей, входящих в библиотеку программ комплекса.

Сигналы, поступающие на вход ZETLab, в заданном теме преобразуются в цифровой вид и могут быть обработаны в реальном масштабе времени или могут быть занесены в буферные файлы и обработаны позже. Доступ к этим данным возможен с использованием многих современных объектно-ориентированных языков программирования (VisualStudio,Builder,Delphi,LabView) что позволяет использовать ZETLab также для проектирования и реализации своих собственных алгоритмов и методов.

С аппаратной точки зрения АПК ZETLab состоит из АЦП, ЦАП и порта USB. С помощью опции USB комплекс сопрягается с компьютером, на котором располагается все программное обеспечение ZETLab. Но этот комплекс также можно использовать без компьютера в режиме автономного регистратора.

Встроенный многоканальный АЦП (16 синфазных 8 дифференциальных) позволяет подключать самые различные датчики в динамическом диапазоне от 10 Гц до 200 кГц, при этом обеспечивается высокая разрешающая способностьс $ZMP=16^{-16}$ и входном сопротивлении не менее 2 кОм.

Для взаимодействия с объектом исследования обеспечен аналоговый выход 14-разрядного ЦАП и 14 каналов дискретного

выхода с возможностью использования их и для ввода дискретных сигналов.

Трехосевой акселерометр типа ММА7361 имеет малую инерционную массу 4 г, диапазон измерения $\pm 1,5g$ до $6g$, выходной сигнал 0-2,5v. Общий вид лабораторного комплекса в рабочий момент эксперимента показан на рисунке 1.

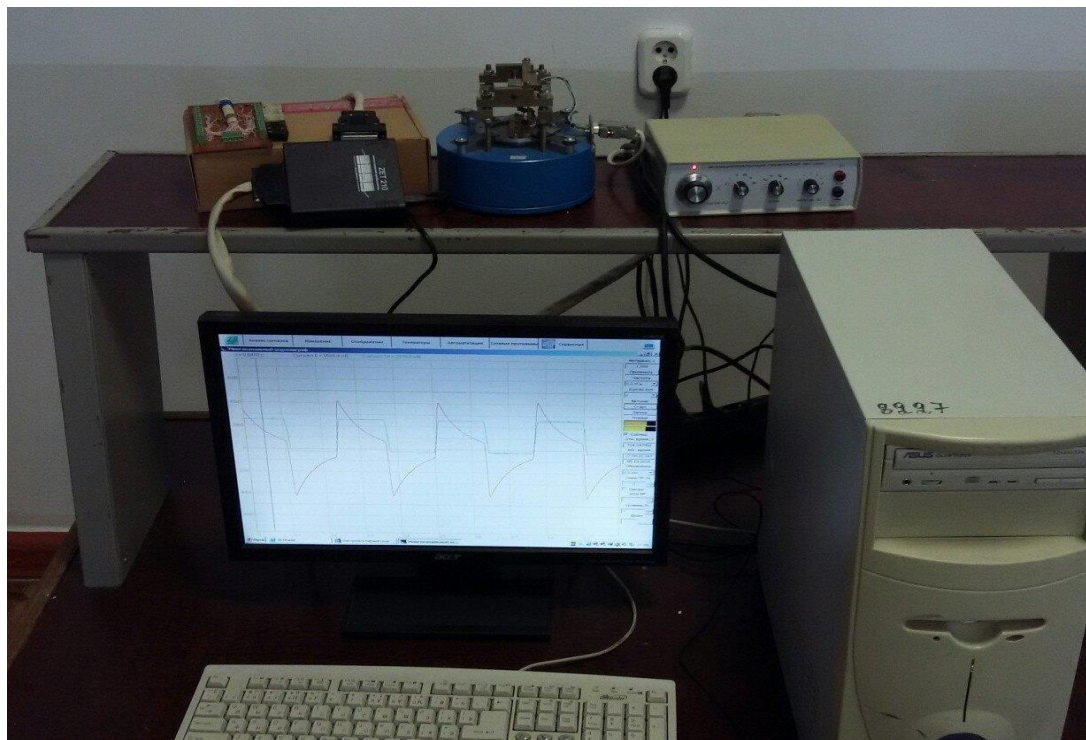


Рисунок 1

Разработанный лабораторный комплекс позволяет проводить следующие исследовательские лабораторные работы по различным дисциплинам специальности «Приборостроение»:

- 1) Исследование АЧХ акселерометра ММА7361;
- 2) Исследование ЧХ механического узла ИВ-4;
- 3) Исследование степени обработки механическим узлом вибросигналов различной формы;
- 4) Исследование погрешности отработки механическим узлом заданных функций;
- 5) Организация графических форм вывода измерительной информации;
- 6) Организация табличных форм вывода измерительной информации;
- 7) Математическая обработка результатов экспериментов и выражение неопределенностей измерений.

Таким образом, на данном лабораторном комплексе организованы лабораторные учебно-исследовательские работы по различным элективным дисциплинам специальности «Приборостроение» с возможностью динамического изменения их содержания.

Список информационных источников

- 1.Белик М.Н., Юрченко В.В. Автоматизация информационных процессов в учебно-исследовательских измерительных комплексах., Республ.научно-технич.журнал «Автоматика-Информатика» №2, 2012г.
- 2.Исагулов А.З. Ретроспектива развития информатизации в КарГТУ, Республ.научно-технич.журнал «Автоматика-Информатика» №1, 2013г.
- 3.Искаков М.Б., Алимбаев С.Т. Основы научных исследований и инновационной деятельности, Учебное пособие. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2014.ISBN 978-601-296-736-4

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭМИССИИ ИХ КОМПОЗИТНЫХ ДИЭЛЕКТРИКОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ АКУСТИЧЕСКИМ ИМПУЛЬСОМ

Жанчилов Б. Д.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Суржиков В.П., к. ф.-м. н., с. н. с. ПНИЛ ЭДиП

Для изучения динамики трещинообразования используется также электромагнитная эмиссия (ЭМЭ), обусловленная формированием переменного электромагнитного поля при разделении зарядов в устьях развивающихся трещин [1]. В дальнейшем усилия были сосредоточены на использовании явления ЭМЭ при разработке методов неразрушающего контроля дефектности и прочности.

Показано, что при одноосном сжатии образцов горных пород возникают характерные импульсы ЭМЭ, представляющие собой выбросы с короткими фронтами, релаксирующие в виде колебания с большим коэффициентом затухания, сопровождаемые локальным спад нагрузки [2], что свидетельствует о связи импульсов с локальными разрушениями в образце.

Для изучения дефектности и напряженно-деформированного состояния в Томском политехническом университете была разработана мультисенсорная система контроля, принцип которой основан на

многократном возбуждении образца механическими импульсами заданной формы с регистрацией электрического отклика (ЭО), обусловленного механоэлектрическими преобразованиями в материале [3]. При проведении экспериментов при ступенчатом одноосном сжатии диэлектрических образцов наблюдались импульсы ЭМЭ, аналогичные по форме тем, которые приведены в [2]

Целью настоящей работы является выявить закономерности распределений импульсов ЭМЭ от нагрузки по данным, полученным при использовании мультисенсорной системы контроля.

Образец для эксперимента был изготовлен следующим образом. Приготавливался согласно инструкции эпоксидный клей марки ЭД 20. Через 40 минут в клей добавлялся кварцевый песок с размером частиц 0,1 – 0,3 мм и объемной долей равной 0,5 и всё тщательно перемешивалось. Затем приготовленная смесь заливалась в форму и затвердевала. Через 20 часов образец извлекался, и производилась шлифовка его граней до необходимой чистоты поверхности. Размеры образца - 60×80×100 мм.

Образец помещали в пресс и подвергали ступенчатому одноосному сжатию. Величина ступеньки составляла примерно 4 МПа. На каждой ступеньке давления образец возбуждали серией из 141 импульса заданной формы. Длительность временной реализации откликов для каждой нагрузки составляла около 1сек. В данном эксперименте для регистрации откликов был использован 1 емкостный датчик 78×87 мм. Разрушение образца наступило при нагрузке 62 Мпа.

Сигнал отклика s можно представить в виде трех составляющих

$$s = s_d + s_e + s_n,$$

где s_d – ЭО (детерминированная составляющая); s_e – ЭМЭ; s_n – составляющая шума.

Составляющая отклика $s_{en}=s_e+s_n$, легко выделяется из общего сигнала путем вычитания из всех реализаций откликов при заданных нагрузках ее детерминированных составляющих (усредненных значений ЭО). Для оценки возможности выделения ЭМЭ из шума необходимо рассмотреть форму их импульсов.

На рис. 1. приведены усредненные ЭМО и их амплитудно-частотные характеристики при давлениях на образец в 1.3 МПа и 55 МПа.

Как следует из рис.2 при разных нагрузках формы откликов и их спектры претерпевают изменения. Вместе с тем, имеется устойчивая верхняя граница спектра в районе 90 кГц.

Для сравнения рассмотрим формы и спектры импульсов ЭМЭ, уровень которых существенно превышает уровень шума. Таких во всех реализациях зафиксировано 7. При этом первый импульс ЭМЭ был зарегистрирован при нагрузке 17 МПа, составляющей одну четвертую от разрушающей (60 МПа).

Рис.1. ЭМО при нагрузке 1.3 МПа (а) и его АЧХ (в); ЭМО при нагрузке 55 МПа (б) и его АЧХ (г).

На рис.2. в качестве примера приведены 3 импульса ЭМЭ и их амплитудно-частотные характеристики. Для их выделения временная реализация предварительно очищалась от средних значений ЭМО. После этого из временных реализаций вырезались фрагменты длительностью в 200 мкс, которые содержали импульсы ЭМЭ.

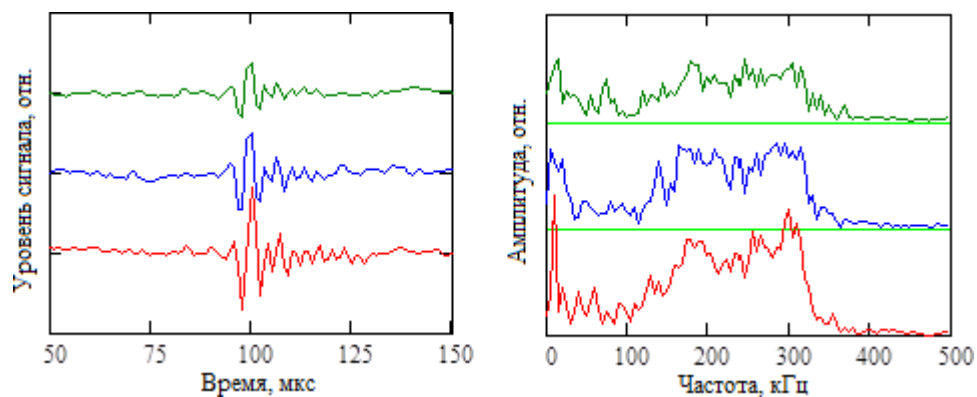


Рис.3. Импульсы ЭМЭ и их АЧХ.

При сравнении форм импульсов ЭМЭ и ЭМО приходим к выводу, что в обоих случаях формы спадаения сигналов от времени близки, но затухание в случае ЭМЭ проходит значительно быстрее. Спектры сигналов ЭМЭ и ЭМО имеют существенные различия. Если верхняя граница спектра ЭМО лежит в области 90 кГц, то основная энергия спектров ЭМЭ лежит в диапазоне (100 – 320) кГц.

Этим различиям в степени спада и частотных диапазонах указанных двух типов импульсов можно дать следующее объяснение: преобразование входного акустического возбуждения в электромагнитный отклик, является линейной. Поэтому спектр отклика должен находиться в частотной области импульса возбуждения.

Как видно из рис.3, сигналы ЭМЭ по форме близки. Поэтому похожи также АЧХ.

Вывод

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о перспективности использования системы МСК для одновременного изучения электромагнитной эмиссии и электромагнитного отклика в условиях напряженно-деформированного состояния образца.

Список информационных источников

1. Дамасинская Е.Е., Кадомцев А.Г. //Письма в ЖТФ. 2013. Т. 39. Вып. 2. С. 29–35.

2. Яковицкая Г.Е. Методы и технические средства диагностики критических состояний горных пород на основе электромагнитной эмиссии. Новосибирск: Параллель, 2008. 315 с.

3. Гордеев В.Ф., Малышков Ю.П. и др. //ЖТФ. 1994. Т. 64. Вып. 4. С. 57–67.

4. Суржиков А.П., Суржиков В.П., Хорсов Н.Н., Хорсов П.П. Мультисенсорная аппаратура контроля дефектности и напряженно-деформированного состояния гетерогенных диэлектрических структур// монография Томского Политехнического университета, 2014. С. 5 – 14.

5. Суржиков В. П., Хорсов Н.Н. Влияние одноосной нагрузки на пространственно-временные характеристики электромагнитного отклика при акустоэлектрических преобразованиях в диэлектрических образцах // Дефектоскопия. 2011.№. 10. С. 50-54

МАГНИТНЫЙ ТОЛЩИНОМЕР ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Жевтун Е.С., Гольдштейн А.Е.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Гольдштейн А.Е., д.т.н., профессор
кафедры физических методов и приборов контроля качества*

Лакокрасочные материалы являются самыми распространенными неметаллическими антикоррозийными покрытиями. Слишком большая толщина лакокрасочного покрытия приводит к увеличению расхода краски, а при малой толщине, покрытие не обеспечивает достаточную защиту. Долговечность изделия зависит от ее коррозионной стойкости, которую обеспечивает лакокрасочное покрытие. В данном случае возникает проблема ресурсоэффективности использования лакокрасочных покрытий. Для ее решения специалисты пользуются толщиномерами защитного покрытия.

Целью данной работы является разработка ресурсоэффективности магнитного толщиномера лакокрасочных покрытий на ферромагнитных материалах. Толщиномеры являются достаточно распространенными средствами проведения неразрушающего контроля, нашедшими широкое применение во многих областях промышленности РФ.

Самыми распространенными методами измерения толщины покрытия являются: ультразвуковой, мокрого слоя, вихретоковый, радиационный, магнитный.

Ультразвуковая толщинометрия является акустическим методом контроля. Толщина покрытия контролируемого изделия определяется по времени, за которое ультразвуковая волна проходит до границы сред с разными упругими свойствами.

Метод мокрого слоя предназначен для контроля толщины неотвердевших лакокрасочных покрытий. У толщиномеров мокрого слоя есть механическое взаимодействие объекта контроля и средства измерения.

Вихретоковый метод основан на изменении уплотнения поле вихревых токов в зависимости от изменения толщины контролируемой поверхности изделия.

Радиационный вид толщинометрии классифицируется на 2 метода: обратного рассеяния бета-излучения (основан на измерении интенсивности отраженного потока бета-частиц от толщины объекта контроля), рентгенофлюоресцентный (основан на анализе

возбужденного рентгеновского излучения с помощью радиоизотопного источника от толщины объекта контроля).

Магнитный метод основан на зависимости параметров магнитного поля от толщины немагнитных покрытий на ферромагнитных основаниях. Различают 3 вида магнитных преобразователей: пондеромоторный, индукционный и магнитостатический.

Пондеромоторный основан на зависимости силы притяжения двух ферромагнитных материалов. Сила притяжения пропорциональна квадрату индукции, а индукция зависит от величины зазора между ферромагнитным изделием и магнитом.

Индукционный метод определяет изменение магнитного сопротивления. Преобразователь толщиномера фиксирует изменение магнитной индукции, которая обусловлена изменением магнитной проводимости среды. На рис.1 представлен индукционный толщиномер (1- обмотка возбуждения, 2- измерительная обмотка, 3- сердечник, 4- исследуемое покрытие, 5- основание).

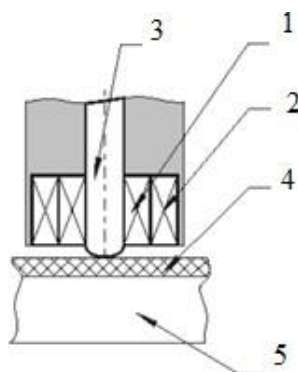


Рис.1. Индукционный толщиномер.

Магнитостатический метод основан на определении изменения напряженности магнитного поля в цепи постоянного магнита или электромагнита при изменении расстояния между магнитным полем и ферромагнитным изделием. С помощью магниточувствительных элементов (рамки с током, феррозонды, магнитные стрелки и т.д.) фиксируется информация о толщине покрытия.

Преимущества данного метода толщинометрии: широкий диапазон измерений; низкая погрешность измерения (2-3%); обладает малым временем измерения; приборы просты по конструкции.

Недостатки: высокое энергопотребление по сравнению с ультразвуковым методом, необходимость обеспечения надежного контакта датчика прибора с контролируемой поверхностью.

Рассмотрев данные методы измерения толщины покрытия, с точки зрения ресурсоэффективности, можно сделать вывод, что магнитный

метод является оптимальным для измерения толщины лакокрасочных покрытий на ферромагнитных материалах.

Так как в ультразвуковом методе есть свои недостатки: для точности измерения необходимо обеспечить плотный контакт датчика прибора с исследуемым покрытием; при неровной и непараллельной поверхности изделия и при структурной неоднородности металла затрудняется процесс измерения; данные толщиномеры дорогостоящие; трудность выделения сигнала на фоне шумов; необходимость применения контактной жидкости.

Метод мокрого слоя *применяется только для определения толщины неотвердевших лакокрасочных покрытий.*

Недостатки вихревого метода: зависимость получения результатов измерений от электропроводности покрытия(необходимо хранить несколько градуировочных характеристик); зависимость от температуры(изменение температуры изделия приводит к изменению электропроводности основания); невозможно контролировать толщину проводящих покрытий на проводящем основании.

А радиационный метод по сравнению с другими опасен для человека и трудоемок.

Также для увеличения ресурсоэффективности магнитный толщиномер можно упростить. То есть, усовершенствовать данный прибор, например: упростить калибровку толщиномера. При этом экономится трудозатраты при эксплуатации данным прибором. В наше время существуют современные толщиномеры с самокалибровкой.



Рис. 2. Магнитный толщиномер Horstek TC 325

На рисунке 2 представлен современный толщиномер Horstek TC 325. Данный прибор имеет самокалибровку, что позволяет уменьшить

время для замера толщины объекта контроля. С точки зрения ресурсоэффективности, данный толщиномер оптимален для измерения толщины лакокрасочных покрытий.

Список информационных источников

1. Википедия // [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D2%EE%EB%F9%E8%ED%EE%EC%E5%F0> (дата обращения 20.09.2015)
2. Антикоррозионные покрытия. Estroyka // [Электронный ресурс]. – URL: <http://estroyka.com/story/antikorroziynoe-pokrytie> (дата обращения 20.09.2015)
3. Techno-NDT // [Электронный ресурс]. – URL: <http://t-ndt.ru/index.php?id=1296> (дата обращения 20.09.2015)
4. ООО “Контроль Измерение Диагностика” // [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.defectoscop.ru/page18.html> (дата обращения 20.09.2015)
5. Дефектоскопист.ру // [Электронный ресурс]. – URL: <http://defektoskopist.ru/showthread.php?t=3195> (дата обращения 20.09.2015)

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ ТВЕРДОСТИ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ДИАГНОСТИРОВАНИИ СОСУДОВ И ТРУБОПРОВОДОВ ПАРА И ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

Жиляева К. В., Сидоренко Н. А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

*Научный руководитель: Сильвестров Ю. Г., к. т. н.,
профессор кафедры менеджмента качества*

Трубопроводы пара и горячей воды и сосуды, работающие под давлением – являются опасными производственными объектами, поэтому в соответствии с Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» №116 должны подвергаться экспертизе промышленной безопасности. Целью такой экспертизы является определение их текущего технического состояния, соответствие его предъявляемым требованиям промышленной безопасности и определение возможности и условий их дальнейшей эксплуатации.

Для оценки технического состояния сосудов и трубопроводов проводят их техническое диагностирование, при котором выполняют

контроль наиболее нагруженных элементов регламентированными методами контроля. Одним из обязательных методов контроля является измерение твердости металла переносными приборами – твердомерами. Такой контроль позволяет косвенно оценить характеристики механических свойств металла: его предел текучести и предел прочности. Полученные данные об этих характеристиках позволяют оценить фактические свойства металла и использовать результаты этой оценки для принятия решения о состоянии объекта по результатам экспертизы.

Для исследования были взяты результаты контроля твердости сосудов, работающих под давлением, из сталей Ст3 и 09Г2С и трубопроводов пара и горячей воды из сталей 10 и 20, проводимого экспертной организацией ООО «Энергопром-М». Контроль проводился переносными твердомерами типа ТЕМП-3 и ТЕМП-4.

Объем выборки проконтролированных элементов сосудов, работающих под давлением, составил 144, а трубопроводов – 149. По каждому объекту контроля подсчитывались средние арифметические результатов контроля твердости.

Расслоение результатов контроля по отдельным элементам сосудов и трубопроводов не выявило существенных различий в расчетных характеристиках, поэтому для дальнейшего исследования все данные объединялись в одну совокупность. Для каждой марки стали строились гистограммы, рассчитывались величины средних арифметических распределений и стандартных отклонений. Пример результатов такой обработки для сосудов из стали Ст3 представлен на рисунке 1.

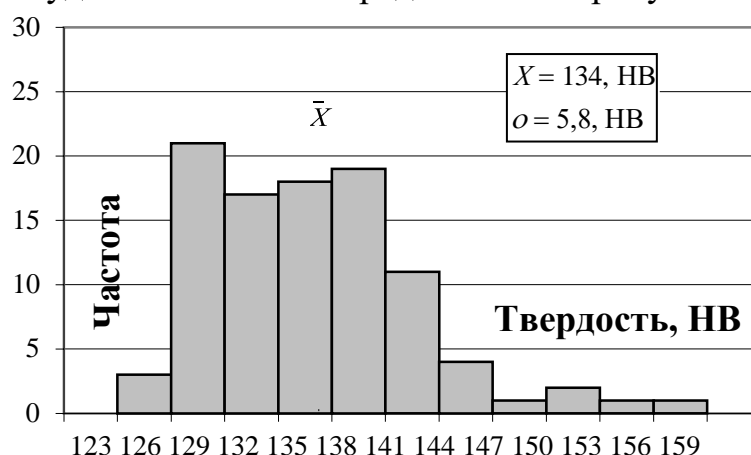


Рисунок 1 – Результаты обработки данных для сосудов из стали Ст3

Полученные результаты были проанализированы с позиций особенностей распределения исследуемых величин и их характерных численных параметров. Результаты анализа полученных результатов

говорят о том, что, твердость исследуемых объектов имеет значительный статистический разброс. В таблице 1 представлены полученные характеристики распределений по каждому исследуемому объекту: минимальная (X_{\min}) и максимальная твердость (X_{\max}), среднее арифметическое распределение (\bar{X}) и стандартное отклонение (σ). Здесь же даны нормативные минимальные ($X_{\text{норм.мин}}$) и максимальные ($X_{\text{норм.мах}}$) значения твердости из [1, 3].

Таблица 1 – Характеристики распределений исследуемых объектов

Численный параметр	Сосуды, НВ		Трубопроводы, НВ	
	Сталь Ст3	Сталь 09Г2С	Сталь 10	Сталь 20
X_{\min}	126	126	126	121
X_{\max}	153	156	145	157
Среднее арифметическое, \bar{X}	134	145	136	137
Стандартное отклонение, σ	5,8	6,8	6	8
$X_{0,05}$	125	134	127	124
$X_{\text{норм.мин}}$	110	120	110	110
$X_{\text{норм.мах}}$	170	180	180	180

Как видно из этих данных твердость всех исследованных объектов находится в нормативном диапазоне с центром распределения, смещенным ближе к нижнему нормативному значению.

Значения средних величин твердости по каждому объекту исследования использовались для косвенной оценки характеристик механических свойств металла, переводя их по известным формулам [1, 2] в значения предела текучести (σ_T) и предела прочности (σ_B):

$$\sigma_T = (0,458HB - 26) \cdot 10, \text{ МПа}, \quad (1)$$

$$\sigma_B = 0,36HB \cdot 10, \text{ МПа}. \quad (2)$$

Полученные результаты были проанализированы с позиций особенностей распределения величин предела текучести и предела прочности и их характерных численных параметров. Статистические характеристики распределений представлены в таблице 2. Результаты анализа этих данных говорят о том, что, характеристики механических свойств исследуемых объектов имеют значительный статистический разброс, причем средние арифметические распределений для всех случаев существенно выше нормативных значений, которые закладываются в прочностные расчеты рассматриваемых объектов.

Таблица 2 – Численные характеристики экспериментальных распределений

Численный параметр	Сталь Ст3		Сталь 09Г2С		Сталь 10		Сталь 20	
	σ_T , МПа	σ_B , МПа	σ_T , МПа	σ_B , МПа	σ_T , МПа	σ_B , МПа	σ_T , МПа	σ_B , МПа
X_{\min}	315	452	319	455	322	461	294	435
X_{\max}	442	552	452	560	413	511	459	565
Среднее арифметическое, \bar{X}	354	482	406	523	360	488	365	492
Стандартное отклонение, σ	26,6	20,9	31,1	24,5	27,1	15,6	35,0	28,2
$X_{0,05}$	310	448	355	483	316	462	308	445
$X_{\text{норм}}$	250	460	300	470	195	340	220	410

Как известно нормативные значения характеристик механических свойств назначаются по нижней границе соответствующих распределений для сталей соответствующей марки. Так согласно ГОСТ 27772-88 [4] нормативная характеристика $X_{\text{норм}}$ соответствует значению рассматриваемого параметра в полученном распределении, которое меньше средней арифметической на величину 1,64 стандартного отклонения. Для нормального закона распределения это соответствует вероятностному порогу, равному $\alpha=0,05$. Это означает, что в рассматриваемом распределении 5% значений параметров могут быть меньше, а 95% больше по величине значения $X_{\text{норм}}$.

В таблице 2 представлены расчетные значения параметра $X_{0,05}$, соответствующие вероятностному порогу, равному $\alpha=0,05$ для полученных распределений и нормативные значения пределов текучести и прочности ($X_{\text{норм}}$) для рассматриваемых сталей [5].

Сравнение полученных данных показывает, что нормативные значения пределов текучести для всех сталей несколько ниже расчетных значений $X_{0,05}$. Это может быть следствием наклепа металла при технологических операциях изготовления элементов сосудов и трубопроводов. Действительно, нормативные значения отвечают исходному прокату. В процессе же изготовления элементов сосуда и труб листы подвергаются технологическим операциям правки, гибки,

штамповки, которые сопровождаются пластической деформацией и, как следствие, увеличением предела текучести.

Для предела прочности нормативные значения и расчетные параметры $X_{0,05}$ для всех сталей, кроме стали 10 отличаются незначительно. Это говорит, вероятно, о достаточной для практики точности результатов оценки значений предела прочности исследуемого металла по данным измерения твердости.

Выводы

Полученные результаты статистического анализа данных контроля твердости элементов сосудов, работающих под давлением, и трубопроводов пара и горячей воды говорят о вариабельности механических свойств исследуемого металла. Подавляющее число сосудов и трубопроводов выполнено из стального проката, имеющего характеристики механических свойств существенно выше нормативных значений. Этот факт может быть использован для уточнения величины допускаемых напряжений металла, исследуемого объекта экспертизы, при выполнении поверочных прочностных расчетов в процессе экспертизы промышленной безопасности.

Проведенное исследование показывает, что массив экспериментальных данных контроля, накопившийся в экспертных организациях за годы их работы, может и должен быть использован для углубления знаний о состоянии объектов экспертизы и более точной оценке их состояния.

Список информационных источников

1. СО 153-34.17.439–2003. Инструкция по продлению срока службы сосудов, работающих под давлением / Госгортехнадзор РФ, Минэнерго РФ, РАО "ЕЭС России". – М.:ОАО "ВТИ", 2005.
2. Бирилло И.Н., Теплинский Ю.А., Быков И.Ю. О механических характеристиках газопроводных труб из стали 17ГС и 17Г1С. – Безопасность труда в промышленности. 2004, №4, с. 12-14.
3. СО 153-34.17.464-2003. Инструкция по продлению срока службы трубопроводов 2, 3 и 4 категорий. / Госгортехнадзор РФ, Минэнерго РФ, РАО "ЕЭС России". – М.:ОАО "ВТИ", 2005.
4. ГОСТ 27772-88 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия. . М.: Стандартинформ, 2006. 18 с.
5. ГОСТ 52857.1-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность Общие требования. М.: Стандартинформ. 2008. 26 с.

ОТСТРОЙКА ОТ ВЛИЯНИЯ МУЛЬТИПЛИКАТИВНЫХ ПОМЕХ ПРИ СЪЕМЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ СУХИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Займолда Ф.К.

*Томский политехнический университет, г. Томск
Научный руководитель: Лежнина И.А., к.т.н., доцент кафедры
физических методов и приборов контроля качества*

Проводится обзор существующих видов датчиков для снятия биопотенциалов сердца. Рассматриваются плюсы и минусы используемых повсеместно видов датчиков и преимущества современных разработок в этой области.

Ключевые слова: датчик, электрокардиография, электрод, помехи.

Электрокардиограмма (ЭКГ) достаточно широко известный метод измерения и анализа функциональных возможностей сердца. Измерение ЭКГ, как правило, делается путем измерения небольших электрических изменений, которые вызваны сердечной мышцей во время каждого сокращения. Это выглядит как небольшой рост напряжения между электродами, которые находятся на коже в области грудной клетки. Электроды обычно либо одноразовые влажные, которые используются в больницах или сухие электроды, которые обычно используют амбулаторные пульсометры.

Различные виды электродов и типы их размещения могут использоваться в зависимости от каждой конкретной ситуации. Вид применения определяет, сколько необходимо электродов. Иногда достаточно два электрода, но для некоторых применений необходимо десять или даже больше. Самое простое измерение ЭКГ может быть сделано с помощью двух электродов, как правило, размещенных на груди пациента, по одному с каждой стороны сердца, где сигнал ЭКГ имеет наибольшую амплитуду. Два электрода достаточно для базовых измерений, таких как измерения сердцебиения. На данный момент, для большинства медицинских целей используется более двух электродов. Другие комбинации пар электродов, помогают "увидеть" сердце с различных углов. Это помогает лучше обнаруживать сердечно-сосудистые отклонения, например, чтобы узнать, в каком регионе сердца произошло то или иное отклонение.

Мокрые электроды

Диагностика пациента, как правило, делается с помощью обычных одноразовых хлорсеребряных (Ag/AgCl) электродов. Эти электроды

обеспечивают отличное качество сигнала для ответственных измерений ЭКГ, но они также обладают некоторыми недостатками. Одним из них является необходимость подготовки кожи, такие как бритье и очистка кожи спиртовыми салфетками перед присоединением. Также влажные электроды могут приводить к раздражению кожи при длительном использовании. Для того чтобы избежать реакции кожи, приходится каждый день менять место их прикрепления.

Необходима также частая замена, потому что гель высыхает во время использования. По большей части из-за используемого геля, эти электроды также могут вызвать аллергические реакции.

Поскольку эти электроды прикрепляются к коже с помощью клейкой поверхности, это может вызывать механическое или химическое раздражение, но главное раздражение может быть вызвано при микро разрыве тонкого слоя кожи при удалении электродов.

Сухие электроды

Электроды, которые работают без геля, клея и не нуждаются в предварительной подготовке кожи называются сухими. Они используются в научно-исследовательской деятельности и во время выполнения физических упражнений в течение длительного времени.

Самая большая проблема сухих электродов артефакты движения, которые значительно выше, чем для влажных электродов. Артефакты движения уменьшаются со временем, так как электрод и кожа под ним становится увлажненной из-за выделения пота после нескольких минут. Пот также работает в качестве электролита и заполняет мелкие поры кожи, что улучшает проводимость.

Существует множество возможных материалов для сухих электродов:

- Жесткие материалы, такие как металлы или керамические пластины,

- Гибкие материалы, такие как резина, пены или ткани

В качестве материала для сухих электродов, пытались использовать многочисленные металлы, такие как нержавеющая сталь, серебро и алюминий. После тестирования некоторые материалы были отклонены, из-за своих свойств. Например, алюминий имеет проблемы, поскольку он окисляется из-за пота при длительном использовании. Многие исследования доказали, что нержавеющую сталь можно считать одним из лучших материалов, не только из-за её производства, но также из-за доступности и цены.

Одной из распространенных проблем жестких электродов является то, что они могут легко скользить по коже, что приводит к потере связи и некоторой наводке между электродами.

Стабильный контакт между электродом и кожей имеет важное значение для всех традиционных электродов. Жесткие электроды страдают от артефактов движения в основном по двум причинам: отсутствие геля и нежелательное движение электродов на коже. Гибкий и мягкий электрод адаптируется к форме тела во время движения и, следовательно, уменьшает артефакты движения. Мягкость и лучшую адгезию, можно получить увеличивая относительную площадь контакта электрода и соответственно уменьшая сопротивление, таким образом, уменьшая артефакты движения.

Гибкие сухие электроды могут быть изготовлены, например, из пенопласта, покрытого проводящим материалом, проводящий резины или проводящего материала, который интегрирован в ткань. Такой материал может быть использован в одежде, например, в спортивных футболках, или это может быть отдельный ремешок с передатчиком. В связи с более сложной структурой с гибкими электродами в отличие от жестких, могут чаще происходить некоторые механические проблемы.

Оба вида электродов страдают от шума, помех и артефактов движения, но частично в различной степени. Сухие электроды более подвержены артефактам движения сразу после начала применения, но когда выделяется пот и заполняет пробел между электродом и кожей, разница между этими видами электродов становится несущественной [3]. Чтобы понять, почему мокрый и сухой электроды ведут себя иначе, необходимо понять причины, которые вызывают шумы, помехи и артефакты движения.

Одна из самых больших проблем обоих датчиков – это сетевые помехи. Это вмешательство приходит из линий электропередач переменного тока и имеет частоту 50 или 60 Гц. Из-за своего источника, эта помеха неизбежно присутствует в любом клиническом применении. Для уменьшения этой помехи используется схема RLD (Right Leg Drive).

Артефакты движения являются результатом двух вещей. Первая - это изменения потенциала кожи во время механической деформации, а вторая изменение механического контакта между электродом и кожей.

Отсутствие стандартных методов измерений в сочетании с изменением импеданса кожи в связи со многими факторами, такими как сезон, время и обстоятельства, делает объективное сравнение различных электродов трудно выполнимым. При сравнении электродов друг с другом, должны быть рассмотрены все измерительные характеристики системы, а не сами электроды. В качестве примера можно привести стандартные усилители, которые сделаны для мокрых

электродов на основе геля и таким образом, не могут быть оптимальными для использования с сухими электродами .

Виды помех при съеме биопотенциалов

Помехи, возникающие при съеме биопотенциалов и их усилении, по способу взаимодействия с полезным сигналом подразделяются на аддитивные и мультипликативные. Аддитивные помехи вносят наибольшую погрешность при электрофизиологических исследованиях. Среди них выделяют следующие основные виды.

Так называемые артефакты, или случайные помехи, вызываемые процессами в самом исследуемом объекте. Их причинами могут быть биоэлектрическая активность органов, не имеющих непосредственного отношения к работе исследуемых органов и тканей, кожно-гальванические рефлексy, нестационарность поляризационных эффектов на электродах и др. Например, в электрокардиографии часто в качестве артефактов выступают сигналы, связанные с активностью скелетных и других групп мышц, которые при биографических исследованиях являются полезными. Артефакты занимают широкую полосу частот. Они могут проявляться как в виде синфазных, так и в виде разностных помех. Инфранизкочастотные синфазные помехи создаются средним уровнем поляризационных потенциалов электродов, среднечастотные и высокочастотные - средним уровнем биоэлектрической активности соседних органов и кожно-гальваническим рефлексом. К разностным относятся составляющие помех за счет электрической активности мышц и соседних органов, неравенства поляризационных потенциалов электродов.

Разностную и синфазную помехи могут создавать также низкочастотные и высокочастотные магнитные поля, пронизывающие контур, образуемый проводами, соединяющими электроды с входной цепью усилителя. Эти помехи являются внешними при регистрации биопотенциалов. К ним в первую очередь относятся синфазные помехи с частотой 50 Гц от электрических полей силовой и осветительной сети, всегда имеющих в помещениях, где производится регистрация.

Для ослабления влияния синфазной сетевой помехи часто используется специальный нейтральный (индифферентный) электрод, с помощью которого биообъект соединяют с общим, которого биообъект соединяют с общим (заземляющим) проводом. При этом уровень сетевых наводок может быть снижен до величины 50-100 мВ, однако он остается существенно выше уровня полезных сигналов при большинстве видов электрофизиологических исследований. Поэтому усилители биопотенциалов обычно содержат в своем составе

режекторный фильтр сетевой помехи, обеспечивающий подавление в спектре усиливаемых сигналов узкой полосы 47-53 Гц.

Емкостная связь с сетевыми проводами может привести и к появлению разностных помех. Это связано с различием положения электродов и проводов отведений по отношению к источникам помех. Напряжения, наведенные на провода, вызывают токи помех, которые, протекая через электродно-кожные сопротивления, создают на них падения напряжений. При равенстве токов помех и электродно-кожных сопротивлений эти напряжения взаимно компенсируются. Однако всегда имеющаяся несимметрия приводит к появлению разностных помех.

Помимо электрического поля переменного тока источниками помех являются магнитные поля, возникающие при прохождении по проводам и кабелям значительных токов, создаваемые трансформаторами и другими магнитными приборами, электромагнитные поля, сопровождающие работу высокочастотных физиотерапевтических и хирургических аппаратов. Провода отведений образуют виток, в котором электромагнитное поле наводит разностную помеху, величина которой пропорциональна площади витка.

Мультипликативные помехи изменяют параметры контура передачи сигнала, что приводит к случайной модуляции величины полезного сигнала. Применительно к съему биопотенциалов они связаны в основном с изменениями сопротивления электрод-кожа, вызванными внешними раздражителями, высыханием токопроводящих паст или физиологического раствора, электрохимическими процессами на переходах контакта. Мультипликативные помехи носят инфранизкочастотный характер и проявляются при длительных исследованиях.

Электроды оказывают существенное влияние на качество регистрации биосигналов. Несоответствие характеристик электродов требованиям регистрации конкретного сигнала может приводить к артефактам в записях или имитировать неисправности самой регистрирующей аппаратуры. Для своевременного выявления и предотвращения таких случаев необходимо понимание происходящих электрохимических процессов в местах контакта электродов и биологических тканей.

Список информационных источников

1. Meziane, N & Webster, J G & Attari, M & Nimunkar, J. 2013. Dry electrodes for electrocardiography. Date of retrieval 3.10.2013

2. A. Starchak, K.V. Overchuk, A. Porhunov, A. Uvarov, I. Lezhnina Prospects of application capacitive sensors for non-contact electrocardiogram 2014.

3. Зайченко К.В., Жаринов О.О., Кулин А.Н. и др. 2001. Съём и обработка биоэлектрических сигналов

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Зубрилова М.В.

Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень

Научный руководитель: Шабиев Ф.К., к.ф.-м.н., доцент кафедры физики, методов контроля и диагностики

Исследование процессов формирования углеродных наноструктур и поиска путей синтеза новых наноструктурированных углеродных материалов является актуальной, современной задачей физики и материаловедения, так как нанометровые размеры структурных элементов этих материалов обуславливают их особые уникальные свойства, которые могут быть широко использованы на практике.

Целью данной работы является разработать упрощенную методику синтеза углеродных нанотрубок.

Для гидротермального синтеза нанотрубок используется графит марки ЭГ-4. Брусочек графита измельчается в порошок, затем порошок нагревается в печи до температуры 500°C, 700°C, 900°C, 1100 °C. После чего образцы извлекаются из печи и мгновенно опускаются в сосуд с дистиллированной водой комнатной температуры, после того, как данная масса приобретает температуру окружающей среды воду сцеживают через бумажный фильтр, а образцы высушивают при температуре 60 °C. Структуру порошка исследуют методом рентгеноструктурного анализа, электронной микроскопии, с помощью модельных исследований.

Результаты рентгеноструктурного исследования представлены на рис.1.

Для поиска отличий в структуре образцов выполняется анализ формы профилей дифракционных максимумов 002 и определяются параметры структуры, исследуемых материалов. Рефлекс 002 для исходного углеродного материала и синтезированных образцов имеет интегральную интенсивность практически не отличающуюся друг от друга (разница составляет 0.05 %), что свидетельствует о том, что количество структурно-упорядоченного углерода приблизительно

одинаково. Средние межплоскостные расстояния в синтезируемом образце меньше чем в исходном углеродном материале на 0.031 – 0.034 Å – это свидетельствует о том, что в синтезированном образце углерод имеет более упорядоченную структуру.

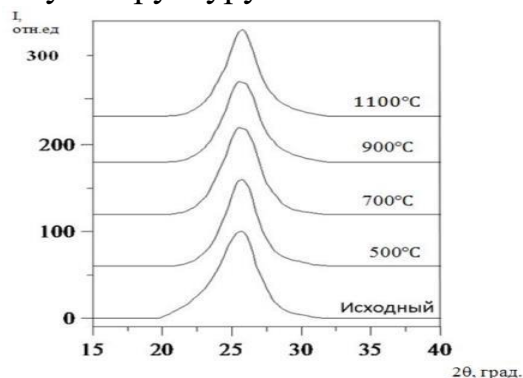


Рис.1. Результаты рентгеноструктурного анализа

Результаты электронно-микроскопического исследования представлены на рис.2. На изображениях образца синтезированного при 900 °С наблюдаются три типичных области: содержащая игольчатые структуры; содержащая волокнистые структуры; область, содержащая кристаллы графита.

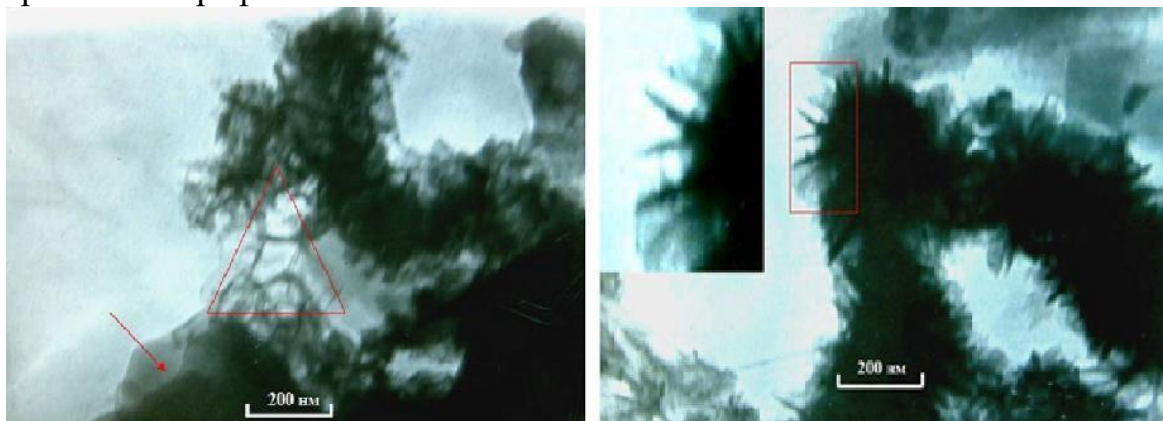


Рис.2. Электронно-микроскопическое изображение углеродного материала

Треугольным контуром указана область, содержащая волокнистые структуры. Стрелкой указана область, содержащая совершенные кристаллы исходного графита. Прямоугольным контуром указана область, содержащая игольчатые структуры.

Механизм формирования трубчатых наноструктур в процессе экспериментального синтеза при температурах 500 – 1100 °С остается не ясным. Традиционные механизмы формирования нанотрубок при температурах ~ 3000 °С это по атомная сборка из углеродного пара. Однако в нашем случае температуры не достаточны для разборки слоев

исходного графита на отдельные атомы. Для выяснения механизма формирования нанотрубок необходимы модельные исследования.

Результаты модельного исследования. На первом этапе выполняются расчеты идеального графитового (графенового) листа. Результаты, полученные в процессе моделирования структуры графенового листа при помощи метода ММ+, хорошо согласуются с экспериментальными данными. Величина углерод-углеродной связи полученные моделированием $R_{C-C} = 0.140$ нм экспериментальная длина связи составляет $R_{C-C} = 0.1417$ нм. Величина параметра $d_{110} = 0.242$ нм, в экспериментальных данных $d_{110} = 0.245$ нм (рис.3.а).

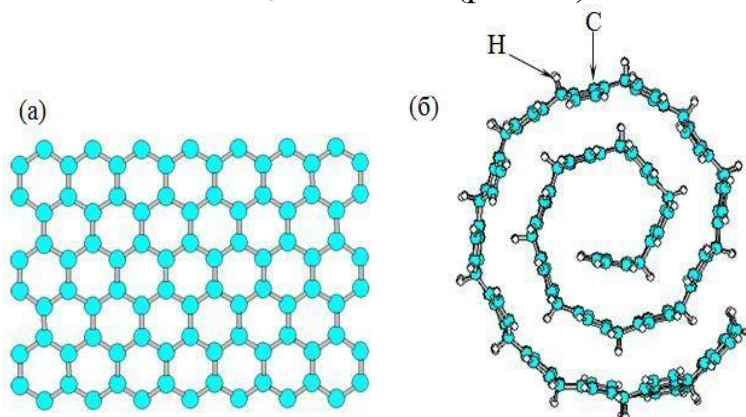


Рис.3. Структура графенового листа: (а) и структура ситообразной углеродной нанотрубки (б); рассчитанные методом ММ+ стрелками указаны молекулы углерода С и водорода Н

На втором этапе, проводится попытка свернуть из графенового листа рулон. Однако при геометрической оптимизации и молекулярно-динамических расчетах, такие свернутые листы всегда разворачиваются и принимают форму не деформированной плоскости (рис. 3.а.). Т.е. свернутый графеновый лист всегда стремится распрямиться и формирование свиткообразных нанотрубок таким способом не возможно. По-видимому, для изгиба графенового листа и образования структуры свитка необходимы дефекты в виде инородных атомов или молекул присоединившихся к листу.

Поэтому на третьем этапе моделируется графеновый лист с дефектами в виде атомов водорода. В экспериментально исследованном в данной работе способе синтеза нанотрубок роль молекул обеспечивающих изгиб слоя и формирование свитков могут играть атомы Н, присоединяющиеся к слою с одной стороны и образующиеся в результате взаимодействия графита нагретого до $800 - 900^{\circ}\text{C}$ водой. Расчеты структуры таких листов показывают, что присоединение атомов водорода приводит к изгибу слоя и сворачиванию его в рулон. Пример свиткообразной структуры, получающейся в результате

моделирования методом ММ+, представлен на рис. 3.б. Межплоскостное расстояние в такой структуре составляет $d \sim 0.335$ нм.

Для наглядности был построен график зависимости – рисунок 4.9

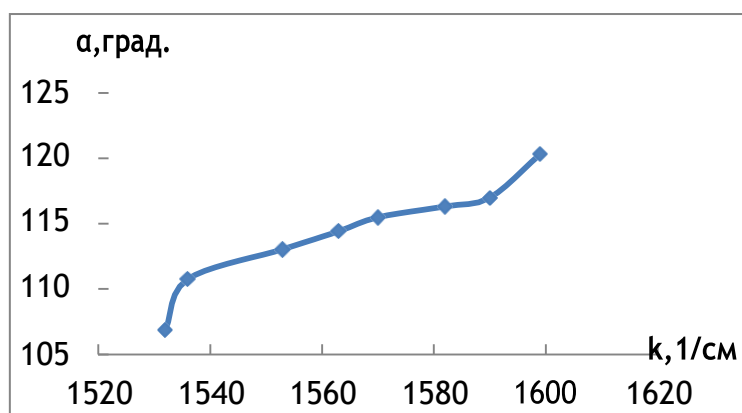


Рисунок 4- Зависимости угла С-С связи от k

Таким образом, механизм образования углеродных нанотрубок со структурой свитка, выглядит следующим образом: графеновый лист, нагревается до 500 – 1100°C, попадая в дистиллированную воду присоединяет к себе атомы водорода, образующиеся в результате диссоциации молекул H_2O . В результате чего происходит изгиб графенового листа, скручивание его в рулон и формирование углеродной нанотрубки со структурой свитка.

Список информационных источников

1. Беленков, Е. А., Шабиев, Ф. К. Структура новых углеродных фаз из карбиновых наноколец // Кристаллография.-2007. Т.52.- № 2.- С. 359-364.
2. Елецкий А.В. Углеродные нанотрубки и их эмиссионные свойства // УФН. 2002. Т.172. №4. С.401-438.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СИГНАЛОВ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗБУЖДЕНИИ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД

Каргина Е. А.

*Томский политехнический университет, г. Томск Научный
руководитель: Яворович Л.В., к. т. н., с. н. с. ПНИЛ ЭДyП*

В Томском политехническом университете (ТПУ) ведется разработка метода мониторинга изменения напряженно-

деформированного состояния массивов горных пород и прогноза геодинамических явлений. В основе разрабатываемого метода лежат фундаментальные исследования механоэлектрических преобразований в диэлектрических материалах, включая горные породы. Эти исследования начаты в ТПУ в начале 70-х годов под руководством чл.-корр. АПН А.А. Воробьева [1, 2]. Следствием механоэлектрических преобразований являются электромагнитные сигналы, генерируемые исследуемыми материалами при механическом, акустическом, термическом, радиационном и другими видами воздействия. Причиной появления электромагнитных сигналов (ЭМС) является изменяющийся или появляющийся заряд [3-5].

Установлено [6, 7], что параметры электромагнитных сигналов, генерируемых горной породой, зависят от физических свойств горных пород, их генетического типа и структурно-текстурных особенностей.

Целью данной работы являлось выявление спектральных характеристик ЭМС образцов горных пород различной прочности при динамическом возбуждении.

Объектом исследования являлись образцы вмещающей горной породы Таштагольского железорудного месторождения, представленные скарнами, различного состава. Образцы вырезались из kernового материала и имели форму цилиндра с диаметром 42 мм и высотой 80 мм. Перед проведением исследований торцевые стороны образца шлифовались до плоскопараллельности, что обеспечивало соосность образца и плит пресса и тем самым, равномерное распределение нагрузки на торцевую поверхность образца.

Динамическое возбуждение производили стальным шариком при выстреле из пистолета с пружинным устройством. Шарик пролетал через измерительную трубку и осуществлял удар по образцу, возбуждая акустический импульс.

Блок-схема установки представлена на рисунке 1.

В образец через заземленную металлическую пластину и иммерсионный слой минерального масла пружинной механической системой (1), использующей стальной шарик, вводился акустический импульс (АС). Проходя через образец, акустический сигнал регистрировался пьезоакустическим приемником (3). Сигнал с (3) служил для запуска осциллографа (4) и записывался на его экране. Генерируемый при прохождении акустического сигнала ЭМС регистрировался емкостным дифференциальным датчиком (7), который принимал электрическую составляющую ЭМС. С электромагнитного датчика (7) усиленный ЭМС поступал на осциллограф Tektronix TDS210 (4).

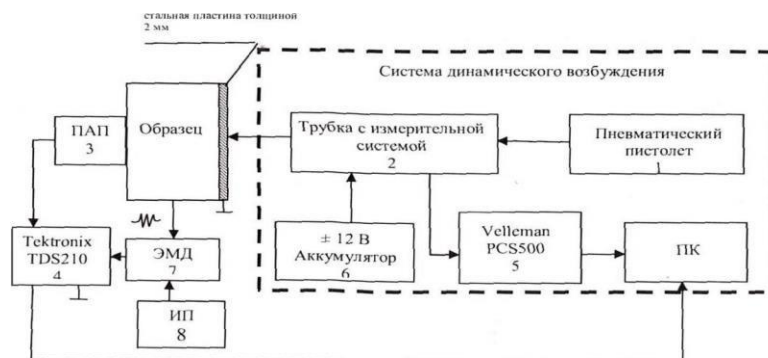


Рисунок 1 – Блок-схема системы динамического возбуждения: 1-пневматический пистолет с пружинным устройством; 2 - трубка с измерительной системой времени пролета шарика; 3 - ПАП (пьезоакустический приемник); 4 - цифровой двухканальный осциллограф Tektronix TDS210 с возможностью запоминания сигналов и передачи их на компьютер; 5 - осциллографическая приставка Velleman PCS500; 6 - аккумулятор с питанием ± 12 В; 7 - ЭМД (электромагнитный дифференциальный датчик, с коэффициентом усиления 100); 8 - источник питания электронной схемы ЭМД

Далее ЭМС и АС с осциллографа передавались на компьютер ПК, где производилась их дальнейшая обработка и анализ. Для изменения длительности и амплитуды акустического сигнала ударное воздействие проводилось с использованием стального шарика массой $0,25 \cdot 10^{-3}$ кг, что соответствовало длительности фронта акустического возбуждения $10 \cdot 10^{-6}$ с.

Для определения прочности образцы были подвергнуты одноосному сжатию на прессе до разрушения. Была выявлена предельная прочность образцов: № 23 – 222 кН; № 27 – 127 кН.

На рисунке 2 представлены разрушенные образцы №23 и № 27 вмещающей горной породы.



Рисунок 2 – Образцы разрушенной горной породы слева №23 (а) и справа №27 (б)

На рисунке 3 показаны аналоговые ЭМС исследуемых образцов.

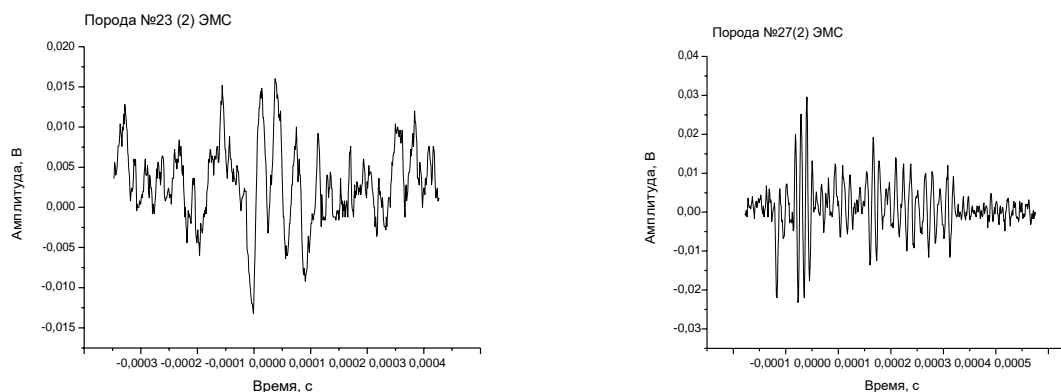


Рисунок 3 – Аналоговые ЭМС горных пород

Для выявления особенностей в спектральных характеристиках ЭМС проведен амплитудно-частотный анализ с использованием процедуры БПФ. На рисунке 4 приведены амплитудно-частотные спектры зарегистрированных ЭМС.

Рисунок 4 – Амплитудно-частотные спектры зарегистрированных ЭМС горных пород

Известно, что в спектре полезного сигнала могут присутствовать техногенные шумы. Для выявления частот, соответствующих изменениям зарядового состояния образца или полезные частоты, был проведен амплитудно-частотный анализ шума, также с использованием процедуры быстрого преобразования Фурье (БПФ) и полученные частотные пики шума исключены из амплитудно-частотного спектра ЭМС. Оставшиеся частоты характеризуют состояние исследуемого образца (полезные частоты). Для образца №23 полезным частотам ЭМС соответствуют 4.9 кГц, 9.8 кГц, 27.3 кГц, 32.2 кГц. Для образца №27 полезные частоты: 1.95 кГц, 3.9 кГц, 33.2 кГц, 52.7 кГц, 71.3 кГц, 76.2 кГц, 86.9 кГц, 94.7 кГц, 96.6 кГц, 100.6 кГц, 104.5 кГц, 111.3 кГц. Соответственно значения амплитуды для этих пиков 1.97 мВ, 1.76 мВ, 0.1 мВ, 1.36 мВ для образца №23 и 0.75 мВ, 0.49 мВ, 0.4 мВ, 0.48 мВ, 1.72 мВ, 1.22 мВ, 1.16 мВ, 0.99 мВ, 0.78 мВ, 0.69 мВ, 0.67 мВ, 0.51 мВ.

Анализируя полученные результаты видим, что поскольку эти образцы отличаются по прочности наблюдаются и отличия в форме сигнала (рис. 3). Для образца №27 отмечается наличие биения. Такая форма сигнала наблюдается, когда складываются близкие частоты. Сравнение полученных спектров показало, что для образца №23 с предельной прочностью 222 кН характерно наличие низких частот: от 5 кГц до 32 кГц. Для образца №27, с предельной прочностью 127 кН основные частотные пики лежат в пределах 70 кГц -125 кГц. Образец №23 разрушился на несколько осколков с конусом в основании. Образец №27 разрушился на большое количество мелких осколков.

Таким образом, проведенное исследование показало, что для низкопрочных образцов характерен высокочастотный спектр, а для высокопрочных образцов характерен низкочастотный спектр. Следовательно, по амплитудно-частотному спектру ЭМС, полученному при динамическом возбуждении можно оценивать относительную прочность исследуемых образцов горной породы, без разрушения.

Список информационных источников

1. Воробьев А.А. О возможности электрических разрядов в недрах Земли// Геология и геофизика. – 1970. – №12. – С. 3-13.
2. Воробьев А.А., Заводская Е.К., Сальников В.Н. Изменение электропроводности и радиоизлучение горных пород и минералов// ДАН. – 1975. – т. 220, №1. – С. 82-85.
3. Финкель В.М., Тялин Ю.И., Головин Ю.И. Электризация щелочно-галоидных кристаллов в процессе скола// ФТТ. – 1979. – т. 21. – С. 1943-1947.
4. Соболев Г.А. и др. Электризация полевых шпатов при их деформировании и разрушении// ДАН. – 1975.– т. 225, №2. – С. 313.
5. Хатиашвили Н.Г. Электрические явления при деформации и разрушении горных пород и минералов// Физические свойства горных пород при высоких давлениях и температурах. – Тбилиси, 1974. – С. 290.
6. Беспалько А.А., Суржиков А.П., Яворович Л.В. Исследование механоэлектрических преобразований в горных породах при динамических воздействиях// Горный журнал. – 2006. – №4. – С. 32-34.
7. Яворович Л.В. Взаимосвязь параметров электромагнитных сигналов с изменением напряженно-деформированного состояния горных пород// Автореферат дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 25.00.20. Изд. ТПУ, Томск, 2005, 19 с.

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ МАРКИРОВКИ НА РЕНТГЕНОВСКИЕ ПЛЕНКИ

Ковалев М. К.

Томский политехнический университет, г. Томск

Одним из самых широко распространенных методов неразрушающего контроля является радиография. Этот метод основан на получении статического видимого изображения внутренней структуры изделия, просвечиваемого ионизирующим излучением. Рентгеновская пленка, на сегодняшний день, является основным детектором ионизирующего излучения. [1]

Согласно ВСН 2-148-82 «Инструкция о порядке маркировки радиографических снимков и оформлению заключений по качеству сварки», на каждом радиографическом снимке должна быть изображена четко видимая маркировка, получаемая путем установки под кассету перед просвечиванием стыка определенной системы свинцовых маркировочных знаков (цифр, букв, стрелок). [2]

Существует 8 наборов маркировочных знаков, их следует подготавливать до начала просвечивания непосредственно в помещении лаборатории, для чего необходимо предварительно иметь сведения о намечаемых к контролю стыках: их номера, даты сварки и клейма сварщиков или бригад, выполнявших сварку данных стыков. Необходимую систему цифр и букв выкладывают на гибкой подложке (например, на небольших отрезках рентгенографической пленки со снятым предварительно эмульсионным слоем и т.п.) и заклеивают прозрачной клейкой лентой. [3]

Номера стыков набирают непосредственно на месте производства работ по контролю путем укладки соответствующих свинцовых цифр в пеналы или между двумя слоями пластыря или клейкой ленты, как изображено на рисунке 1. Предварительно в пеналы должны быть вложены цифры, указывающие номер соответствующей пленки. Номера стыков добавляются к ним на месте контроля.



Рисунок 1 - Укладка свинцовых знаков в пеналы и на пластырь

Процесс набора маркера из множества знаков достаточно трудоемок, занимает значительное количество времени, сопоставимое со временем проведения самого контроля. При значительных объемах контроля в лаборатории неразрушающего контроля имеется специалист, который занимается только набором маркеров из свинцовых знаков. Однако главным минусом данного метода является возможность порчи снимка, из-за попадания маркировочных знаков на контролируруемую область, как показано на рисунке 2.

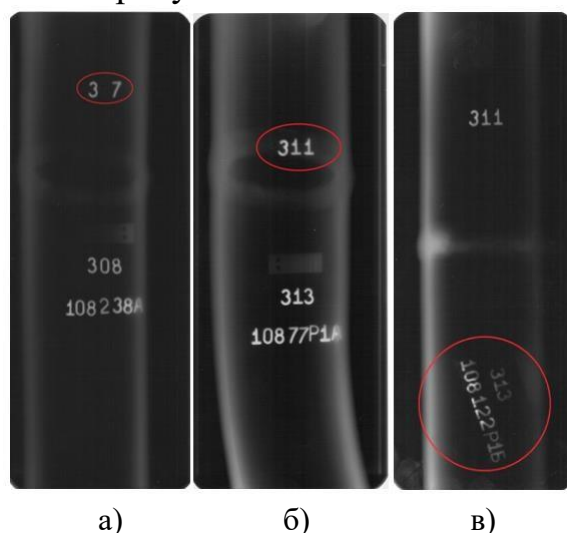


Рисунок 2 - Типичные случаи негодных снимков а) выпадение цифры; б) попадание наборки на контролируемую область; в) отклеивание наборки.

Согласно ОСТ 102-51-85 «Контроль неразрушающий. Сварные соединения трубопроводов. Радиографический метод» возможна маркировка простым карандашом, проставляемая после проявления проэкспонированных пленок. [4]

Этот метод более характерен для медицинской радиографии и его главным минусом является не долговечность и ненадежность маркировки. Учитывая тот факт, что результаты контроля, в том числе и рентгеновские пленки, на опасных производственных объектах, хранятся по много лет, данный метод никогда не найдет широкого применения, так как информация, нанесенная таким маркером, может быть изменена либо просто стерта. [5]

Еще один метод маркировки получил широкое распространение за рубежом, но в России остается до сих пор малоизвестным. Маркировка производится с использованием источника света, при помощи которого на участок снимка проэкспонированного ионизирующим излучением будет наложено световое изображение в виде информации, нанесенной на лист бумаги, по принципу трафарета.

За последнее время нами было произведено три прототипа подобного устройства, рисунок 3, каждое следующее устройство

дорабатывалось в соответствии с данными полученными в ходе промышленных испытаний. Итогом работ стал прибор, отчужденный ЗАО «Трест Коксохиммонтаж».



Рисунок 3 - Прототипы маркирующего устройства.

Устройство позволяет наносить маркировку размером 20×80 мм.

Для засветки участка пленки используются светодиоды. Устройство срабатывает от нажатия кнопки, находящейся на лицевой панели устройства. Для получения читаемой маркировки необходимо кратковременное загорание источника света, чтобы не получить полное засвечивание пленки. Для этого срабатывание кнопки происходит в момент опускания крышки, также для этого используется управляющая схема, позволяющая регулировать время свечения светодиодов, при помощи регулятора расположенного на лицевой панели устройства, тем самым снижая общую экспозицию. Крышка предохраняет от засветки часть пленки, находящейся не под световым окном. Для индикации засветки применяется светодиод красного свечения, что позволяет визуально фиксировать момент срабатывания устройства, что затруднительно при кратковременном загорании основных светодиодов.

На рабочее окно необходимо прикладывать лист бумаги с информацией в негативе, рисунок 4а, данная наборка может быть выполнена при помощи стандартного редактора Microsoft Word, а соответственно предоставляются все возможности данного редактора по работе с размерами и типами шрифтов.

Полученная в результате испытаний прототипа маркирующего устройства пленка, имеет легко читаемую маркировку, изображенную на рисунке 4б, не поддающуюся удалению или исправлению.

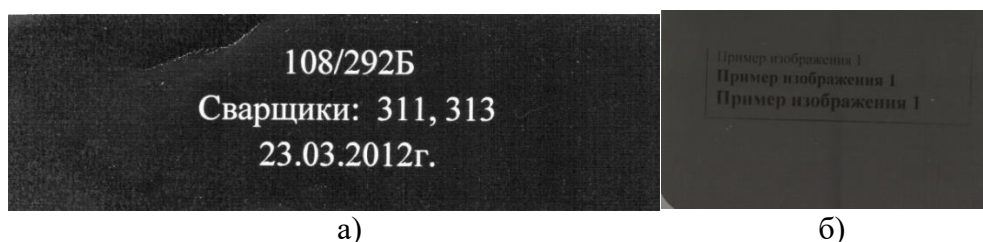


Рисунок 4 - а) Пример трафарета (наборки); б) Маркировка нанесенная при помощи засвечивания.

Использование устройства в промышленном неразрушающем контроле показало эффективность данного способа нанесения информации на рентгеновскую пленку. Чтобы автоматизировать процесс, сделать его более простым и удобным в практическом применении, нами разрабатывается прибор, в котором наносимое изображение формируется с помощью прозрачного жидкокристаллического дисплея, подобного применяемым в электронных часах, мультиметрах и прочей технике.

Жидкокристаллический дисплей позволит избавиться от трафаретов – наборок, тем самым еще более сократив время маркировки. Имеющаяся управляющая схема будет подвергнута незначительным изменениям, соответственно удастся сохранить миниатюрность габаритных размеров устройства. Станет возможным связать устройство по стандартному интерфейсу с персональным компьютером, что еще более повысит удобство работы с ним.

Список информационных источников

1. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Контроль качества сварочных работ. -М.: ВЫСШАЯ ШКОЛА, 1986. - 207 с.
2. ВСН 2-148-82. Инструкция о порядке маркировки радиографических снимков и оформлению заключений по качеству сварки. - М.: ВНИИСТ. -1983. - 18 с.
3. ГОСТ 7512-82. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод. - М.: ИПК Изд-во стандартов. -2004. - 19 с.
4. ОСТ 102-51-85. Контроль неразрушающий. Сварные соединения трубопроводов. Радиографический метод. - М.: ИПК Изд-во стандартов. -2000. - 44 с.

5. Алхимов Ю. В. , Ковалев М. К. Устройство для маркировки рентгеновских снимков [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири. - 2012 - Т. 5 - №. 4 - С. 124-128. - Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/433>

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ТОЧНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОТЛОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЦИСТЕРН

Кондратенко Е.В.

*Омский государственный университет путей сообщения
(ОмГУПС), г. Новосибирск*

*Научный руководитель: Ахмеджанов Р.А., к.т.н., профессор кафедры
«Вагоны и вагонное хозяйство»*

На сегодняшний день одним из быстроразвивающихся методов неразрушающего контроля является тепловой контроль, позволяющий надежно оценить техническое состояние и качество объектов. К неоспоримым преимуществам данного вида неразрушающего контроля относится высокая точность регистрации температурных полей, оперативность, информативность, а также возможность непрерывного наблюдения и бесконтактность процессов контроля.

Такой большой скачек в своем развитии тепловой вид неразрушающего контроля получил с появлением на рынке устройств, позволяющих регистрировать тепловые поля на расстоянии. Применение тепловизионных устройств позволяет оценить техническое состояние объектов промышленности во время их эксплуатации, а постоянный мониторинг обеспечивает бесперебойную работу оборудования. Поэтому методы теплового контроля задействованы во всех сферах промышленности. Исключением не является и железнодорожный транспорт. Использование теплового контроля позволяет проводить мониторинг деталей и узлов подвижного состава во время движения, что сокращает простой и экономические издержки при перевозках.

В статье рассматривается применение теплового контроля при оценке технического состояния котлов железнодорожных цистерн на стадии ремонта. Данный способ основан на регистрации температурных полей, возникающих в результате истечения сжатого воздуха через сквозной дефект в теле котла [1].

Целью экспериментальных исследований является оценка влияния мешающих факторов на точность результатов теплового контроля котлов цистерн.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Оценить влияние мешающих факторов на точность регистрации температурных полей, возникающих во время проведения теплового контроля технического состояния котлов железнодорожных цистерн.

2. Описать условия проведения теплового контроля котлов железнодорожных цистерн с целью уменьшения влияния мешающих факторов в условиях вагоноремонтного депо.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях на стенде, имитирующем котел цистерны. В качестве модели цистерны используется запасной резервуар тормозной системы вагона с искусственными дефектами, типа трещин, длиной 3 и 7 мм.

Методика экспериментальных исследований заключалась в нагружении резервуара критическим давлением (0,2 МПа) с последующей регистрацией температурных полей в области сквозного дефекта.

Большое влияние на точность результатов теплового контроля оказывают мешающие факторы. К таким мешающим факторам относят: скорость ветра, температуру окружающей среды и аппаратные случайные шумы. С целью систематизации полученных результатов экспериментальные исследования разделим на 3 этапа.

Этап 1. Влияние скорости ветра на результаты регистрации температурных полей проявляется через изменение коэффициента теплообмена контролируемой поверхности резервуара.

Имитация ветра в лабораторных условиях производилась с использованием вентиляторов, с возможностью регулировки скорости потока воздуха, при этом скорость ветра вблизи внешней поверхности резервуара измерялась с помощью анемометра с погрешностью не более 3 процентов. По результатам измерений определены зависимости разности температур в области дефекта и погрешность контроля от скорости ветра при остальных фиксированных параметрах, рис. 1.

Экспериментальные исследования показали, что ветер оказывает значительное влияние на погрешность измерения тепловых полей. Поэтому проведение контроля технического состояния котлов железнодорожных цистерн тепловым способом необходимо производить в помещении депо (в цехе), где скорость ветра не превышает 3 м/с.

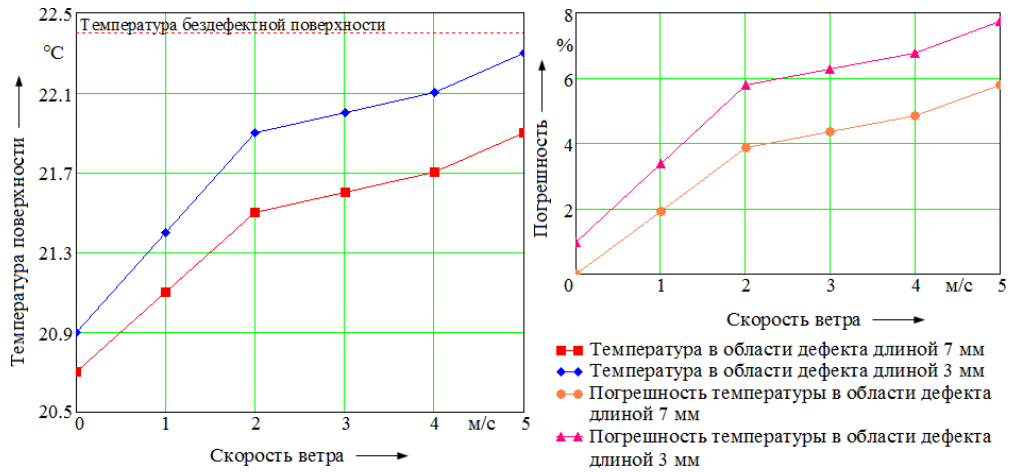


Рис. 1 – Влияние скорости ветра на результаты теплового контроля
На 2 этапе рассмотрим влияние шумовой составляющей на достоверность результатов теплового контроля.

Тепловой контроль технического состояния котлов цистерн осуществляется дистанционным способом, поэтому при проведении измерения температуры возникают ошибки, связанные с неточным определением теплофизических характеристик исследуемого объекта и аппаратными помехами, в результате чего происходит загрязнение термограммы. Целью данного эксперимента является определение соотношения сигнал-шум, при котором погрешность измерения температуры минимальна.

Методика
 экспериментальных исследований заключается в нагружении резервуара с искусственными дефектами избыточным давлением воздуха при наличии шумовой составляющей, имитируемой генератором шума, с последующей регистрацией тепловых полей на внешней поверхности резервуара. В результате проведенных исследований получены зависимости погрешности и достоверности контроля от отношения среднеквадратичного значения

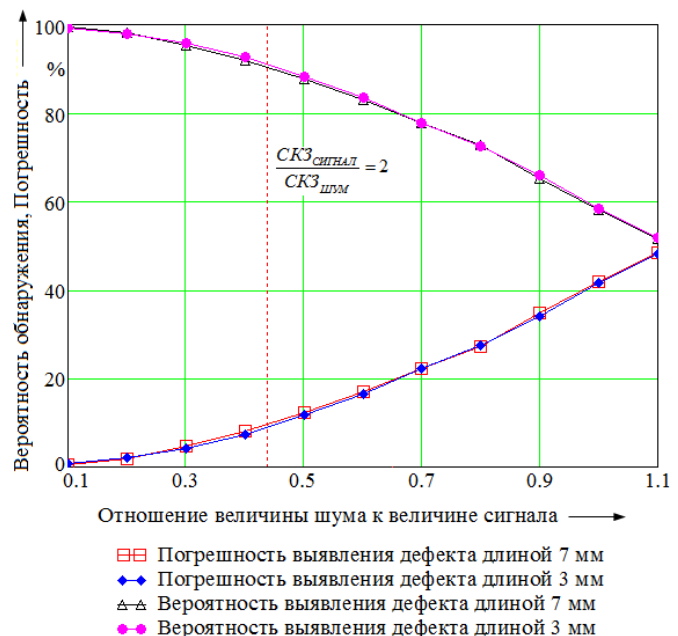


Рис. 2 – Влияние шумов аппаратуры на погрешность результатов контроля

шума ($CKZ_{\text{ШУМ}}$) к среднеквадратичному значению полезного сигнала ($CKZ_{\text{СИГНАЛ}}$). На рис. 2 приведены результаты исследований.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что достоверные результаты контроля возможны при отношении сигнала к шуму не менее 2. При данном отношении погрешность составляет не более 9 процентов.

Следующим 3 этапом рассмотрим влияние температуры поверхности резервуара на результаты теплового контроля цистерны.

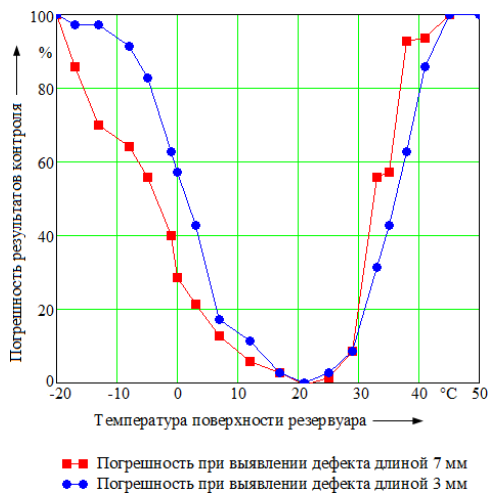


Рис. 3 – Результаты влияния окружающей среды на контроль

резервуара. Отрицательная температура и осадки окружающей среды имитировались путем охлаждения поверхности резервуара льдом и жидким азотом.

На рис. 3 приведены зависимости относительной погрешности результатов контроля от температуры поверхности резервуара для двух дефектов разной длины.

На зависимостях, рисунок 3, видно, что в температурном диапазоне от плюс 10 до плюс 30°C погрешность выявления дефектов минимальна и не превышает 10 процентов. Данный температурный диапазон характеризуется оптимальными условиями для проведения теплового контроля.

В результате экспериментальных исследований выявлены оптимальные условия проведения теплового неразрушающего контроля котлов железнодорожных цистерн: скорость ветра не более 3м/с, отношение полезного сигнала к шуму не менее 2 и температурный диапазон от плюс 10 до плюс 30°C. Соблюдение данных условий обеспечит точность контроля котлов цистерн более 90 процентов.

Данное исследование актуально с точки зрения определения возможности проведения теплового контроля в реальных условиях вагоноремонтного депо.

Для создания в лаборатории реальных условий окружающей среды производилась имитация различных атмосферных аномалий. Солнечная радиация и высокая температура окружающей среды имитировались с использованием тепловых пушек и ламп накаливания с направленным тепловым потоком на поверхность

Согласно полученным данным тепловой контроль следует проводить в закрытых помещениях вагоноремонтного депо, например, в ремонтном цехе, где соблюдаются постоянные условия окружающей среды.

Список информационных источников

1. Кондратенко, Е. В. Оценка возможности использования теплового метода контроля герметичности котла железнодорожной цистерны [Текст] / Е. В. Кондратенко // Известия Транссиба / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2014. - № 3 (19). С. 18 – 24.

НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ БЕТОНА, АРМИРОВАННОГО СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРОЙ

Корзенюк И.Н.

Томский политехнический университет, г. Томск.

Научный руководитель: Фурса Т.В., д.т.н., в.н.с. ПНИЛ ЭДшП

Строительные материалы, такие как бетон, железобетон – основные материалы при возведении зданий и несущих элементов строительных конструкций. В последнее время, во многих отраслях строительной промышленности происходит замена металлической арматуры на стеклопластиковую. Композитная арматура довольно неприхотлива к условиям эксплуатации, допустимо использование при различных температурных режимах, от – 70 и до +100 градусов Цельсия [1]. Однако растущий спрос на данный материал обусловлен, прежде всего, тем, что арматура из стеклопластика практически не подвержена коррозии и имеет более длительный срок службы. Также как и железобетон, стеклопластиковобетон в процессе эксплуатации подвержен разрушающему влиянию механических нагрузок и температурно-влажностных воздействий окружающей среды, поэтому своевременный мониторинг технического состояния с целью обеспечения своевременного текущего ремонта и реконструкции является мерой, необходимой для повышения надежности и безопасности их эксплуатации. Наиболее важными параметрами, которые необходимо контролировать являются прочность и дефектность. Далее проведен краткий обзор существующих неразрушающих методов контроля прочности и дефектности строительных композитных материалов[2].

Визуальный осмотр является одним из самых распространенных. Дефектами, которые можно наблюдать, являются: посторонние

включения, трещины, царапины, пузыри, поры, пустоты, расслоения. Наблюдения могут проводиться с использованием различного освещения и приборов. Особенностью данного метода является возможность обнаружения только сравнительно больших дефектов, расположенных на поверхности.

Одним из распространенных методов неразрушающего контроля является ультразвуковой метод диагностики, использующий акустическую энергию на частотах свыше 20 кГц. Чаще всего используются частоты от 100 кГц до 25 МГц. Более низкие частоты, относящиеся к области слышимого звука, имеют длину волны, сравнимую с размером дефекта, и звук как бы «обтекает» дефект. По технике проведения испытаний различают: эхо-импульсный метод, построенный на принципе обнаружения сигналов, отраженных от нарушений сплошности для локации места дефекта; сквозное прозвучивание, основывающееся на прохождении ультразвука через весь образец, посредством закрепления преобразователей по обе стороны от образца. Оба вышеизложенных метода позволяют определять наличие в изделиях несплошности как больших, так и малых размеров. Недостатком этого метода применительно к стеклопластикобетону является то, что при диагностике не учитываются структурные характеристики бетона и его наполнителей, локализация дефектов осуществляется только в направлении, перпендикулярном направлению распространения ультразвука. Также большое влияние на определение дефектов оказывает толщина образца, чем толще образец, тем сильнее происходит затухание отраженного импульса даже для бездефектных образцов.

Менее активно используемым методом является радиография. Радиографические методы используются для регистрации больших пор, расслоений и трещин в изделиях из стеклопластикобетон. Так как плотность стеклопластика на порядок ниже плотности металла, посторонние металлические включения будут очень хорошо видны. Недостатком данного метода является то, что с его помощью можно обнаружить лишь достаточно большие дефекты в конструкции (больше длины волны). Дефекты малой толщины и расположенные перпендикулярно к потоку излучения детектируются с большими погрешностями. Также существенной трудностью по применению данного метода к стеклопластикобетону является необходимость обработки стеклопластиковой арматуры тетрабромэтаном (ТБЭ), обеспечивающим непрозрачность поврежденных областей при рентгеновском излучении.

Для обнаружения дефектов в структуре стеклопластикобетона также может быть использован инфракрасный (термический) метод, основанный на попеременном нагревании – охлаждении материала и детектированием дефектов по рассеянию тепла на участках. Необходимо заметить, термические методы неразрушающего контроля не могут определять участки с низкими физико-механическими свойствами. Идентифицируются только такие дефекты, как поры, пузыри, несплошности и несвязанные (непроклеенные) участки. Дефекты, лежащие близко к поверхности образцов определяются легче. Чувствительность метода падает с ростом толщины исследуемого образца.

Кроме описанных выше методов, в настоящее время разрабатываются новые методы контроля, исключающие недостатки существующих методов, и имеющие более высокую точность определения дефектности. Одним из таких методов является метод, основанный на явлении механоэлектрических преобразований [3]. Суть его заключается в следующем. Композитные материалы являются гетерогенными структурами, то есть включают в себя множество компонентов. На границе раздела этих компонентов существует двойной электрический слой. При импульсном механическом возбуждении образца, в его объеме формируются акустические волны, порождающие переменное электрическое поле. Данное поле возникает из-за смещения зарядов в двойном электрическом слое и из-за пьезоэффекта, возникающего вследствие деформации пьезоэлементов теми же акустическими волнами. Появившееся вследствие движения системы этих зарядов поле регистрируется электрическим измерительным приемником сигнала, расположенным вблизи от изучаемого образца, и находящимся в зоне действия этого поля. Отличие данного метода от ультразвукового эхо-метода в том, электрический сигнал при механоэлектрических преобразованиях чувствителен к волнам, распространяющимся во всех направлениях в образце. Это связано с тем, что электрические оси пьезоэлектрических кристаллов в виде песчинок и зерен заполнителя, имеют различное направление. Метод, основанный на явлении механоэлектрических преобразований позволяет исследовать структурные характеристики готовых конструкций, которые невозможно изучать с использованием других методов. Своевременный мониторинг конструкций из стеклопластикобетона с учетом внутренней структуры материалов позволит снизить риск непредвиденного разрушения сооружений на их основе, а также повысить надежность и безопасность эксплуатации.

Список информационных источников

1. Фролов Н.П. Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции.-М.: Стройиздат, 1980.-104с.
2. Справочник по композиционным материалам: В 2-х кн. Кн. 2/ Под ред. Дж.Любина; Пер. с англ. А.Б. Геллера и др.; Под ред. Б.Э. Геллера. – М.: Машиностроение, 1988.-584с.: ил.
3. Неразрушающий контроль строительных материалов по параметрам электрического сигнала при акустическом воздействии: монография / Т.В. Фурса, К.Ю. Осипов, Д.Д. Данн; Томский Политехнический университет.-Томск: Изд-во Томского Политехнического университета, 2013.-176с.

МЕТОД АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДЮКЕРНЫХ И ВКОПАННЫХ УЧАСТКОВ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА

*Кравцова Е.Г., Шрам В.Г., Лысянникова Н.Н., Лысянников А.В.
ФГАОУ ВПО Сибирский федеральный университет, г. Красноярск
Научный руководитель: Сельский Андрей Анатольевич, к.т.н.,
ведущий специалист по НК НОУ «НУЦ «РТС»»*

Появление современных крупномасштабных объектов – атомных электростанций, терминалов со сжиженным газом, морских буровых установок, больших химических комбинатов, крупных авиалайнеров – привело наряду с экономическими выгодами к большому негативным последствиям в случае выхода их из строя. Человечество не может отказаться от таких сооружений, но оно может предотвратить катастрофы или уменьшить их последствия путем эффективного использования методов и средств неразрушающего контроля и технической диагностики.

В настоящее время согласно действующим нормативным и методическим документам [1, 2] техническое диагностирование магистральных газопроводов осуществляется преимущественно следующими методами: визуальный и измерительный контроль (ВИК); магнитопорошковая (МПД) или капиллярная (КД) дефектоскопия; ультразвуковая (УЗД) или радиационная (рентгеногаммаграфирование, РГГ); акустическая эмиссия (АЭ); комплексный контроль с помощью внутритрубных дефектоскопов-снарядов; тепловой (инфракрасный) контроль (ТК).

Из всех перечисленных методов дистанционными являются только метод акустической эмиссии (современная аппаратура позволяет осуществлять беспроводную связь с датчиками), контроль внутритрубными снарядами и тепловой контроль, причем на дюкерных и вкопанных участках без обеспечения непосредственного доступа к ним с применением типовой аппаратуры могут применяться только два последних метода (ТК – только на вкопанных).

Контроль состояния металла дюкерных и вкопанных участков магистральных газопроводов сильно осложнен недоступностью объекта. В настоящее время с этой целью применяют только внутритрубные дефектоскопы-снаряды, обладающие большим весом (до 2,5 т), высокой стоимостью (≈ 4 млн. руб.), на протяженных участках – низкой производительностью (движение при сборе информации не быстрее 0,5 м/с, изъятие и анализ информации только после окончания прохода и выемки снаряда).

В данной статье предлагается способ применения метода акустической эмиссии, основанный на приеме из металла сигналов АЭ, порождаемых дефектами, их преобразовании в электрические сигналы и беспроводной передаче в приемно-регистрирующий модуль с помощью самоорганизующейся сети радиосвязи. Датчики, обеспеченные автономным низковольтным питанием, крепятся на внутренней поверхности трубопровода при его сборке перед спуском в водоем (траншею) и служат одновременно как преобразователями энергии сигналов, так и их ретрансляторами.

Схема дистанционного поиска дефектов в дюкерных и вкопанных участках магистрального газопровода, представлена на рисунке 1. Дефект порождает сигналы АЭ в стенке трубопровода, которые распространяются по металлу стенки со скоростью около 3 км/с на расстояние до 10 м и улавливаются ближайшим датчиком (преобразователем акустической эмиссии, ПАЭ), жестко установленным на внутренней поверхности трубы при монтаже газопровода. Приемно-передающий модуль, в состав которого входит ПАЭ, используя в качестве источника своего электропитания энергию газового потока, преобразует звуковую энергию в электрические колебания, усиливает сигнал в заданной постоянной степени и перерабатывает его в радиоволны, посылаемые в эфир, которым является транспортируемый газ. Таким образом, полость газопровода выступает в роли радиоволновода.

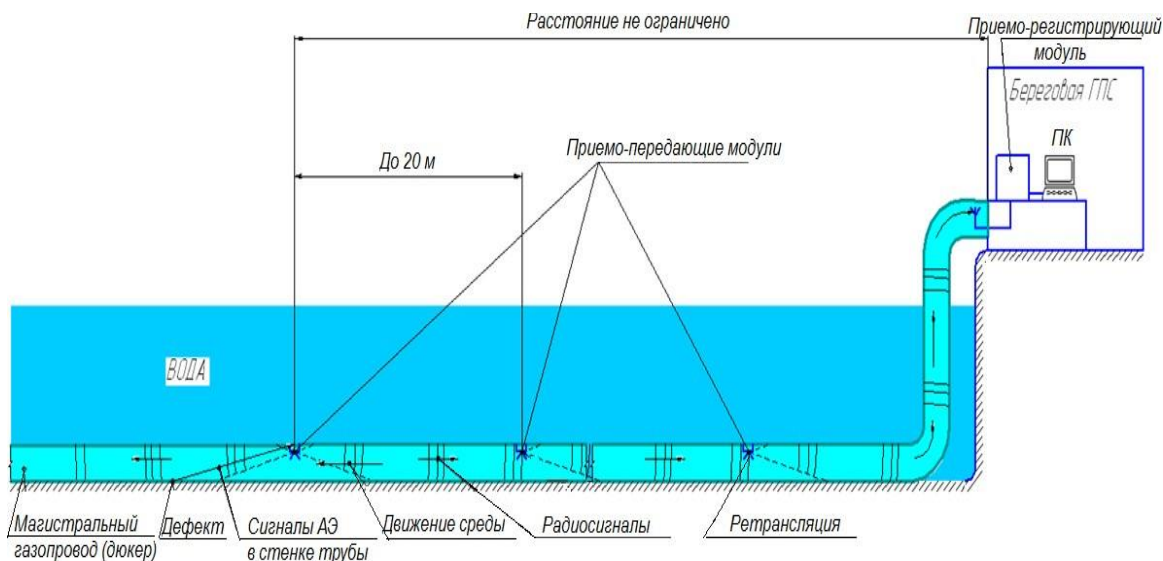


Рисунок 1 – Общая схема дистанционного обнаружения дефектов в дюкерном участке магистрального газопровода беспроводным методом АЭ с помощью самоорганизующейся радиосети

Подобно сотовым телефонам, каждый приемно-передающий модуль имеет индивидуальную несущую радиочастоту. Но, кроме того, в целях самоорганизации сети радиосвязи каждый такой модуль является еще и ретранслятором для сигналов от других модулей. Радиосигналы со скоростью света (300 000 км/с) передаются вдоль трубопровода от модуля к модулю и на ближайшую ГПС, где установлен широкополосный (по радиочастоте) приемно-регистрирующий модуль. Приемно-регистрирующий модуль принимает эти радиоволны и преобразует их обратно в электрические колебания звуковой (ультразвуковой) частоты, соответствующей частоте акустической эмиссии, излучаемой дефектом в металл.

Эти сигналы, а также радиочастота, на которой принят сигнал, регистрируются и подвергаются анализу в приборе акустической эмиссии или в компьютере по специальной программе. При этом кроме основных параметров (амплитуда и частота акустической эмиссии) учитываются следующие показатели:

- несущая радиочастота, на которой принят сигнал (для идентификации номера уловившего сигнал АЭ приемно-передающего модуля, т.е. участка трубопровода с дефектом);
- известный постоянный коэффициент усиления приемно-передающих модулей.

Для подробного обследования дефектного участка и отыскания дефектов далее только на этом участке требуется организация водолазных либо вскрышных работ.

В системах сотовой телефонной связи сегодня все более привлекательным вариантом становится создание самоорганизующейся

беспроводной сети (СОБС). Такая структура формирует сама себя всякий раз, когда специально оснащенные устройства связи (мобильные телефоны, а в данном случае – приемно-передающие модули) оказываются в пределах прямого доступа. Каждое из них выполняет в СОБС функции и передатчика, и приемника, а также служит ретрансляционным пунктом для всех ближайших приспособлений. Устройства, расстояние между которыми превышает дальность прямой связи, могут поддерживать связь между собой, если им готовы помочь другие такие же приспособления, находящиеся между ними, передавая сообщения по цепочке (как ведра при пожаре). Иными словами, каждый узел в сети служит и коммуникатором для собственных сообщений, и элементом инфраструктуры для сообщений других узлов [3].

В телефонах ретранслирующая часть осложнена системой обеспечения конфиденциальности информации, здесь же этого не требуется. У типового беспроводного ПАЭ радиус эффективного приема сигналов АЭ из металла составляет 5 м, а радиус эффективного излучения радиоволн – 100 м [4]. Поэтому приемно-передающие модули должны быть установлены на трубопроводе достаточно часто, но это же дает важное преимущество: радиосигнал от каждого модуля принимается еще как минимум 10 модулями, и это обеспечивает его передачу на ГПС даже в том случае, если какие-либо модули вышли из строя.

Недостатком системы является то, что установка датчиков может быть реализована только на стадии строительства объекта, и исключена возможность их последующей профилактики.

Данное ограничение не снижает актуальность темы: например, такой системой можно было бы оснастить российский дюкерный участок газопровода «Турецкий поток», протяженность которого от Анапского побережья Черного моря составляет 910 км [5]. Если сигнал АЭ возникнет на таком участке, диспетчерский пункт береговой ГПС (станция «Русская») получит информацию о нем менее чем через секунду.

Таким образом, создана новая система диагностики магистрального газопровода методом акустической эмиссии с применением самоорганизующейся беспроводной сети, которая значительно сокращает временные затраты на протяженное сканирование объекта, не требует зачистки металла и не уступает по достоверности существующим методам контроля, а также является одним из перспективных направлений диагностики трубопроводов, которая может предотвратить катастрофы.

Список использованных источников

1. ВСН 012-88 Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Контроль качества и приемка работ. Ч.1. – Введ. 01.01.1989. – Москва: Миннефтегазстрой, 2007. – 63 с.
2. СТО Газпром 2-2.4-083-2006 Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов. – Введ. 20.02.2007. – Москва: ООО "ВНИИГАЗ", 2009. – 126 с.
3. Голдсмит, М. Самоорганизующиеся беспроводные сети [Электронный ресурс]: Наука и жизнь. – 2003. - Режим доступа: <http://nauka.relis.ru/26/0110/26110002.htm>.
4. Многоканальная беспроводная АЭ система «ЭКСИТОН-4040Р». Техническое описание [Электронный ресурс]: НОРМА Научно-технический центр. - <http://www.ntcnorma.narod.ru/aeunits.htm>.
5. Официальный сайт проекта газопровода «Южный поток» [Электронный ресурс]: Южный поток. – Режим доступа: www.south-stream.info.

ВЛИЯНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРОВ НА НАГРУЗОЧНУЮ СПОСОБНОСТЬ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ

Лебедева Д.А., Седых М.А., Рыжкова А.Д.

*Омский государственный технический университет, г. Омск
Научный руководитель: Новиков А.А., д.т.н., профессор кафедры
«Машиностроение и материаловедение»*

Пластмассы в нашей стране являются широко применяемым материалом для изготовления разных предметов разнообразной формы. Широкое использование пластмасс требует и соответствующих возможностей по их обработке. Готовые пластмассовые изделия получают с помощью обработки пластика, основание этого процесса составляет нагрев материала и штамповка [1]. Эффективность использования ультразвуковых инструментов для работы с пластиками хорошо известна в различных технологических промышленных применениях [2].

При работе ультразвукового волновода-инструмента на полимер целесообразно рассматривать процесс взаимодействия в рамках модели упругого взаимодействия жестких стержней (волновод-инструмент и полимер). При этом нагрузка содержит как активную компоненту, определяемую на начальном этапе условиями распространения

ультразвука в материале, так и упругую составляющую, величина, которой может быть оценена, как:

$$\frac{1}{K} = \frac{\Delta x}{\Delta F} = \frac{A_m}{P_{DM} S} = \frac{A_m \pi^2 P_C}{2S \left\{ \pi - \text{Arc cos} \left[\frac{P_C \pi c_1 (E_1 + E_2)}{v_m E_1 E_2} \right] \right\}} \quad (1)$$

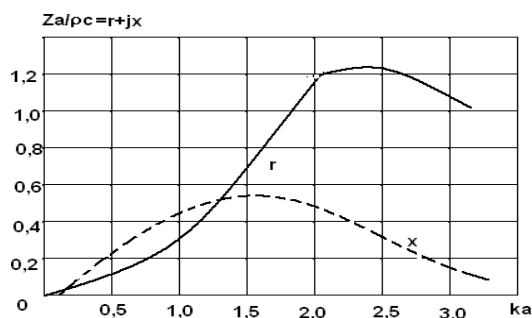


Рисунок 1 - Изменение удельного сопротивления излучения

В свою очередь, активная составляющая нагрузки будет определяться в соответствии со временем акустического контакта волновода инструмента с технологической средой (с учетом коэффициента эффективности излучения, определяемого для «поршневой» модели графиком на рис.1:

$$r_a = \frac{t_k}{T} (\rho c)_{эфф} S. \quad (2)$$

Таким образом, эквивалентная схема нагрузки на стадии технологического процесса воздействия ультразвукового волновода-инструмента на полимер, может быть представлена в двух возможных вариантах (рис.2).

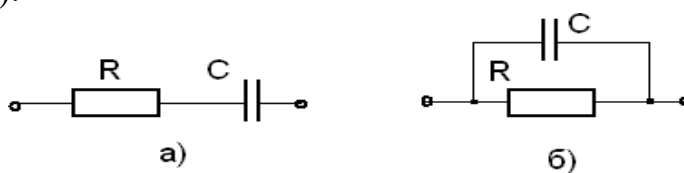


Рисунок 2 - Варианты эквивалентной схемы нагрузки при работе УЗ волновода-инструмента на костный цемент (ПММА) на первой стадии

Наиболее подходящим в данном случае является вариант рис. 2,а, поскольку данная схема не приводит к резкому изменению частоты и нагрузки, а в случае рис.2,б - должно вызывать изменение нагрузки (уменьшение) в сторону приближения к режиму холостого хода.

Для проведения исследований была разработана и изготовлена испытательная установка (рис.3) [3].

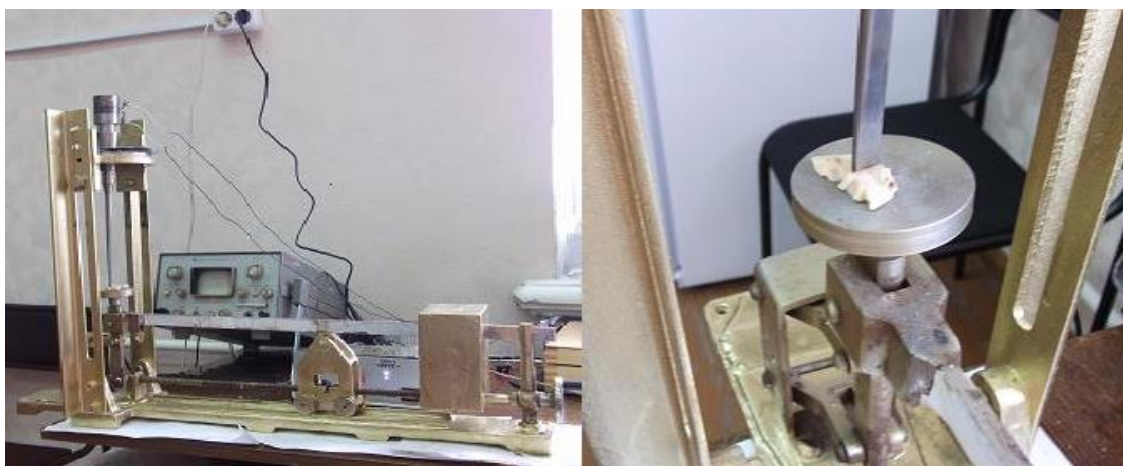


Рисунок 3 – Испытательная установка

При проведении исследований были получены результаты и произведены расчеты сопротивления исследуемых материалов. Результаты приведены в таблице 1. и представлены в виде графика на рис.4.

Таблица 1 – Результаты исследования
 $U=30V=const$

	ПЭВД	ПЭНД	ПММА
$f, \text{кГц}$	42.313	42.317	42.313
$I_{\text{max}}, \text{А}$	1.28	1.28	1.28
$\rho, \text{г/м}^3$	0.925	0.965	1.19
$R, \text{Ом}$	23.438	24.194	24.438

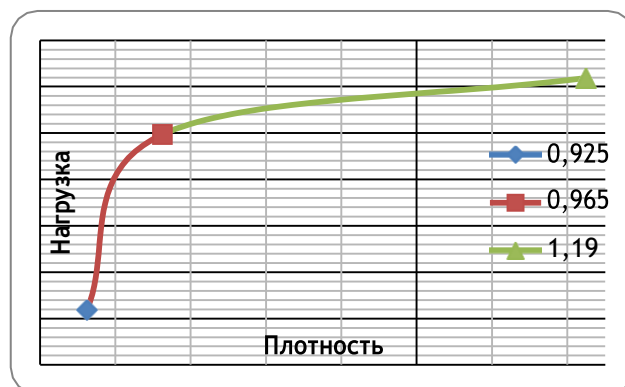


Рисунок 4 – Результаты исследования

Выводы:

- режим работы УЗ излучателя меняется в зависимости от плотности материала, выступающего в качестве нагрузки, что позволяет использовать данный метод для оценки прочностных характеристик материала.

Список использованных источников

1. Мозговой И.В. Основы технологии ультразвуковой сварки полимеров. - Изд. Красноярского университета, 1991. – 278с.
2. Новиков А.А., Лебедева Д.А., Андреева С.А. Интенсификация резания полимеров энергией ультразвуковых колебаний / Современные проблемы машиностроения: сборник научных трудов VII Международной научно-технической конференции / под ред. А.Ю. Арляпова, А.Б. Кима; Томский политехнический университет. – Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2013. - С. 338 – 342.
3. Новиков А.А., Лебедева Д.А. Определение эффективности использования ультразвука для резания двух типов используемых в протезировании пластмасс (ПМА, высокопрочный полиэтилен) / Россия молодая: передовые технологии – в промышленность: Материалы IV Всероссийской молодежной научно – технической конференции. – Омск, 2011. – С. 204–208.

СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ К РАЗРУШЕНИЮ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА АВТОЗИМНИКОВ

*Лысянников А.В., Кайзер Ю.Ф., Серебrenикова Ю.Г.,
Плахотникова М.А., Лысянникова Н.Н., Шрам В.Г., Крацова Е.Г.
ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»,
г. Красноярск*

*Научный руководитель: Желудевич Р.Б., д-р техн. наук, профессор
кафедры АвиаГСМ, Институт нефти и газа*

В условиях стремительного освоения Северных регионов Российской Федерации с целью увеличения объемов добычи углеводородного сырья, увеличивается интенсивность транспортного потока, и как следствие возникает потребность в развитой сети автомобильных дорог, которые необходимо поддерживать в пригодном для эксплуатации состоянии. В силу неблагоприятных природных условий (болота, сильное обводнение грунтов), почти весь объем перевозок выполняется в зимнее время путем использования временных зимних автомобильных дорог – автозимников.

При эксплуатации автозимников, необходимо постоянно контролировать прочность снежного покрова на проезжей части дорожного полотна.

Для определения прочности снежного покрытия используют ударник-зонд СоюздорНИИ [1] и твердомер НИАС [2]. Автор работы В.З. Иофик [3] и японский исследователь Киносита (Kinoshita) [4] предлагают устройства, отличающиеся конструктивным исполнением и геометрическими параметрами инденторов, соприкасающихся со снегом.

Основным источником ошибок при определении прочности снежного покрытия твердомером НИАС является отсутствие уровнемера (практически невозможно выставить твердомер строго вертикально), а определение веса испытателя создает неудобства при замере и влияет на точность определения прочности снежного покрытия. Кроме того, при замере прочности, центр тяжести испытателя смещен относительно продольной оси стойки и для удержания равновесия стойку приходится наклонять, а вместе с ней и продольную ось конуса.

С целью исключения перечисленных недостатков спроектирован и изготовлен стенд (рисунок).

Стенд работает следующим образом. Корпус 1 нижним основанием 2 устанавливается на предварительно выровненное снеговое покрытие, указатель со стрелкой 19 заводится в поперечный нижний уступ 18 направляющей трубы 5. При этом вершина конического наконечника 7 должна находиться в плоскости основания 2, соприкасающегося со снежным покровом, а направляющая труба 5 под действием собственного веса, веса стержня 6, конического наконечника 7, сменного груза 8 и гайки 20 устанавливается в корпусе 1 с разрезной шаровой обоймой вертикально. Для фиксации такого положения направляющей трубы 5 и корпуса 1 вращением гайки 16 под действием осевой силы болта стопора стягивается разрезная шаровая обойма, которая зажимает шаровую головку и удерживает ее в таком положении во время определения прочности снега. Затем указатель со стрелкой 19 вместе со стержнем 6 и коническим наконечником 7 поднимается вверх по продольному пазу 17. Из этого положения стержень отпускается. Под действием собственной тяжести он движется вниз и, соприкасаясь со снежным покровом конической поверхностью наконечника, входит в снег.

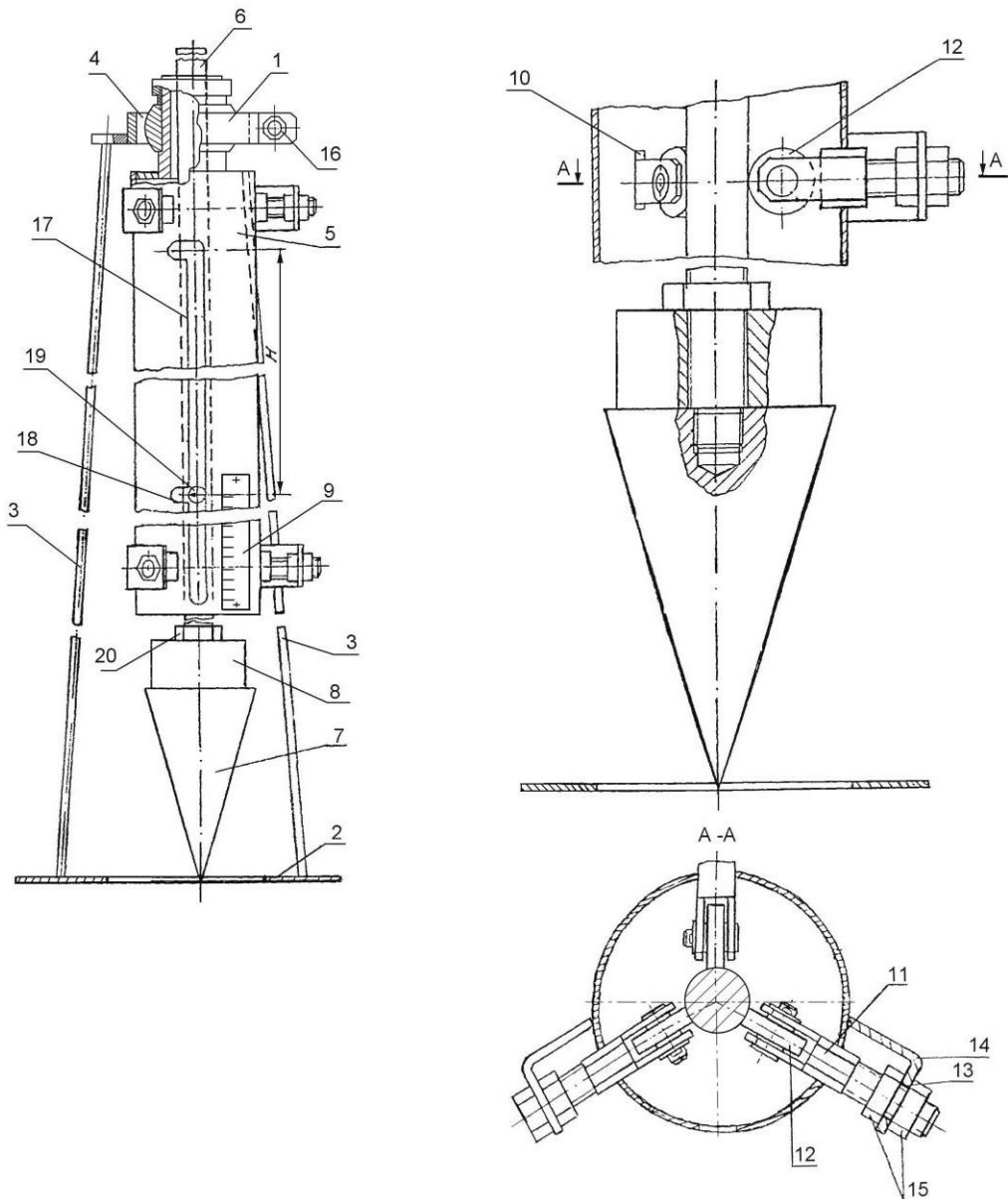


Рисунок – Конструктивное изображение стэнда: 1 – корпус; 2 – основание; 3 – опоры; 4 – шаровый подшипник; 5 – направляющая труба; 6 – стержень; 7 – конический наконечник (индентор); 8 – сменный груз; 9 – мерная линейка; 10 – прямоугольное отверстие; 11 – вилка; 12 – подшипник качения; 13 – цилиндрическое отверстие; 14 – скоба; 15 – гайки регулировочные; 16 – гайка стопора; 17 – продольный паз; 18 – поперечный уступ; 19 – указатель со стрелкой; 20 – гайка

Прочность уплотненного снега в зависимости от прилагаемой нагрузки и глубины погружения конуса определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{m \cdot g \cdot H}{\pi \cdot h^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \cdot \frac{\alpha}{2}}$$

где σ – показатель прочности снега, кПа;

m – масса штанги с коническим наконечником, кг;

H – высота падения штанги с коническим наконечником, м;

h – глубина погружения конуса, м;

α – угол конуса, $\alpha = 34^\circ 12'$.

Новизна предлагаемого технического решения подтверждена патентом на изобретение [5].

Особенностью изготовленного стенда является то, что в его конструкции предусмотрена возможность создания различной энергии удара за счет фиксированного изменения высоты подъёма стержня 6 с наконечником 7 (индентора) и массы сменного груза 8. Это позволяет проводить исследования влияния формы наконечника и энергии удара на показатели прочности снега в широких пределах, расширить область применения твердомера и определять прочность снежно-ледяных образований инденторами различных геометрических параметров в зависимости от климатических условий. Кроме того, использование данного стенда позволит эксплуатационным службам автомобильных дорог осуществлять оперативный контроль степени уплотнения снежного покрова.

Список использованных источников

1. ВСН 137-89. Проектирование, строительство и содержание зимних автомобильных дорог в условиях Сибири и Северо-Востока СССР. . – Введ. 01.01.1990. – Москва: Минтрансстрой, 1990 г – 86 с.
2. Руководство по эксплуатации гражданских аэродромов Российской Федерации (РЭГА РФ-94 [текст]. Утв. приказом директора Департамента воздушного транспорта от 19.09.94 №ДВ-98. Ввод в действие: 19.09.1998. – Новосибирск: Издательство НПФ «Бэсттек-Авиа» 1999 г. – 232 с.
3. Иофик В.З. Выбор моделей динамического плотномера для определения трудности разработки грунтов / В.З. Иофик // Строительные и дорожные машины. – 1990. – № 5. – С. 31–34.
4. Борьба со снегом и гололедом на транспорте: Материалы 2-го Международного симпозиума, состоявшегося 15-19 мая 1978 г.,

Ганновер, штат Нью-Гэмпшир, США / Пер. с англ. Л.Я. Менис, М.Н. Шипковой; под ред. А.П. Васильева. – М.: Транспорт, 1986. – 216 с.

5. Пат. № 2350923 Российская Федерация, МПК G01N3/42. Твердомер / Р.Б. Желукевич, В.Н. Подвезенный, В.А. Ганжа и др; заявитель и патенто-обладатель ФГОУ ВПО Сибирский федеральный университет. - № 2007117229/28; заявл. 08.05.2007; опуб. 27.03.2009. – 3 с.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДНИЩА РВС НА ОСНОВЕ ФАЗИРОВАННЫХ АКУСТИЧЕСКИХ РЕШЕТОК

*Лысянникова Н. Н., Кравцова Е. Г., Лысянников А. В., Шрам В. Г.,
Безбородов Ю.Н., Кайзер Ю.Ф., Мерко М.А.*

*ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»,
г. Красноярск*

Научный руководитель: Сельский А. А., к. т. н., доцент

В процессе эксплуатации резервуаров вертикальных стальных наиболее опасным видом износа является образование течей в листовых элементах стенок и днищ вследствие коррозии, возникающей от воздействия внешней среды и возможных загрязнений (осадков) в хранимом нефтепродукте. Неблагоприятными последствиями образования протечек являются потери нефтепродукта, повышение взрывопожароопасности, загрязнение окружающей среды, подмыв основания резервуара. В связи с этим «Правилами технической эксплуатации нефтебаз» [1] предусмотрены периодические меры по диагностике резервуаров.

В большинстве типовых методик по контролю днищ резервуаров большое внимание уделяется дефектоскопии сварных соединений. Однако сварные соединения днищ при эксплуатации резервуара не испытывают высоких растягивающих нагрузок, и поэтому представляется целесообразной их проверка только на герметичность. На днищах, изготовленных из рулонов, сваренных автоматической и полуавтоматической сваркой, проверке ультразвуком по [2] следует подвергать только монтажные швы, причем такие дефекты сварки, как несквозные непровары, подрезы, поры и зашлаковки вряд ли представляют опасность. Однако гораздо более актуален контроль основного металла листов. Например, по статистике наблюдений на

сварные соединения приходится не более 10% от всего объема выявляемых протечек в днищах резервуаров.

Отличительными особенностями эксплуатации нефтеналивных резервуаров в свете механизмов износа стенок и днищ являются малоциклическое нагружение и преобладание химического воздействия окружающей среды над активностью хранимого продукта.

Ввиду доступности для визуального осмотра выявление течей в вертикальных стенках при испытании резервуаров и в ходе их эксплуатации не представляет практической сложности, а химическое воздействие среды на металл стенок носит преимущественно односторонний характер (снаружи) и менее активно, чем в отношении днища. Визуальное обнаружение протечек в днище при заполненной емкости невозможно.

Снятие статического давления существенно изменяет текущее состояние дефектов в днищах. Сквозные или потенциально сквозные несплошности под давлением жидкостного столба получают раскрытие, достаточное для проникновения в них продукта, но при разгрузке резервуара под действием упругости металла могут сомкнуться до степени, не позволяющей обнаружить их визуально. Недоступны для визуального выявления также эксплуатационные дефекты, проистекающие со стороны грунта, независимо от их величины. В условиях хранения качественных нефтепродуктов (т.е. слабой химической активности осадка) износ резервуара в наибольшей степени определяется именно этим процессом.

Типовая методика контроля днищ резервуаров, изложенная в инструкциях [3], предусматривает выборочный контроль визуально подозрительных мест с помощью ультразвука (сварные соединения и толщинометрия), а также вакуумно-жидкостным методом [4] (сквозные дефекты). Вакуумно-жидкостный метод состоит в том, что подозрительное место смачивают мыльным раствором, затем на него помещают прозрачную вакуум-камеру (колпак из оргстекла), из которой откачивают воздух. Под действием атмосферного давления воздух из-под днища устремляется в камеру сквозь дефект, и поэтому над дефектом образуются мыльные пузыри.

Однако такие методы не решают ряд задач, а именно: не выявляют дефекты в виде язв и несквозных трещин, развивающихся от грунта, а также сквозных «захлопывающихся» трещин, которые невозможно различить визуально из-за их слабого раскрытия при разгруженном РВС. Для решения этой проблемы была разработана специальная

методика сплошного ультразвукового поиска дефектов с помощью нормальных акустических волн в листах (волн Лэмба). Это позволило, например, осуществлять полный контроль днища РВС для хранения дизельного топлива диаметром 18 м (площадь 2550 м²) с затратами на поиск дефектов 8 человеко-часов. Однако по собственному мнению авторов недостатком этой методики является то, что она ориентирована на параметры типовых универсальных ультразвуковых дефектоскопов, выпускавшихся отечественной (УД2-12, УД2-17) и зарубежной (USK-7S) промышленностью на момент ее разработки, которые не всегда наиболее корректно удовлетворяют данной задаче.

Прежде всего, это касается набора ультразвуковых частот, предусмотренных стандартами на такую аппаратуру. Большинство универсальных дефектоскопов используют частоту не ниже 1 МГц, что ограничивает «дальнобойность» акустического сигнала, так как с повышением частоты увеличивается его склонность к затуханию. По разработанной методике такая «дальнобойность» составляет 1 м. Если же исходить не из возможностей универсальной аппаратуры, а из условий задачи, то оптимальная частота должна быть существенно ниже реализованных в методике вариантов (1-2 МГц). Тем более что в последние годы на мировом рынке дефектоскопической аппаратуры появились компьютеризированные модели с низкими ультразвуковыми частотами, такие как УДЗ-103 «Пеленг», УДС2-52 «Зонд», USM-22L.

Однако подбор аппаратных средств является лишь частью решения технологической задачи ультразвуковой диагностики конкретных производственных объектов. Каждая такая задача требует оптимального подбора, а в лучшем случае – специального проектирования и изготовления пьезоэлектрического преобразователя (датчика) для наиболее эффективного перевода импульсов колебательной электрической энергии в зондирующий ультразвуковой сигнал упругих колебаний выбранного типа в конкретном металлическом объекте и ответного акустоэлектрического преобразования эха от всех вероятных дефектов.

Список использованных источников

1. Правила технической эксплуатации нефтебаз. Утверждены Главным управлением по госпоставкам и коммерческой деятельности ГП «Роснефть». М: 1997 г. - 150 с.

2. ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.

3. Правила технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту. Госкомнефтепродукт СССР, 1986.

4. ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов.

НОВЫЙ ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

Лысянников А.В., Павлова П.Л.

*Сибирский федеральный университет Институт нефти и газа,
г. Красноярск*

*Научный руководитель: Кондрашов П.М., к. т. н., заведующий
кафедрой «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»*

Непрерывный контроль параметров бурового раствора, является обязательной частью технологического процесса бурения нефтяных и газовых скважин. Оптимально подобранная рецептура раствора позволяет предотвратить риск возможности такого явления, как фонтанирование нефти и газа из ствола скважины, приводящего к выбросу из скважины промывочного раствора и создающему аварийную, пожароопасную ситуацию, «застревания» и как возможный вариант потерю бурового инструмента и обеспечить выполнение условия проведения безопасных и безаварийных буровых работ.

С началом 90-х годов у российских производителей приборов контроля реологических параметров резко снизились продажи, так как нефтяные компании стали закупать более совершенные импортные приборы, работы по модернизации были приостановлены. На сегодняшний день для измерения статического напряжения сдвига, предельного напряжения сдвига и пластической вязкости бурового раствора необходимо использовать один прибор зарубежного производства, например фирмы Varoid, или два прибора Российского производства: СНС-2 (СНС-2М), СНС-3 (разработка 70-х годов) и ротационный вискозиметр ВСН-3.

Необходимо разработать прибор, сохраняющий простоту конструкции, возможность ремонта в полевых условиях, и низкую стоимость, обеспечивающий одновременное измерение не менее трёх параметров качества буровых растворов, визуализацию результатов на

экране ЭВМ и их автоматическую запись в ноутбук. Масса прибора должна быть на уровне импортных образцов.

Во всех четырёх рассматриваемых приборах российского производства измерения осуществляются при помещении жидкости между двумя вращающимися цилиндрами. Однако масса ВСН-3 в несколько раз превышает массу приборов, измеряющих статическое напряжение сдвига, поэтому в качестве прототипа целесообразно взять лучшие технические решения, использованные в приборах СНС-2, СНС-2М и СНС-3. К этим техническим решениям нужно добавить решения, обеспечивающие проведение измерений предельное напряжение сдвига и статическое напряжение сдвига.

Измерение предельного напряжения сдвига и пластической вязкости осуществляется на основе реологической модели. Все модели имеют не менее двух параметров в одном уравнении. То есть задача измерения сводится к решению одного уравнения с двумя неизвестными. Например, наиболее распространённая модель Шведова-Бингама имеет вид [1]:

$$\tau = \tau_0 + \mu_p \frac{dU}{dy}; \quad (1)$$

где τ_0 – предельное напряжение сдвига, Па;

μ_p – пластическая вязкость, Па*с;

$\frac{dU}{dy}$ – производная скорости в направлении перпендикулярном

направлению движения жидкости.

Неизвестными величинами в этой модели являются предельное напряжение сдвига – τ_0 и пластическая вязкость – μ_p .

Для определения двух неизвестных нужно иметь два уравнения, а не одно. Для этого измерения проводятся при относительной скорости вращения стаканов 300 и 600 об/мин. После проведения измерений получаем коэффициент системы уравнений [2]:

$$\begin{cases} \tau_{300} = \tau_0 + \mu_p \frac{dU}{dy} \Big|_{300}, \\ \tau_{600} = \tau_0 + \mu_p \frac{dU}{dy} \Big|_{600} \end{cases}; \quad (2)$$

где τ_{300} и $\frac{dU}{dy} \Big|_{300}$, τ_{600} и $\frac{dU}{dy} \Big|_{600}$ – касательные напряжения на наружной

поверхности внутреннего цилиндра и производной скорости в радиальном направлении при вращении внутреннего цилиндра со скоростью 300 и 600 об/мин соответственно.

Касательные напряжения связаны с углами скручивания нити соотношениями [2]:

$$\tau = \varphi \cdot d^4 \cdot G \quad (3)$$

$$\tau_{300} = \frac{300}{64 \cdot R^2 \cdot h \cdot L} \cdot d^4 \cdot G \quad (4)$$

$$\tau_{600} = \frac{300}{64 \cdot R^2 \cdot h \cdot L} \cdot d^4 \cdot G$$

где φ_{300} и φ_{600} – углы скручивания стальной нити диаметром d при скоростях вращения внутреннего цилиндра 300 и 600 об/мин. соответственно.

G – модуль сдвига ($G = 79,3 \cdot 10^9$ Па);

R – радиус наружной поверхности внутреннего цилиндра, мм;

h – высота внутреннего цилиндра, мм;

L – длина нити на которой подвешен внутренний цилиндр, мм;

Представленный метод применим только для линейной зависимости между касательными напряжениями на наружной поверхности внутреннего цилиндра и производных скорости в радиальном направлении. Для выявления параметров иных реологических моделей, например степенного характера (рисунок 1), современные приборы имеют более 2-х скоростей, что обеспечивает получение большего количества данных.

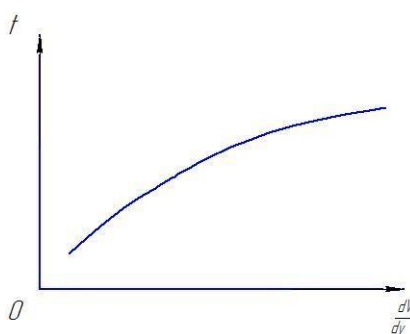


Рисунок 1 – Зависимость предельного напряжения сдвига

Для более точного определения коэффициентов реологических моделей принимаем, что прибор нового поколения должен иметь не менее 8-ми скоростей.

Список использованных источников

1. Тетльмин В.В., Язев В.А. Реология нефти, М.: Граница, 2009. – 256 с.
2. Rabia H. Oilwell drilling engineering. Principles and practice. University of Newcastle upon Tyne.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДНИЩА РВС НА ОСНОВЕ ФАЗИРОВАННЫХ АКУСТИЧЕСКИХ РЕШЕТОК

*Лысянникова Н. Н., Кравцова Е. Г., Лысянников А. В., Шрам В. Г.,
Безбородов Ю.Н., Кайзер Ю.Ф., Мерко М.А.
Сибирский федеральный университет Институт нефти и газа,
г. Красноярск
Научный руководитель: Сельский А. А., к. т.н., доцент*

В процессе эксплуатации резервуаров вертикальных стальных наиболее опасным видом износа является образование течей в листовых элементах стенок и днищ вследствие коррозии, возникающей от воздействия внешней среды и возможных загрязнений (осадков) в хранимом нефтепродукте. Неблагоприятными последствиями образования протечек являются потери нефтепродукта, повышение взрывопожароопасности, загрязнение окружающей среды, подмыв основания резервуара. В связи с этим «Правилами технической эксплуатации нефтебаз» [1] предусмотрены периодические меры по диагностике резервуаров.

В большинстве типовых методик по контролю днищ резервуаров большое внимание уделяется дефектоскопии сварных соединений. Однако сварные соединения днищ при эксплуатации резервуара не испытывают высоких растягивающих нагрузок, и поэтому представляется целесообразной их проверка только на герметичность. На днищах, изготовленных из рулонов, сваренных автоматической и полуавтоматической сваркой, проверке ультразвуком по [2] следует подвергать только монтажные швы, причем такие дефекты сварки, как несквозные непровары, подрезы, поры и зашлаковки вряд ли представляют опасность. Однако гораздо более актуален контроль основного металла листов. Например, по статистике наблюдений на сварные соединения приходится не более 10% от всего объема выявляемых протечек в днищах резервуаров.

Отличительными особенностями эксплуатации нефтеналивных резервуаров в свете механизмов износа стенок и днищ являются малоциклическое нагружение и преобладание химического воздействия окружающей среды над активностью хранимого продукта.

Ввиду доступности для визуального осмотра выявление течей в вертикальных стенках при испытании резервуаров и в ходе их эксплуатации не представляет практической сложности, а химическое воздействие среды на металл стенок носит преимущественно односторонний характер (снаружи) и менее активно, чем в отношении днища. Визуальное обнаружение протечек в днище при заполненной емкости невозможно.

Снятие статического давления существенно изменяет текущее состояние дефектов в днищах. Сквозные или потенциально сквозные несплошности под давлением жидкостного столба получают раскрытие, достаточное для проникновения в них продукта, но при разгрузке резервуара под действием упругости металла могут сомкнуться до степени, не позволяющей обнаружить их визуально. Недоступны для визуального выявления также эксплуатационные дефекты, проистекающие со стороны грунта, независимо от их величины. В условиях хранения качественных нефтепродуктов (т.е. слабой химической активности осадка) износ резервуара в наибольшей степени определяется именно этим процессом.

Типовая методика контроля днищ резервуаров, изложенная в инструкциях [3], предусматривает выборочный контроль визуально подозрительных мест с помощью ультразвука (сварные соединения и толщинометрия), а также вакуумно-жидкостным методом [4] (сквозные дефекты). Вакуумно-жидкостный метод состоит в том, что подозрительное место смачивают мыльным раствором, затем на него помещают прозрачную вакуум-камеру (колпак из оргстекла), из которой откачивают воздух. Под действием атмосферного давления воздух из-под днища устремляется в камеру сквозь дефект, и поэтому над дефектом образуются мыльные пузыри.

Однако такие методы не решают ряд задач, а именно: не выявляют дефекты в виде язв и несквозных трещин, развивающихся от грунта, а также сквозных «захлопывающихся» трещин, которые невозможно различить визуально из-за их слабого раскрытия при разгруженном РВС. Для решения этой проблемы была разработана специальная методика сплошного ультразвукового поиска дефектов с помощью нормальных акустических волн в листах (волн Лэмба). Это позволило,

например, осуществлять полный контроль днища РВС для хранения дизельного топлива диаметром 18 м (площадь 2550 м²) с затратами на поиск дефектов 8 человеко-часов. Однако по собственному мнению авторов недостатком этой методики является то, что она ориентирована на параметры типовых универсальных ультразвуковых дефектоскопов, выпускавшихся отечественной (УД2-12, УД2-17) и зарубежной (USK-7S) промышленностью на момент ее разработки, которые не всегда наиболее корректно удовлетворяют данной задаче.

Прежде всего, это касается набора ультразвуковых частот, предусмотренных стандартами на такую аппаратуру. Большинство универсальных дефектоскопов используют частоту не ниже 1 МГц, что ограничивает «дальнобойность» акустического сигнала, так как с повышением частоты увеличивается его склонность к затуханию. По разработанной методике такая «дальнобойность» составляет 1 м. Если же исходить не из возможностей универсальной аппаратуры, а из условий задачи, то оптимальная частота должна быть существенно ниже реализованных в методике вариантов (1-2 МГц). Тем более что в последние годы на мировом рынке дефектоскопической аппаратуры появились компьютеризированные модели с низкими ультразвуковыми частотами, такие как УД3-103 «Пеленг», УДС2-52 «Зонд», USM-22L.

Однако подбор аппаратных средств является лишь частью решения технологической задачи ультразвуковой диагностики конкретных производственных объектов. Каждая такая задача требует оптимального подбора, а в лучшем случае – специального проектирования и изготовления пьезоэлектрического преобразователя (датчика) для наиболее эффективного перевода импульсов колебательной электрической энергии в зондирующий ультразвуковой сигнал упругих колебаний выбранного типа в конкретном металлическом объекте и ответного акустоэлектрического преобразования эха от всех вероятных дефектов.

Список использованных источников

1. Правила технической эксплуатации нефтебаз. Утверждены Главным управлением по госпоставкам и коммерческой деятельности ГП «Роснефть». М: 1997 г. - 150 с.

2. ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.

3. Правила технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту. Госкомнефтепродукт СССР, 1986.
4. ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЕ ПОГОННОЙ ЕМКОСТИ ОБРАЗЦОВ ПРОВОДА

Мазиков С.В., Вавилова Г.В.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Вавилова Г.В., ст. преподаватель кафедры
физических методов и приборов контроля качества*

Для калибровки измерителя емкости необходимо иметь образцы провода с известным действительным значением погонной емкости, в качестве которого принимается результат измерения емкости в соответствии с ГОСТ 27893-88 [1]. В стандарте нет требований к качеству и температуре воды, а изменение удельной электропроводности воды приводит к изменению результата измерения погонной емкости. В [2] показано, что изменение концентрации примесей и температуры воды оказывают существенное влияние на изменение удельной электропроводности воды. В связи с этим возникла необходимость определить, при каких условиях следует проводить определение действительного значения емкости образца провода. Стоит отметить, что при повышении температуры воды меняется не только значение удельной электропроводности воды, но и свойства изоляции провода за счет его нагревания [3].

Цель исследования оценить влияние изменения удельной электропроводности воды и свойств изоляции провода на результат измерения емкости провода в соответствии с ГОСТ 27893-88.

Для проведения эксперимента используются одножильные электрические провода с полимерной изоляцией из поливинилхлорида и полиэтилена. Одножильный электрический провод не имеет в своей конструкции металлической оболочки или экрана, поэтому для проведения измерения емкости образец провода помещается в металлический заземленный бак, заполненный водой без предварительной подготовки [1]. Один конец образца присоединяется к измерительному прибору иммитансу АМ 3001 фирмы Актаком, второй

остается свободным, не погруженным в воду. Электрическая емкость провода измеряется между жилой и водой.

В данном эксперименте используются два варианта изменения электропроводности – изменение температуры воды и изменение концентрации растворенной в воде примеси.

В первой части эксперимента измерение электропроводности воды обеспечивается за счет изменения температуры водопроводной воды путем нагревания металлического бака с водой вместе с погруженным в него образцом провода от начальных условий эксперимента до температуры закипания воды. В наших условиях вода кипит при 95 °С (определено экспериментальным путем). Значение емкости провода измеряется с шагом изменения температуры 5 °С (30, 35 ... 95 °С).

Вторая часть эксперимента проводится по той же схеме только при использовании водопроводной воды с растворенной в ней поваренной солью NaCl концентрацией 4 г/л.

На рисунке 1 приведены годографы комплексного сопротивления от изменения погонной емкости при использовании пресной (красная линия) $\lambda < 1$ г/л и соленой водопроводной воды (синяя линия) $\lambda = 4$ г/л для различных образцов провода. Пунктирной линией показан годограф от изменения солености воды.

Анализ полученных графиков показывает, что при изменении температуры воды от 30 до 95 °С в основном меняется реактивная составляющая комплексного сопротивления, имеющая емкостной характер.

Для образца провода с изоляцией из поливинилхлорида наблюдается значительное изменение комплексного сопротивления, причем изменение температуры оказывает более значительный вклад, чем изменение концентрации соли. Изменение комплексного сопротивления за счет изменения температуры воды от 30 до 95 °С составляет -37 % при использовании водопроводной воды – -32 % при использовании соленой воды ($\lambda = 4$ г/л). Изменение концентрации соли в воде (от 0 до 4 г/л) обеспечивает относительное изменение комплексного сопротивления лишь на 4 % при высокой температуре ($t = 95$ °С) и 11 % при низкой температуре ($t = 30$ °С) для образца из поливинилхлорида.

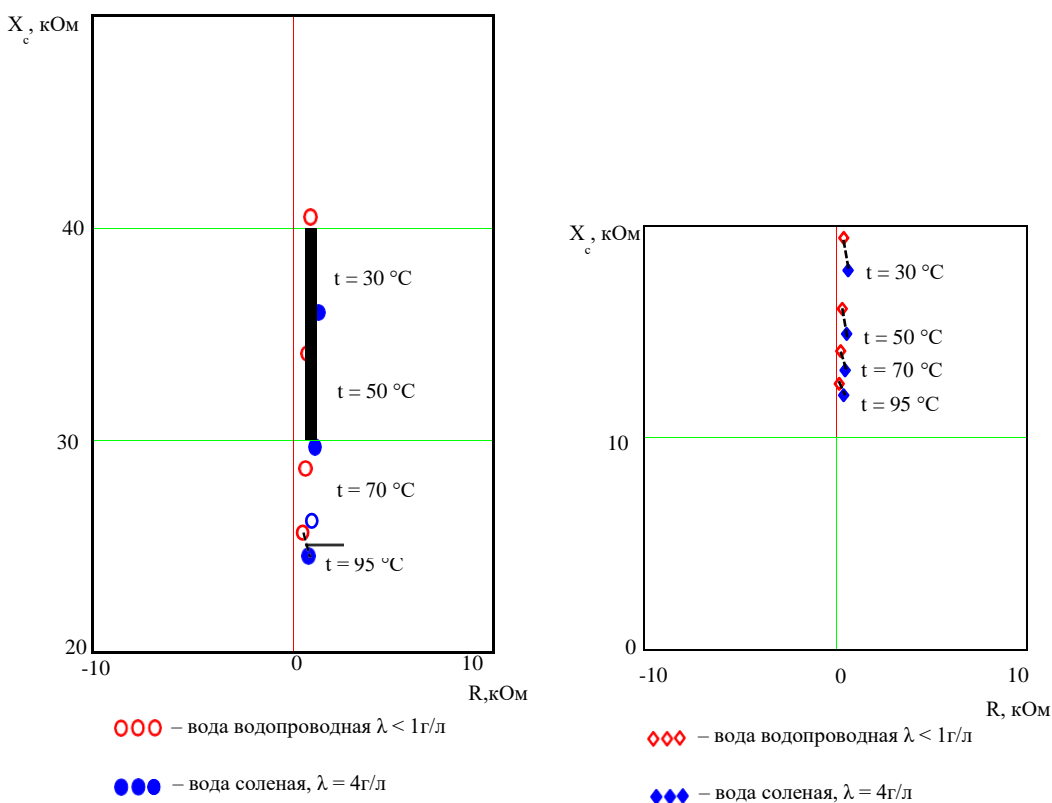


Рисунок 1 - Годографы комплексного сопротивления от изменения погонной емкости при использовании пресной (красная линия) и соленой водопродонной воды (синяя линия)

Образец из полиэтилена имеет незначительное изменение комплексного сопротивления как при изменении температуры, так и при изменении концентрации соли. Изменение комплексного сопротивления при изменении температуры от 30 до 95 °C при использовании водопродонной воды составляет 4% и при использовании соленой воды ($\lambda = 4 \text{ г/л}$) составляет 8%. Изменение концентрации соли в воде (от 0 до 4 г/л) обеспечивает относительное изменение комплексного сопротивления лишь на 1,9 % при высокой температуре ($t = 95 \text{ °C}$) и 5,6 % при низкой температуре ($t = 30 \text{ °C}$) для образца из полиэтилена.

Следует отметить, что изменение емкостной составляющей комплексного сопротивления может являться следствием как изменения удельной электропроводности воды при изменении температуры (а также при изменении концентрации соли), так и изменения свойств изоляции провода при изменении температуры. Для оценки вклада каждого из указанных причин изменения емкостного сопротивления

провода построены графики зависимости погонной емкости для образцов с изоляциями из поливинилхлорида и полиэтилена от изменения температуры воды (рисунок 2).

Анализ зависимостей показывает, что изменение температуры воды в диапазоне от 30 до 95 °С приводит к уменьшению действительного значения емкости для образца из полиэтилена на 4,8 % и увеличению на 58 % для образца из поливинилхлорида. Изменение концентрации соли в воде от 0 до 4 г/л приводят к изменению измеренного значения емкости при низкой температуре (30 °С) на 4,5 % для образца из полиэтилена и на 12,5 % для образца из поливинилхлорида, при высокой температуре (95°С) на 1,5 % для образца из полиэтилена и на 6,5 % для образца из поливинилхлорида.

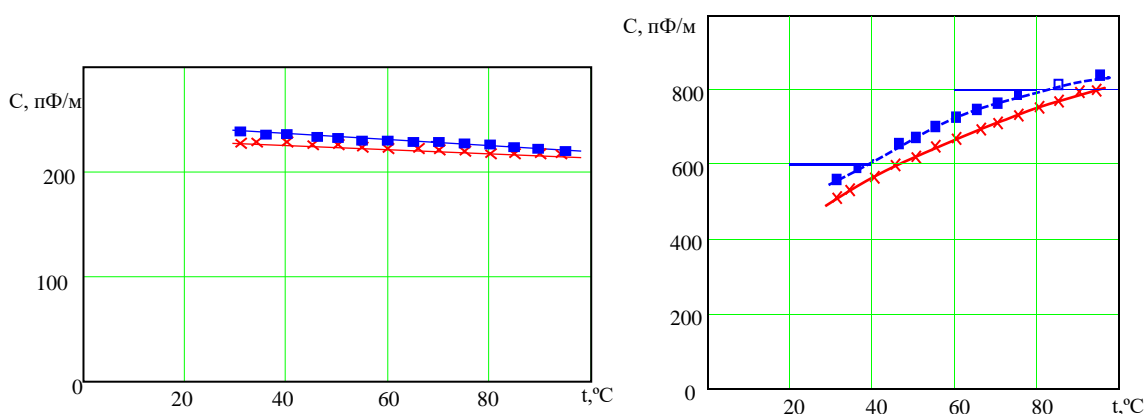


Рисунок 2 - Зависимость погонной емкости провода от температуры для различных материалов изоляции при использовании водопроводной воды (x x x) и соленой (■ ■ ■)

По представленным результатам видно, что при увеличении температуры влияние солености на действительное значение емкости уменьшается.

Анализ зависимостей показывает, что для различных материалов изоляции проводов существует разная зависимость изменения емкости при увеличении температуры воды. Для полиэтилена влияния температуры на изменение свойств материала практически не оказывает влияния, что согласуется с данными [3]. Полихлорвинил, наоборот, значительно подвержен действиям температуры. При увеличении температуры от 0 до 100 °С диэлектрическая проницаемость полихлорвинила увеличивается от 3 до 12 [3], что приводит к значительному увеличению действительного значения емкости до 60%.

Приведенные нами экспериментальные данные подтверждают справочные данные.

Представленные результаты подтверждают зависимость измеренного значения емкости провода от условий проведения измерений. Поэтому для того чтобы использовать значения, полученные в соответствии с ГОСТ необходимо чтобы условия измерений были идентичны.

Список информационных источников

1.ГОСТ 27893–88 (СТ СЭВ 1101–87). Кабели связи. Методы испытаний.– М.: Изд-во стандартов, 1989.– 26 с.

2.Гольдштейн А.Е. Технологический контроль погонной емкости электрического кабеля в условиях значительных изменений солёности воды/ А.Е. Гольдштейн, Г.В. Вавилова// Контроль. Диагностика: научно-технический журнал / Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике. – 2013. – № 9. – С. 57-60.

3.Григорьян А.Г. Производство кабелей и проводов с применением пластмасс и резин/ А.Г. Григорьян, Д.Н. Дикерман, И.Б. Пешков; под ред. И.Б. Пешкова. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 304 с.: ил.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОЛОГИИ

Макайт Д.К., Маратова А.Г.

*Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда*

Научный руководитель: Портнов В.С., д.т.н., руководитель УПО

В данной статье мы рассмотрим важность геофизических приборов при разведке медно-порфирирового месторождения Нурказган и методологию локального изотопно-геохронологического исследования интрузивных пород, которая решает острые вопросы абсолютного возраста месторождения.

Геофизические признаки медного оруденения, выявленные по данным геолого-геофизических работ масштаба 1:10 000, обусловлены прежде всего наличием в рудах Восточного участка магнетита, количество которого достигает 1,5-10 %. В связи с этим средняя магнитная восприимчивость рудных березитов увеличивается до $6000 \cdot 10^{-5}$

ед. СИ. В результате медным рудам Восточного участка, залегающим вблизи дневной поверхности, соответствует весьма интенсивная положительная магнитная аномалия амплитудой до 800-1000 нТл (рис. 1). Контуры магнитной аномалии соответствуют площади развития медного оруденения.

Для Западного участка в целом характерны пониженные значения магнитного поля от -80 до +100 нТл, обусловленные гидротермальным метасоматозом кварцевых диоритов и гранодиорит-порфиоров, в связи с чем они представлены слабомагнитными ($a_e < 50 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ) разностями. Непосредственно в рудах по данным минералогических анализов содержание магнетита невелико - менее 0,1%, поэтому руды Западного участка не фиксируются в магнитном поле.

На гравиметрической карте рудные тела не выделяются локальными аномалиями, что обусловлено близкими плотностными параметрами руд и окружающих пород. Так, плотность медных руд, изменяющаяся от 2,60 до 3,05 г/см³, имеет среднее значение 2,78 г/см³ и ненамного отличается от средней плотности кварцевых диоритов - 2,74 г/см³ и вмещающих туфов андезибальзатов жарсорской свиты - 2,76 г/см³.

По данным электроразведочных работ методом переходных процессов (МПП), выполненным на месторождении в 1992-1995 гг. (А. В. Ковалев, В. К. Медведев, 1996 г.), медные руды отмечаются зонами высокой проводимости – от 5 до 50 Сим (рис. 1). Как показали результаты буровых работ, максимальные значения соответствуют участкам развития наиболее богатого медного оруденения. Из 17 скважин, пробуренных на начальном этапе разведки для оценки результатов МПП, 15 скважин на глубинах свыше 270 м вскрыли брекчиевые медные руды и только 2 оказались безрудными и выявили интенсивно пиритизированные породы. Эффективность метода МПП обусловлена по данным каротажа сравнительно низкими средними значениями кажущегося сопротивления руд - 400 Ом-м, которое значительно меньше, чем у безрудных березитов, - 2000 Ом-м. Медные руды характеризуются очень высокими значениями кажущейся поляризуемости, средняя величина которой достигает 16%, намного превышая по этому показателю березиты - 9% и вмещающие породы – 4-6 %. Высокая эффективность метода, проведенного современной аппаратурой «Цикл-7» в рамочно-петлевом варианте с петлей 250x250 м, подтвердилась в 2009 году при опосковании глубоких горизонтов на южном продолжении Восточного участка месторождения, где

крутопадающая рудная зона была прослежена в юго-восточном направлении еще на 800 м. Кроме того, по повышенным значениям кажущейся проводимости установлена вторая рудная зона общей протяженностью 1200м, расположенная ниже основной рудной зоны, параллельно ей между профилями 16-18.

Изотопный возраст магматических пород

Открытие медно-порфирового оруденения Нурказганского типа повлекло за собой повышенное внимание геологов к северо-западной части девонского вулканоплутонического пояса с целью прогноза новых месторождений и определение ресурсов данного типа оруденения. По ныне многие ученые и разведчики считали что оруденение связано с эволюцией девонского вулканоплутонического пояса (Абдуллин А.А., Торчинюк Р.М., Колесников В.В., Гранкин М.С., Козлов А.Д., Полетаев А.И., Серых В.И., Евдокимов И.В.). Были расхождения в деталях: карамендинским (известково-щелочного состава) D_1 или коккудуктюбинским (субщелочного состава) D_2 или (D_2-3) комплексами (Гидаспов Г.Д. 1989г.). Других версии практической не было. Были причины для появления такой версии: практическое отсутствие в Казахстане изотопно-геохронологической службы и др. (Ермолов П.В.).

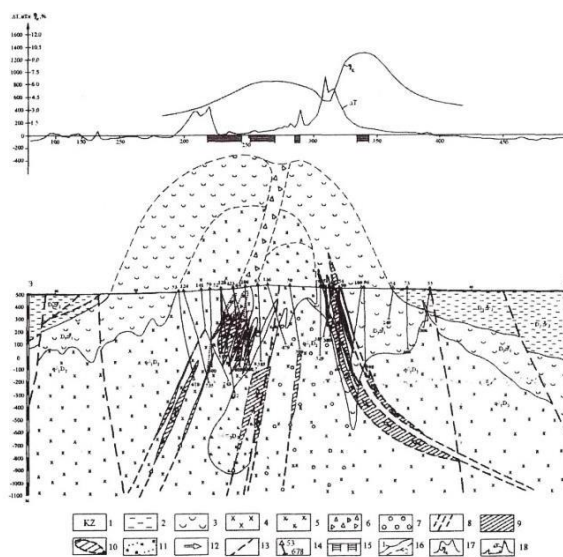


Рис. 1. Геолого-геофизическая модель месторождения Нурказган. Профиль 34 (составил А.Т. Байдалинов). 1– отложения кайнозоя, глины с примесью валунно-щепнисто-дресвяного материала; 2 – жарсорская свита, верхняя подсвита ($D_{2,zr2}$): песчаники, алевролиты, конгломераты красноцветные с горизонтами туффов кислого состава; 3 – нижняя подсвита ($D_{2,zr1}$): туфы андезибазальтового состава; 4,5 – коккудуктюбинский комплекс: 4 – кварцевые диориты средне- мелкозернистые первой фазы, 5 – гранодиорит-порфиры поздней фазы; 6 – эруптивные брекчии

кварцевых диоритов, гранодиорит-порфириров; 7 – кварцевые метасоматиты пиритизированные; 8 – контракционные трещины; 9 – медные руды, установленные поисково-разведочными скважинами; 10 – медные руды предполагаемые; 11 – магнетитовая минерализация; 2 – предполагаемое направление движения флюидных растворов; 13 – разрывные нарушения; 14 – пробуренные поисково-разведочными скважинами; 15 – области повышенной проводимости по данным МПП; 16 – геологические границы установленные (1), предполагаемые (2); 17 – график кажущейся поляризуемости метода ВП; 18 – график магнитного поля.

На месторождении были отобраны две пробы: одна из кварцевых диоритов, а вторая из кварцевых монцодиоритов. Из них были выделены две монофракции циркона, которые были изучены в Изотопном центре ВСЕГЕИ (С.-Петербург) локальным изотопно-геохронологическим методом (рис.2).

Проба 69 (кварцевые диоритовые порфириды) не имеет иных вариантов, кроме средневзвешенного возраста $452 \pm 4,9$ млн. лет (Поздний Ордовик). Циркон типично магматический, без следов воздействия на него каких-либо более поздних процессов.

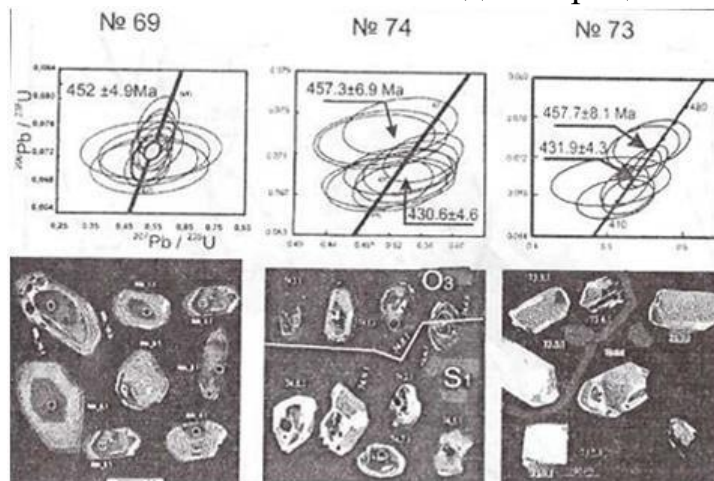


Рис. 2. Изотопные датировки магматических пород, вмещающих медно-порфировое оруденение на месторождении Нурказган

Проба 74 (кварцевые диориты) имеет два центра: позднеордовикский, дискордантный ($457 \pm 6,9$ млн. лет), смещенный от конкордии влево (потеря ^{235}U), и раннесилурийский конкордантный ($430,6 \pm 4,6$ млн. лет) (S_2 Wenlock – стратиграфическая шкала 2012). Цирконы раннесилурийского возраста имеют отчетливые следы растворения, т.е., воздействия на них более поздних процессов. Соединение всех эллипсов в расчет единого средневзвешенного значения приводит к цифре 436 млн. лет, что также отвечает раннему Силуру. Такая датировка считается корректной, поскольку ордовикский пучок эллипсов частично перекрывает раннесилурийский и они все

вместе могут включаться в единую расчетную выборку.

Проба 73 (кварцевые монцодиориты) фактически повторяет пробу 74 с той только разницей, что позднеордовикский центр ($457,7 \pm 8,1$ млн. лет) является конкордантным. На месте в стенке карьера порода выделяется своим розоватым цветом, однако, резкие интрузивные контакты отсутствуют. Напротив, наблюдается постепенный переход от так называемых, «кварцевых монцодиоритов» к серым кварцевым диоритам на расстоянии первые десятки сантиметров. Под микроскопом «кварцевые монцодиориты» отличаются от диоритов только более высоким содержанием калиевого шпата, в то время как клинопироксен, ответственный за приставку «монцо», в них отсутствует.

Подводя итог, отметим, что общей особенностью всех трех проб является присутствие позднеордовикских центров, которые принимаем за время магматической кристаллизации пород. Последующее смещение уран-свинцовых систем к силурийским цифрам связано, вероятно, с воздействием на цирконы повторных температурных полей. Такие смещения одинаковы как в кварцевых диоритах, так и в «кварцевых монцодиоритах». Этот факт, а также наличие явных геологических и минералогических признаков калиевого метасоматоза не подтверждают присутствие в данном месте девонских монцодиоритов магматического происхождения. Возраст Тюлькулинского массива можно датировать как O_3 или O_3-S , что не меняет сути вопроса.

Но все же, полученные положительные результаты электроразведочных работ служат веским доказательством наличия на глубине не обнаруженных буровыми работами рудных тел (Байдалинов А.Т., Хамзин Б.С., Жуковский В.И. и др.). Предполагается, что известные рудные участки месторождения представляют собой верхние части расположенного на глубине крупнообъемного месторождения.

Учитывая результаты изотопного изучения мы не можем не согласиться, что возраст месторождения спорный. Новые данные требуют пересмотра геологии месторождения.

Список использованных источников

1. Ермолов П.В., Журутин С.А. Изотопный возраст магматических пород, вмещающих Нурказганский тип медно-порфирового оруденения в Центральном Казахстане/Известия НАН РК.2009.№5.

2. А.Т.Байдалинов, Б.С.Хамзин, Жуковский В.И., Инкин Д.А. Геологическая зональность. Новый взгляд на перспективы месторождения Нурказган. Геология и охрана недр №34. Алматы 2010.

3. Хамзин Б.С., Байдалинов А.Т., Жуковский В.И., Гранкин М.С., Беляков С.Н., Инкин Д.А. Геологические критерии и поисковые признаки крупнообъемного медно-порфирового месторождения Нурказган/Международный геологический конгресс–МГК-34 Науки о Земле в Казахстане. Алматы 2012.

МЕТОДЫ СРАВНЕНИЯ КАЧЕСТВА НАБОРОВ ДЕФЕКТОСКОПИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КАПИЛЛЯРНОГО КОНТРОЛЯ

Матвиенко К.Г.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Капранов Б.И, д.т.н., профессор
кафедры физических методов и приборов контроля качества*

Дефектоскопические материалы, применяемые в капиллярном контроле, предназначены для заполнения полостей дефектов, выходящих на поверхность, нейтрализации или удаления избытка проникающего вещества с поверхности и извлечения его остатков из дефекта, с целью получения первичной информации о наличии несплошности в объекте контроля. Дефектоскопические материалы, представляют собой комплекты, компонентами каждого из которых являются индикаторный пенетрант, очищающая жидкость и проявитель.

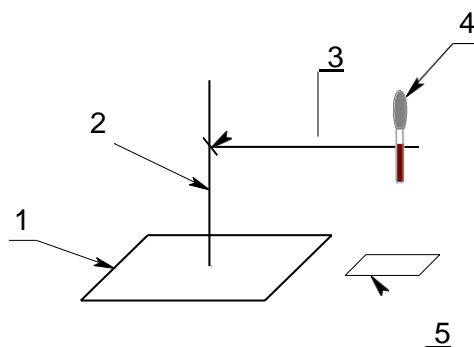


Рисунок 1. Схема проведения смачивающей способности:
1- Подставка; 2-Муфта; 3-Лапка; 4-Пипетка; 5-Контрольный образец.

Оценка качества дефектоскопических материалов может производиться по отдельным свойствам. Однако слишком большие временные и технические затраты не находят широкого применения этого метода. Хотя здесь можно выделить метод сравнения качества пенетрантов по их смачивающей способности.

Для определения смачивающей способности пенетранта были проведены исследования на разных материалах: дюралюминий, сталь, фольгированный стеклотекстолит, оргстекло, винипласт. Пенетрант наносился на объект контроля при помощи пипетки, закрепленной на специальном крепежном устройстве и с одной и той же высоты. Замеры производились через 10с, 20с, 30с, 60с, 120с, 180с, 240с после нанесения пенетранта на поверхность контролируемого объекта.

В данной работе сравнивались пенетранты фирм SHERWIN и BYCOTEST. На рисунках.2,3 приведены результаты растекаемости пенетрантов на дюралюминиевой пластине

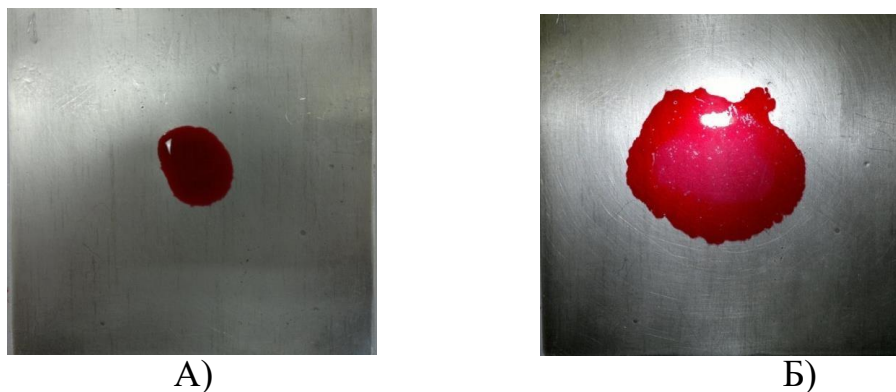


Рисунок 2. Размеры пятен пенетрантов на поверхности дюралюминия через 4 минуты после нанесения. А)-пластина обработана пенетрантом SHERWIN DP-51; Б)-пенетрантом BYCOTEST RP20LT.

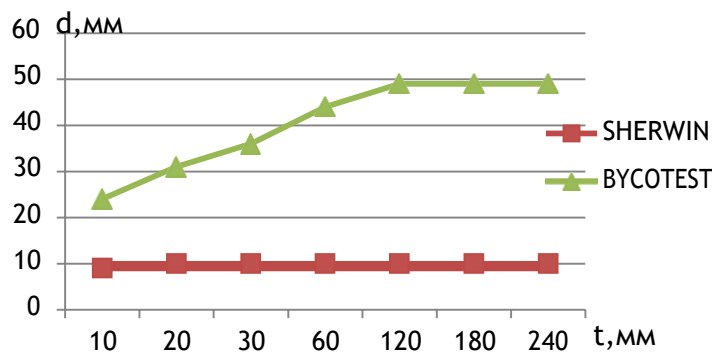
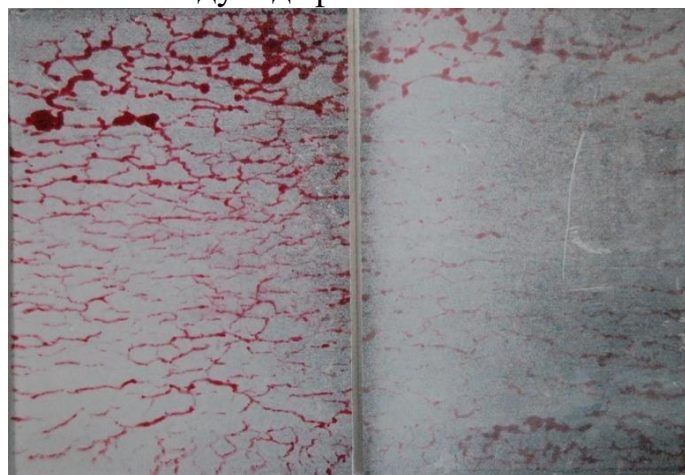


Рисунок 3. Зависимость растекаемости пенетрантов от времени на поверхности дюралюминия.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что пенетрант BYCOTEST RP20LT по сравнению с SHERWIN DP-51 является более эффективным, так как обладает лучшей растекаемостью.

Качество дефектоскопических наборов также оценивают по индикаторным следам, с помощью тест-объектов. Тест-объект ASME представляет собой дюралюминиевую пластину и используется для контроля индикаторной способности двух пенетрантов. Чтобы сравнить пенетранты нужно разделить тест-панель на две части экраном, после чего отдельно обработать каждую дефектоскопическими наборами.



А)BYCOTEST

Б)SHERWIN

Рисунок 4. Обработанная тест-панель дефектоскопическими наборами.

Из рис.4 видно, что яркость индикаторного следа пенетранта BYCOTEST лучше, чем у пенетранта SHERWIN.

Список информационных источников

1. Н.П. Калиниченко, И.С. Лобанова, А.Н. Калиниченко. Образцы для испытаний средств капиллярного неразрушающего контроля.: учебное пособие/ Томский политехнический университет.– Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 83 с.

2. Ю.А. Глазков. К вопросу оценки смачивающей способности жидкостей для капиллярной дефектоскопии. – Дефектоскопия, 1990, №11, с. 57 – 63.

3. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8т./ Под общ. ред. В.В. Ключева. –2е изд., перераб. и испр. Т.4: В 3кн. Кн. 3: М.В. Филинов Капиллярный контроль. – М.: Машиностроение, 2006. – 736 с.: ил.

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТОПОРОШКОВОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ В АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Могильницкий В. С.

*Томский политехнический университет, г. Томск
Научный руководитель: Лобанова И.С., ассистент кафедры
физических методов и приборов контроля качества*

Магнитопорошковый метод контроля широко используется во многих областях промышленности. Конкретно в авиационной промышленности он используется для контроля деталей самолетов и вертолетов. Происходит это таким способом:

К выполнению работ по магнитопорошковому контролю допускаются дефектоскописты, аттестованные на право выполнения контроля, согласно СТП 548.18.684 «Контроль неразрушающий. Общие требования», на знание инструкций по эксплуатации оборудования магнитного контроля, ТИ 027.25003.00651 «КН. Магнитная суспензия», ИОТ 027.20.153 «Инструкция по охране труда для дефектоскопистов по магнитному методу контроля».

Магнитные дефектоскопы, намагничивающие/размагничивающие устройства, соленоиды переменного тока могут эксплуатироваться при температуре от плюс 5 до плюс 40 °С и относительной влажности воздуха не более 80 % при 25 °С. Контроль температурно-влажностного режима допускается не проводить. Магнитные дефектоскопы, намагничивающие/размагничивающие устройства, соленоиды переменного тока должны быть заземлены.

Дефектоскопы подлежат ежегодной проверке с нанесением этикетки на корпус дефектоскопа.

Электроизмерительные приборы, установленные на дефектоскопах МДС-1.5 и МДС-5 должны ежегодно проходить поверку/калибровку, на каждом приборе должно стоять клеймо поверки/калибровки.

Работать на оборудовании с истекшим сроком поверки, калибровки, аттестации, проверки запрещено.

Рабочие стандартные образцы должны иметь свидетельство об аттестации и паспорт.

Принять детали на магнитопорошковый контроль после визуального осмотра контролера БТК цеха производителя, без видимых вооруженным глазом дефектов (СТП 548.18.684).

Провести визуальный осмотр контролируемой поверхности. Детали, полученные на контроль, должны быть чистыми, сухими, без масла, пыли, грязи, окалины, стружки, без лакокрасочного и гальванического покрытия, если это не оговорено специально в операционной карте МК на конкретную деталь. Сварные швы должны быть со снятым усилением (в противном случае МК по уровням чувствительности А, Б не может быть проведен).

Проверить сопроводительные документы на:

- соответствие чертежного, производственного номеров детали документальным;

- закрытие всех предыдущих операций в документе;

- количество поданных деталей и документов.

При неверном оформлении документов или замечаниях к контролируемой поверхности вызвать представителя БТК цеха для принятия решения об устранении замечаний.

Подготовить оборудование к работе согласно технологической инструкции на данное оборудование.

Подготовить магнитную суспензию.

Выяснить режим контроля, применяемое оборудование и вспомогательные устройства.

Проверить чувствительность контроля, работоспособность оборудования и суспензии на РСО-МК:

- провести намагничивание образца и обработку суспензией согласно паспорту;

- сравнить полученную картину осаждения магнитного порошка на РСО-МК с дефектограммой;

- размагнитить образец.

Выставить режим контроля согласно операционной карте, намагнитить деталь и обработать ее суспензией, в зависимости от способа контроля:

- при способе приложенного поля (СПП) – во время действия магнитного поля на контролируемую деталь, причем выключение магнитного поля должно происходить после стекания основной массы суспензии, когда нет

- видимого глазом движения жидкости;

- при способе остаточной намагниченности (СОН) – после намагничивания.

Осмотреть деталь, при необходимости применяя лупу:

- при СПП – сразу после выключения магнитного поля;

- при СОН – после стекания основной массы суспензии.

Выявленные отложения магнитного порошка очертить карандашом.

Повторить операции для последующих направлений намагничивания согласно операционной карте.

Детали с отмеченными отложениями магнитного порошка отложить.

Вызвать представителя БТК и сдать ему детали с дефектами для принятия решения о доработке/браковке.

Провести повторный магнитный контроль доработанных деталей по полному циклу настоящего технологического процесса.

Провести размагничивание годных деталей.

Список информационных источников

1. Справочно - информационный каталог «Магнитопорошковый и капиллярный контроль», Издание 2006 (1), 61 стр.

ИНФОРМАТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

*Осипов С. П.¹, Подшивалов И. И.², Осипов О. С.¹,
Жантыбаев А. А.¹, Альбах А.А.³*

¹ Томский политехнический Университет, г. Томск

*² Томский Государственный Архитектурно-Строительный
Университет, г. Томск*

³ ООО «Эксперт», г. Томск

*Научный руководитель: Осипов С. П., к.т.н., в. н.с. лаборатории
Технической томографии и интроскопии*

1. Введение

В процессе эксплуатации металлических изделий происходит ухудшение их технического состояния, обусловленное влиянием

различных негативных факторов [1–4], к наиболее значимым из которых относятся абразивный износ, различные виды коррозионных

поражений, усталость металла. Одним из методов, с помощью которых оценивается техническое состояние металлических изделий в процессе их изготовления и эксплуатации является измерение твердости [5–8]. За последние два десятилетия наблюдается бурное развитие способов измерения твердости и приборов, их реализующих, расширяются сферы их приложений [9–12]. В традиционных рекомендациях по применению твердомеров предлагается проводить измерения в нескольких точках изделия, и в качестве оценки твердости использовать среднее значение полученных значений. В работах [13–15] показано, что использование дополнительного информативного параметра, определяемого в процессе измерения твердости, – меры рассеяния твердости, позволяет более качественно оценивать техническое состояние поверхности металлического изделия. В литературе недостаточно данных для оценки возможности использования других информативных параметров твердости, рассматриваемой в качестве случайной величины, при решении задач, связанных с оценкой технического состояния металлических изделий в процессе эксплуатации.

2. Эксперимент

С целью оценки информативности параметров, характеризующих случайную величину H , была проведена серия измерений твердости нескольких образцов стальных изделий, подвергшимся в процессе эксплуатации различным видам внешних воздействий.

Объектом неразрушающих испытаний являлись различные образцы из сталей со средним значением твердости от 80 до 200 НВ. Калибровочные измерения осуществляли по мерам твердости по Бринеллю НВ100 и НВ184. Меры твердости отличаются высоким качеством обработки поверхности, поэтому влияние шероховатости поверхности изделий на оценку характеристик твердости, как случайной величины, сводится к минимуму.

Измерения проводились динамическим измерителем твердости с выбираемой шкалой Темп – 4 в соответствии с рекомендациями, указанными в технической документации и методической литературе.

Для каждого из экспериментальных образцов формировалась исходная выборка твердости по Бринеллю – $(H_1, H_2, H_3, \dots, H_n)$, здесь n – объем выборки. Исследовались выборки с достаточно большим объемом $n = 200$ для всех испытываемых образцов.

Всего было испытано 7 образцов. Для каждого образца оценивались меры положения случайной величины H и меры рассеяния. Все выборочные параметры рассматривались в дальнейшем как

случайные величины. В соответствии со следствием из основного предложения 3 проверялась независимость (уровень зависимости) указанных величин по парам.

3. Результаты

В таблицу 1 сведены результаты статистической обработки экспериментальных измерений твёрдости по Бринеллю H испытуемой группы образцов.

В таблице 1 указаны значения параметров, характеризующих положение анализируемой случайной величины H , – \bar{H} , MeH , MoH , λ_H и λ_{lnH} . В таблице 1 также приведены σ_H , V_H , A , E , k_H , k_{lnH} , которые характеризуют рассеяние твёрдости. Параметры положения и рассеяния H оценивались с помощью выражений (1) – (2) и (5) – (7).

Таблица 1 Сводная таблица выборочных параметров H .

Мера	Параметр	Номер образца						
		1	2	3	4	5	6	7
Положения	\bar{H}	100,8	184,2	119,2	126,0	126,4	177,8	192,3
	MeH	101,2	184,3	121,7	124,3	128,9	177,6	191,4
	MoH	97,1	184,3	121,7	122,7	134,0	183,2	187,3
	λ_H	111,7	204	132	139,6	139,9	197	213
	λ_{lnH}	106,9	189,2	129,3	138,2	139,7	191,5	203,1
Рассеяния	σ_H	7,13	5,19	12,00	15,93	19,07	15,90	12,06
	V_H	0,0708	0,0282	0,1006	0,1263	0,1509	0,0894	0,0627
	A_H	0,984	0,462	-0,603	0,144	0,839	-0,288	0,197
	E_H	3,90	1,78	0,47	-0,81	2,09	1,37	-0,36
	k_H	17,485	44,917	12,103	9,521	7,935	13,697	19,817
	k_{lnH}	5,104	20,131	5,359	4,446	3,841	6,11	9,014

Для анализа информативности того или иного параметра, характеризующего случайную величину H , и определения избыточных данных можно воспользоваться корреляционным анализом. Следует учесть, что объём выборки материалов незначителен, но для выявления тенденций может оказаться достаточным. Коэффициент корреляции $cor_{x,y}$ вычисляется по формуле (8). Здесь случайные величины x и y пробегают весь набор параметров случайной величины H – \bar{H} , MeH , MoH , λ_H , λ_{lnH} , σ_H , V_H , A_H , E_H , k_H и k_{lnH} . В таблице 2 приведены значения коэффициентов корреляции параметров твёрдости.

Будем придерживаться следующих критериев силы связи: для сильной связи коэффициент корреляции не меньше 0,8; для средней

связи коэффициент корреляции изменяется от 0,6 до 0,8; для слабой связи коэффициент корреляции изменяется от 0,4 до 0,6; если коэффициент корреляции меньше 0,4, то будем считать, что связь анализируемых величин практически отсутствует.

Таблица 2 Коэффициенты корреляции параметров твёрдости.

Параметры	\bar{H}	MeH	MoH	λ_H	λ_{lnH}	σ_H	V_H	A_H	E_H	K_H	K_{lnH}
\bar{H}		1,00	0,99	1,00	1,00	-0,12	-0,55	-0,25	-0,35	0,55	0,64
MeH	1,00		0,99	1,00	1,00	-0,12	-0,54	-0,25	-0,34	0,55	0,64
MoH	0,99	0,99		0,99	0,99	-0,05	-0,48	-0,27	-0,32	0,51	0,61
λ_H	1,00	1,00	0,99		1,00	-0,12	-0,55	-0,25	-0,35	0,55	0,64
λ_{lnH}	1,00	1,00	0,99	1,00		-0,03	-0,47	-0,28	-0,39	0,47	0,57
σ_H	-0,12	-0,12	-0,05	-0,12	-0,03		0,88	-0,20	-0,38	-0,80	-0,69
V_H	-0,55	-0,54	-0,48	-0,55	-0,47	0,88		-0,02	-0,18	-0,87	-0,80
A_H	-0,25	-0,25	-0,27	-0,25	-0,28	-0,20	-0,02		0,63	0,17	0,08
E_H	-0,35	-0,34	-0,32	-0,35	-0,39	-0,38	-0,18	0,63		0,19	0,05
K_H	0,55	0,55	0,51	0,55	0,47	-0,80	-0,87	0,17	0,19		0,98
K_{lnH}	0,64	0,64	0,61	0,64	0,57	-0,69	-0,80	0,08	0,05	0,98	

Из анализа данных, приведённых в таблице 2 можно сделать ряд промежуточных заключений о взаимных зависимостях параметров, характеризующих анализируемую случайную величину H .

1. Все параметры положения случайной величины H , то есть \bar{H} , MeH, MoH, λ_H , λ_{lnH} , практически строго зависят друг от друга, коэффициенты корреляции близки к 1 и эти зависимости сильные и прямые.

2. Среднеквадратическое значение σ_H практически не зависит ни от одного из параметров положения случайной величины H , значения коэффициентов корреляции по абсолютной величине не превосходят 0,12.

3. Коэффициент вариации V_H слабо зависит от всех параметров положения. Эти зависимости являются обратными. Значения коэффициентов корреляции по абсолютной величине находятся в диапазоне от 0,47 до 0,55.

4. Зависимости коэффициентов асимметрии A_H и эксцесса E_H от параметров положения по приведённой выше градации практически отсутствуют. Значения коэффициентов корреляции по абсолютной величине меньше 0,39.

5. Зависимости коэффициентов K_H и K_{lnH} являются прямыми и занимают пограничное положение между средними и слабыми

зависимостями. Значения коэффициентов корреляции по абсолютной величине находятся в диапазоне от 0,57 до 0,64.

6. Из параметров рассеяния сильно зависят друг от друга: σ_H от V_H прямая зависимость, коэффициент корреляции 0,88; σ_H от k_H , зависимость обратная, коэффициент корреляции -0,8; коэффициент вариации V_H от k_H и $k_{\ln H}$; коэффициенты k_m и k_G .

4. Выводы

Из рассмотрения промежуточных заключений 1 – 6 можно сделать следующие выводы:

1. В качестве меры положения случайной величины H может быть использован любой параметр из \bar{H} , MeH , MoH , λ_H , $\lambda_{\ln H}$, но наиболее целесообразно использовать \bar{H} , как наиболее просто определяемый параметр. Все прочие параметры положения случайной величины могут быть применены для исключения случайных промахов при расчётах.

2. В качестве меры рассеяния могут быть использованы параметры σ_H , A_H , E_H . Все остальные параметры рассеяния существенно зависят от параметров положения. Предпочтительнее использовать среднеквадратическое отклонение, как наименее зависящий параметр от любого из параметров положения.

Список информационных источников

1. Jacobs, J.J., Urban R.M., Hallab, N.J., Skipor, A.K., Fischer, A., Wimmer, M.A. Metal-on-metal bearing surfaces // Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. – 2009. – v. 17. – No 2. – p. 69–76.

2. Zhang, S.W., Liu, H., He, R. Mechanisms of wear of steel by natural rubber in water medium // Wear. – 2004. – v. 256. – No 3. – p. 226–232.

3. Fontalvo G. A., Mitterer C. The effect of oxide-forming alloying elements on the high temperature wear of a hot work steel // Wear. – 2005. – v. 258. – No 10. – p. 1491–1499.

4. Abosrra, L., Ashour, A.F., Youseffi, M. Corrosion of steel reinforcement in concrete of different compressive strengths // Construction and Building Materials. – 2011. – v. 25. – No 10. – p. 3915–3925.

5. Parasız S. A. et al. Effect of specimen size and grain size on deformation in microextrusion // Journal of Manufacturing Processes. – 2011. – T. 13. – №. 2. – С. 153–159.

6. Zhang, S., Ding, T.C., Li, J.F. Microstructural alteration and microhardness at near-surface of AlSi H13 steel by hard milling // Machining Science and Technology. – 2012. – v. 16. – No 3. – p. 473–486.

7. Zhu, S.D., Zhou, G.S., Miao, J., Cai, R., Wei, J.F. Mechanical properties of CO₂ corrosion scale formed at different temperatures and their relationship to corrosion rate // Corrosion Engineering, Science and Technology. – 2012. – v. 47. – No 3. – p. 171–177.

8. Hussainova, I., Antonov, M., Jasiuk, I., & Du, X. (2011). Characterisation of microstructure and mechanical properties of cermets at micro-and nanoscales // International Journal of Materials and Product Technology. – 2011. – v. 40. – No 1. – p. 58–74.

9. Ekici, R., Kemal Apalak, M., Yıldırım, M., Nair, F. (2010). Effects of random particle dispersion and size on the indentation behavior of SiC particle reinforced metal matrix composites // Materials & Design. – 2010. – v. 31. – No 6. – p. 2818–2833.

10. Starikov, M., Beljatynskij, A., Prentkovskis, O., Klimenko, I. The use of magnetic coercivity method to diagnose crane metalware // Transport. – 2011. – v. 26. – No 3. – p. 255–262.

11. Muzyka, N.R., Shvets, V.P. Effect of a Loading Mode on Damage Accumulation in the Material // Strength of Materials. – 2014. – v. 46. – No 1. – p. 105–109.

12. Lebedev, A.A., Makovetskii, I.V., Muzyka, N.R., Volchek, N.L., Shvets, V.P. (2006). Assessment of damage level in materials by the scatter of elastic characteristics and static strength // Strength of materials. – 2006. – v. 38. – No. 2. – p. 109–116.

13. Lebedev, A. A., Muzyka, N. R., Shvets, V. P. A method for fracture toughness assessment by the scatter of hardness characteristics // Strength of Materials. – 2007. – v. 39. – No 6. – p. 567–571.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

*Передельская О.А., Путинцев В.Ю., Негров Д.А., Шевчук А.М.
Омский Государственный Технический Университет
Научный руководитель: Негров Д.А., к.т.н., доцент*

Механические и триботехнические свойства материалов значительно влияют на прочностные характеристики узлов трения машин. В настоящее время, чтобы повысить качество изготавливаемой продукции, металлы и сплавы стараются заменить на различные полимеры и полимерные композиционные материалы, в том числе на

основе ПТФЭ. Преимущество данного метода в том, что ПТФЭ можно использовать в узлах трения без наличия смазочной жидкости. При этом чтобы материал при высоких удельных нагрузках не терял свои прочностные свойства, в полимерную матрицу вводятся различные модификаторы (дисперсные, волокнистые, ультрадисперсные). Одним из методов структурной модификации является ультразвуковая обработка полимеров. [1,2]

При прессовании с помощью энергии ультразвуковых колебаний гранулированных полимеров и полимерных композиций, отдельным частицам материала сообщаются индивидуальные скорости и ускорения, благодаря этому разрушаются арочные образования и происходит уплотнение материала. [3,4]

Целью данной работы является исследование воздействия ультразвуковых колебаний на структуру полимерного композиционного материала на основе политетрафторэтилена.

При помощи холодного пресса (без наложения ультразвуковых колебаний) и прессования с наложением ультразвуковых колебаний изготовили образцы из композиционного материала на основе политетрафторэтилена с комплексным наполнителем-модификатором: 8% - скрытокристаллический графит, 6% - углеродное волокно, 2% - MoS_2 . Методика исследования заключалась в рассмотрении тонкой структуры изделий из политетрафторэтилена.

Чтобы изготовить изделия из полимерных композиционных материалов методом ультразвукового прессования, на базе гидравлического пресса МТ – 50 была разработана и изготовлена специальная установка (рис. 1).

В качестве источника ультразвуковых колебаний был взят магнитострикционный преобразователь ПМС 15-А-18 (резонансная частота колебаний 17,8 кГц), с ультразвуковым генератором УЗГ 3 – 4, имеющим входную мощность 5 кВт и работающим в частотном диапазоне от 17,5 до 23 кГц.

Для изучения тонкой структуры в данной работе были использованы микроскопы РЭМ-100У (разрешение 10 нм) и JEM – 6460 LV (разрешение 3 нм), при этом для создания на поверхности скола электропроводящего покрытия применялось напыление серебра (для РЭМ-100У) или золота (для JEM – 6460 LV) в условиях высокого вакуума.

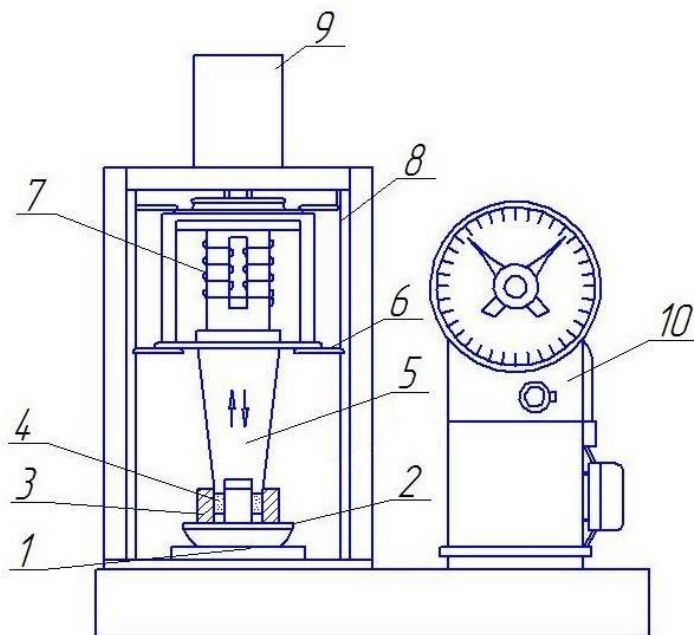


Рис. 1. Схема установки для прессования изделий из ПКМ с наложением ультразвуковых колебаний: 1 – основание; 2 – шаровая опора; 3 – пресс-форма; 4 – порошок ПКМ; 5 – волновод-пуансон; 6 – траверса; 7 – магнестрикционный преобразователь; 8 – направляющая колонна; 9 – гидроцилиндр; 10 – гидравлическая система

При введении наполнителя наблюдается измельчение структуры. Данное воздействие можно определить как геометрическое модифицирующее воздействие на матрицу: исходная ленточная структура ПТФЭ разбивается частицами наполнителя, внедряющимися в матрицу.

При ультразвуковом прессовании в наполненном ПТФЭ обнаруженные структурные элементы могут быть опознаны как сильно дефектные сферолиты неправильной формы (рис. 2, 3). В качестве центров кристаллизации выступают участки поверхности частиц наполнителя и углеродного волокна.

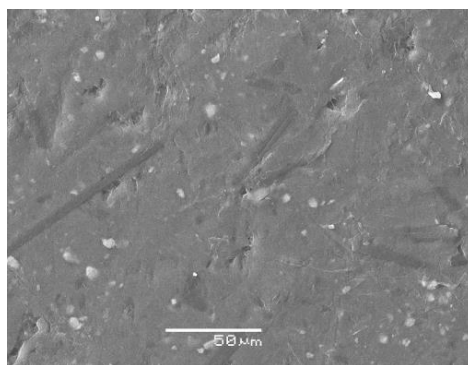


Рис. 2. Микрофотография скола образца политетрафторэтилена, содержащего 6 % УВ, 8 % СКГ, 2 % MoS_2 и изготовленного ультразвуковым прессованием

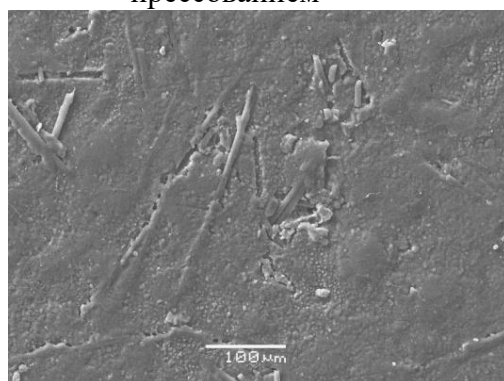


Рис. 3. Микрофотография скола образца политетрафторэтилена, содержащего 6 % УВ, 8 % СКГ, 2 % MoS_2 изготовленного холодным прессованием

В результате холодного прессования у изготовленных образцов, при электронно-микроскопическом анализе скола, на поверхности скола наблюдаются раковины и пустоты, что в свою очередь существенно понижает прочность полимерного композиционного материала (рис. 4).

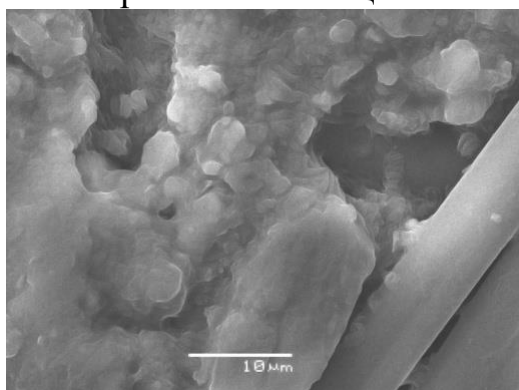


Рис. 4. Микрофотография скола образца политетрафторэтилена, содержащего 6 % УВ, 8 % СКГ, 2 % MoS_2 изготовленного холодным прессованием

У образцов, изготовленных ультразвуковым прессованием, на поверхности скола пустот и раковин не наблюдается. Следовательно, структура материала упрочняется. Это объясняется тем, что углеродное волокно находится внутри полимерной матрицы, материал лучше пропрессован и разлом происходит по полимерной матрице.

В ходе проведенных исследований можно сделать вывод, что прессование изделий из полимерных композиционных материалов с применением ультразвуковых колебаний, является активным технологическим методом, предотвращающим появления пористой структуры в материале, тем самым повышая его прочностные характеристики.

Список информационных источников

1. D. A. Negrov, E. N. Eremin Manufacture of Slip Bearings from PTFEBased Composite // ISSN 1068798X, Russian Engineering Research, 2012, Vol. 32, No. 1, pp. 42–44. © Allerton Press, Inc., 2012. Original Russian Text © D.A. Negrov, E.N. Eremin, 2012, published in Vestnik Mashinostroeniya, 2012, No. 1, pp. 49–52. DOI: 10.3103/S1068798X12010212

2. E. N. Eremin, D. A. Negrov Development of a technology for the fabrication of articles made of complex-modifiend polytetrafluoroethylene for dry friction assemblies // Chemical and Petroleum Engineering, Vol. 49, Nos. 9–10, January, 2014 (Russian Original Nos. 9–10, Sept.–Oct., 2013). DOI: 10.1007/s10556-014-9822-0

3. Еремин Е.Н. Разработка технологии изготовления изделий из комплексно-модифицированного политетрафторэтилена для узлов сухого трения / Еремин Е.Н., Негров Д.А. // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2013. № 10. – С. 46 – 48.

4. Еремин Е.Н. Структурная модификация дисперсно-наполненного политетрафторэтилена ультразвуковым воздействием при синтезе композиционного материала /Еремин Е.Н., Негров Д.А. // Физическая мезомеханика. – 2013. Том 16 № 5. – С. 95 – 101.

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЁННЫХ РАЙОНОВ

Петрусёв А.С.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Лукутин Б.В., д.т.н., профессор кафедры
электроснабжения промышленных предприятий*

На данный момент на 70% территории России отсутствует централизованное электроснабжение. В данных районах проживает порядка 20 млн. человек, которые пользуются в основном дизельными генераторами. Стоимость вырабатываемой дизельными установками электроэнергии может быть крайне высокой и достигать свыше 50 руб. за кВт·ч, что связано в основном с трудоёмкостью доставки топлива в некоторые районы. Это говорит о необходимости использования в таких областях альтернативных источников энергии, в частности солнечной. Данный вид энергии имеет весомые перспективы в нашей стране, но на данный момент солнечные установки имеют два значительных минуса – относительно невысокую эффективность преобразования солнечной энергии в электрическую в течение дня и довольно высокую стоимость солнечных элементов.

Акриловый концентратор

Единственным способом значительно снизить себестоимость энергии, вырабатываемой солнечными элементами, является установка концентратора. Концентратор представляет собой устройство, осуществляющее сбор солнечного потока с большей площади и направляя его на солнечные элементы с меньшей площадью. Основные типы концентраторов, представленные в данный момент на рынке это зеркала с формой тел вращения (параболические зеркала), фокусирующие линзы (линзы Френеля) и системы зеркал.

Но данные концентраторы имеют ряд весомых недостатков, которые ограничивают их массовое распространение. Для параболических концентраторов это, в первую очередь, крайняя массивность и громоздкость, а также проблемы с эксплуатацией – из-за чащеобразной формы концентратора в нём скапливаются атмосферные осадки, а конденсат внутри резко снижает эффективность работы.

Для решения первой проблемы предложено использовать акриловый концентратор, который описан в [1]. Он представляет собой оптическую систему, выполненную преимущественно из акрила.

Концентратор выполнен таким образом, что лучи, падающие на его поверхность, в результате серий преломления и полного внутреннего отражения перенаправляются в торцы, на которых расположены небольшие фотоэлементы.

Данный концентратор имеет ряд преимуществ в сравнении со своими аналогами:

- Низкие массогабаритные характеристики
- Отсутствия скопления конденсата на поверхности
- Широкая диаграмма направленности на солнце
- Отсутствие необходимости в мощных системах охлаждения

Он позволит снизить приблизительно в 5 раз объём необходимых фотоэлементов при той же выходной мощности, что значительно снизит стоимость системы в целом. Но для работы данного концентратора необходим солнечный трекер.

Солнечный трекер

Солнечный трекер – устройство, периодически ориентирующая солнечные панели или концентратор на солнце, в результате чего большее количество солнечных лучей достигают поверхности и вырабатывается больше электроэнергии.

При использовании солнечного трекера вырабатываемая в течение дня солнечными панелями мощность повышается примерно на 30% [2]. Особенно заметен прирост в утренние и вечерние часы, которые как раз приходятся на пик электропотребления. Поэтому солнечный трекер эффективен не только для концентраторов, но и для стандартных солнечных панелей.

В работе предложена реализация солнечного трекера, имеющего преимущества в сравнении со своими аналогами.

Благодаря разработанной управляющей плате без использования микроконтроллеров в качестве электропривода можно использовать коллекторный двигатель постоянного тока, поэтому питание электропривода осуществляется напрямую от аккумуляторной батареи, которая заряжается от солнечных панелей. Отсутствие инвертора для питания трекера делает систему проще и дешевле. На управляющей плате также реализован способ регулировки времени между включениями и ручной настройки панелей в определённом направлении. Предлагаемые для трекера концевые выключатели обеспечивают большой угол поворота, позволяя эффективнее работать в утренние и вечерние часы. При этом простота конструкции и отсутствие

программируемых частей задает высокий срок службы с низкой стоимостью сервисного обслуживания.

На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований с помощью экспериментальной модели солнечной установки [2], создана полноразмерная установка номинальной мощностью 190 Вт.

Солнечная батарея представляет собой 2 солнечные панели установленной мощностью 95 Вт каждая. Для панелей сварена опорная рама массой 8 кг. Производство панелей г. Зеленоград, приобретены в компании АЭМЭСЭнерго, г. Новосибирск.

Для выбора электропривода поворотного механизма произведён расчёт максимального момента вращения используемой солнечной батареи. Получено, что выходной вал электропривода должен выдерживать максимальный момент вращения не менее 14,56 Н·м [3].

Из-за требований к низкой скорости вращения и высокой прочности выходного вала решено использовать мотор-редуктор, соединяющийся с выходным валом через червячный редуктор. Выбран мотор-редуктор IG-42GM компании «Электропривод», г. Санкт-Петербург. На основе необходимых характеристик выбран червячный редуктор NMRV 30, компании МехПривод, Москва. В связи с тем, что диаметр ведущего вала червячного редуктора 10мм, а вала мотор-редуктора 8мм, были выточены соединительные муфты. Сопряжение валов происходит через гибкую прокладку из резины, что нивелирует осевое биение и смещение. Для точного закрепления корпусов двигателя и редуктора между собой выточен также соединительный корпус. Червячный редуктор используется для снижения скорости вращения выходного вала, повышения крутящего момента, предотвращения поломки вала двигателя и внешних воздействий на ведомый вал.

Собранный электропривод размещается в центре корпуса солнечного трекера. Ведомый вал червячного редуктора закрепляется в верхней части корпуса и соединяется с радиально упорным подшипником, воспринимающим основную нагрузку размещённых сверху солнечных панелей.

На вал с подшипником сверху размещается опорная конструкция, на которой расположены солнечные панели. Плата управления за исключением датчиков поворота устанавливается внутри корпуса. Проводятся выводы для подключения к аккумулятору от солнечных

панелей и трекера. Подключённая солнечная установка размещается на объекте.

Предлагаемый солнечный трекер имеет автоматическую ориентацию солнечных панелей на солнце по азимуту с углом поворота до 200 градусов и ручную установку солнечных панелей на угол наклона по высоте, а также собственную новую плату управления в сравнении с платой, описанной в [2].

плата представляет собой переработанную оригинальную схему, которая в отличие от предшественницы имеет ряд преимуществ.

- 1) Она имеет меньшее потребление энергии.
- 2) Регулировка времени между ориентированием осуществляется более удобно – с помощью переключателей.
- 3) Точность ориентации увеличена благодаря более быстрому механизму отключения при достижении пика мощности.

Выводы

Даже при наиболее эффективной стационарной установке солнечной батареи, использование систем ориентирования на солнце позволяет достигнуть выигрыша в вырабатываемой мощности более чем в 30%, с учётом расхода энергии на работу электродвигателя. Использование же концентратора с трекером позволит в 2-5 раз снизить стоимость солнечных установок.

Список информационных источников

1. Петрусёв А.С., Сарсикеев Е.Ж., Ляпунов Д.Ю. Энергоэффективная фотоустановка// Журнал Международных научных публикаций. - 2014 - №. 8. - стр. 399-404. – Режим доступа: <http://www.scientific-publications.net/ru/article/1000188/>.

2. Петрусёв А. С. , Юрченко А. В. Эффективный способ увеличения мощности солнечных установок // Физика. - 2014 - №. 2 (960). - С. 4-8

3. Петрусёв А. С. , Сарсикеев Е. Ж. , Ляпунов Д. Ю. Разработка технических средств повышения эффективности солнечных установок [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири. - 2015 - №. Спецвыпуск (15). - С. 77-82. - Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/1201>

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЕЛ ФИБОНАЧЧИ

Пискунов А. С.

*Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение
№44, г. Томск*

Начный руководитель: Шац Н. А., преподаватель математики

Великий итальянский математик – Леонардо Фибоначчи, живший в 13 веке, не только сохранил числовую науку в средневековье, но и заложил основу длительной эволюции в области высшей математике и в смежных областях физике, астрономии и машиностроение.

В опубликованных трудах ученого рассматривался весьма обширный круг вопросов: индусская система нумерации; правила действий над целыми числами; дроби и смешанные числа; разложение чисел на простые множители; признаки делимости; учение об иррациональных величинах; способы приближенного вычисления квадратных и кубических корней; свойства пропорции; арифметическая и геометрическая прогрессии; линейные уравнения и их системы.

Мы остановимся на одной из самых интересных работ Фибоначчи: Числа Фибоначчи или Последовательность Фибоначчи.

Числа Фибоначчи, представляют собой линейную рекуррентную последовательность натуральных чисел, где первое и второе равно единице, а каждое последующее — сумме двух предыдущих: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, ...

Эта числовая последовательность, обладающая рядом свойств, таких как:

1. Отношение каждого числа к последующему более и более стремится к 0.618 по увеличению порядкового номера. Отношение же каждого числа к предыдущему стремится к 1.618 (обратному к 0.618).

2. При делении каждого числа на следующее за ним, через одно получается число 0.382; наоборот – соответственно 2.618.

3. Подбирая таким образом соотношения, получаем основной набор фибоначчиевских коэффициентов: ... 4.235, 2.618, 1.618, 0.618, 0.382, 0.236.

Важно отметить, что Фибоначчи как бы напомнил свою последовательность человечеству. Она была известна еще древним грекам и египтянам. И действительно, с тех пор в природе, архитектуре, изобразительном искусстве, математике, физике, астрономии, биологии и многих других областях были найдены закономерности, описываемые

коэффициентами Фибоначчи. Просто удивительно, сколько постоянных можно вычислить при помощи последовательности Фибоначчи, и как ее члены проявляются в огромном количестве сочетаний. Однако не будет преувеличением сказать, что это не просто игра с числами, а самое важное математическое выражение природных явлений из всех когда-либо открытых.

Одной из интересных особенностей чисел Фибоначчи является то, что если поделить одно из чисел из ряда Фибоначчи на последующее, то получится приближенное число к 0,618 – это число называется «Золотым сечением». Из частей складывается целое. И если они находятся в соотношении золотого сечения друг к другу и целому, то всегда проявляются гармония и совершенство. А кроме того, высокая степень надежности, структурности, функциональности и устойчивости.

Приводимые ниже примеры показывают присутствие этой математической последовательности в разных сферах жизни и еще раз доказывают связь с Золотым сечением:

- Расположение листьев на ветке, семян подсолнечника, семян в шишках сосны, ананасах, кактусах, строении лепестков роз, расположение иголок в кактусах и т.д..

- Форма раковин многих улиток; плетение паутины.

- Молекула ДНК закручена двойной спиралью.

- Закономерность и порядок в расстояниях между планетами солнечной системы.

- Законы сохранения цветов радуги.

- Развитие человека также происходит соответственно данной пропорции и подчиняется закону ее чисел, разделяя нашу жизнь на этапы.

- Пропорции различных частей нашего тела составляют число, очень близкое к золотому сечению. Если эти пропорции совпадают с формулой золотого сечения, то внешность или тело человека считается идеально сложенными. В строении черт лица человека также есть множество примеров, приближающихся по значению к формуле золотого сечения;

- В растительном и в животном мире настойчиво пробивается формообразующая тенденция природы - симметрия относительно направления роста и движения. Здесь золотое сечение проявляется в пропорциях частей перпендикулярно к направлению роста. Природа

осуществила деление на симметричные части и золотые пропорции. В частях проявляется повторение строения целого.

•Производное «золотого сечения» использовали древние египтяне при строении пирамид и древние греки при возведение своих храмов. Во всех внутренних и внешних пропорциях пирамиды число 1.618 играет центральную роль.

И в настоящее время числа Фибоначчи и их производные имеют огромное значение в машиностроении, экономике и часто используется в менеджменте и маркетинге. Так, например, разработанная концепция гармоничного менеджмента построена на принципе упорядоченности и согласованности всех составных частей системы между собой и с внешними факторами. Суть его сводится к тому, что необходимым условием наличия или начала процесса устойчивого эволюционного развития сложной рыночной социально-экономической системы является существование в ее структуре пропорций «золотого сечения».

Обратим внимание, что исследование и анализ деятельности за последние годы ряда российских производственно-коммерческих фирм позволили установить, что согласованность, стройность составных частей бизнеса, то есть порядок, в этих пропорциях значительно усиливают адаптационные качества компании и обеспечивают ее успешное и благополучное развитие.

Компании, которые уже применили метод системного управления бизнесом по технологии «золотого сечения», минимизировали затраты на 15—20%, увеличили производство и продажу товаров и услуг на 10—20, а также улучшили качество обслуживания труда на 10—15 и на 30% увеличили скорость оборачиваемости активов.

Отсутствие согласованности и стройности — беспорядок — приводит в лучшем случае к неэффективному использованию ресурсов, а в худшем — развалу бизнеса.

Таким образом, хочется отметить, закономерность явлений природы, строение и многообразие живых организмов на нашей планете, всё, что нас окружает, поражая воображение своей гармонией и упорядоченностью, законы мироздания, движение человеческой мысли и достижения науки – всё это можно объяснить последовательностью Фибоначчи.

Список информационных источников

1. <http://www.trader-lib.ru/books/507/14.html#58>

2. <http://samara.teletrade.ru/glossary/tech/index3.php>

3. <http://www.stock.narod.ru/fibo.htm>

ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ МЕХАНОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Помишин Е.К.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Яворович Л.В., к.т.н, с.н.с. ПНИЛ ЭДнП

В горной промышленности в связи с ростом интенсивности ведения горных работ и переходом к добыче полезных ископаемых на более глубоких горизонтах актуальной становится задача контроля и прогноза динамических проявлений массивов горных пород.

Подземная отработка месторождений твердых полезных ископаемых вызывает изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород и, как следствие, геодинамические проявления. Это влияет на безопасность людей, окружающую среду, промышленные объекты и горные работы. Развитие изменений НДС массива есть результат естественных процессов в земных недрах и техногенных воздействий. Особую важность приобретает знание характера и уровня влияния каждого и основных элементов и процессов технологии на состояние массива горных пород и его реакцию на это воздействие. Одним из способов, используемых при подземной отработке твердых полезных ископаемых, являются технологические взрывы, вызывающее ускоренное перераспределение поля механических напряжений в горном массиве. При этом снижение напряжений на одном участке массива сопровождается их возрастанием на других. В результате ускоренного изменения напряжений в массиве горных пород в шахтном поле могут возникать удароопасные ситуации. В этом случае, технология горных работ – главный техногенный фактор, который провоцирует возникновение геодинамических событий на участках с критическими напряжениями. Разгрузка массива таким способом позволяет, на некоторое время, избежать геодинамических событий на месторождении [2].

Геофизические методы оценки удароопасности и контроля НДС породных массивов изучаются во многих странах мира, что

обусловлено как сложностью самого объекта исследования, так и многообразием решаемых задач геомеханики и геотехнологий. Для более полного и глубокого изучения геофизических методов контроля напряженно-деформированного состояния (НДС) и удароопасности массивов горных пород и получения дополнительных сведений, необходимо провести обзор научных работ зарубежных исследователей.

Механизмы электромагнитного излучения

Брэди и Рауэлл (1986) вывели четыре механизма, являющимися источниками ЭМИ (электромагнитное излучение) при разрушении горной породы: (1) горные фрагменты, фрикционным образом нагретые до накала, (2) электростатический выброс, производимый деформацией пьезоэлектрических полезных ископаемых или разделением заряда на разрушенных поверхностях, (3) плазмы, произведенные быстрым и интенсивным нагреванием горных пород, и (4) возбуждение бомбардировкой заряженными частицами из окружающей среды (электронами, или положительными или отрицательными ионами). Брэди и Рауэлл пришли к заключению, что излучение, зафиксированное от экспериментальных образцов в лаборатории, было вызвано возбуждением окружающей среды бомбардировкой заряженных частиц [3].

Цзы-цян и др. (1988) исследовали три источника излучения: (1) тепловое излучение от трения, (2) электростатические выбросы, произведённые пьезоэлектрическим эффектом или разделением заряда на разрушенных поверхностях, и (3) возбуждение окружающей среды бомбардировкой заряженными частицами. Поскольку электромагнитное излучение наблюдалось только в тот момент времени, когда электроны бомбардировали воздушную среду, авторы пришли к заключению, что наиболее вероятный источником ЭМЭ была, возбуждённая бомбардировкой окружающая среда.

Возможности прогноза землетрясения

Мартнер и Спаркс (1959) зафиксировали электромагнитный сигнал до прибытия сейсмических волн на поверхность земли. Приблизительно за 30 минут до прибытия главных толчков землетрясения, Гохберг и Моргунов (1982) зарегистрировали ЭМЭ в частотах 27, 81, и 1.5 кГц и 1.63 МГц. Позже, Мигунов и др. (1984) зарегистрировали ЭМЭ в частотном диапазоне от 0.5 до 50 кГц, которые были связаны с сейсмичностью при землетрясении. Fujinawa и Takahashi (1990)

наблюдали ЭМ эмиссию в диапазонах частот 0.01-12 Гц и 1-9 кГц за несколько часов до момента землетрясения в Японии. Fujinawa и Kumagai (1992) наблюдали ультранизкую частоту (0.01-0.6 Hz) к очень низкой частоте электрической эмиссии (1-3 кГц) до, во время, и после извержений вулкана.

Лабораторные исследования

Nitsan (1977) в своем исследовании подверг механическому воздействию кварцевые кристаллы, кристаллы турмалина и кварцсодержащие породы и зарегистрировал ЭМ эмиссию в частотном диапазоне 1-10 МГц. Его интерпретация источника излучения было пьезоэлектричество.

Гончаров и др. (1980) провели исследование крупных (от 0.55 до 0.65 м) бетонных блоков, содержащие включения гранита, применив статическую нагрузку, при этом делая запись ЭМ и акустической эмиссии до тех пор, пока образец не разрушится. Они признали основную проблему одновременной записи ЭМ и акустической эмиссии и пришли к заключению, что количество ЭМ эмиссии уменьшается, когда амплитуда АЭ увеличивается. Авторы также нашли, что отношение ЭМ эмиссии к акустической после разрушения было в соотношении 20:1, когда как до перелома (при начальной нагрузке), отношение было 7:1.

В 1981 Bishop изучил пьезоэлектрический эффект в породах, содержащие большое количество кварца. Используя разработанную лабораторией систему, он попытался доказать, что ось кристаллов кварца были причиной ЭМ эмиссии. Он заключил, что существует зависимость между ЭМ эмиссией и ориентацией оси в кристаллах кварца.

Хэнсон и Рауэлл (1982) провели исследование кварцита с Шахты Галенита. ЭМ эмиссия резко достигла максимума, при частоте ниже 40 кГц, на трех антеннах, приведя их к заключению, что (1) формирование разрушения совпало с ЭМ эмиссией, (2) ЭМ эмиссия попала в частотный диапазон ниже 40 кГц, (3) ЭМ эмиссия, казалось, была направлена, и (4) амплитуда ЭМ эмиссии являлась независимой от напряжения, но зависимой от снижения напряжения.

Хатиашвили (1984) показал в своем исследовании, что при увеличении количества трещин в кристалле, электрический потенциал, также увеличивается.

Zi-qiang и др. (1988) провели лабораторные исследования гранита при разрушении и выяснили, что самые интенсивные импульсы ЭМ излучения и акустической эмиссии были зарегистрированы одновременно в момент разрушения породы.

Теоретические работы

Рабинович и др. (2000) попытались объяснить механизм ЭМ эмиссии и пришли к заключению, что после раннего закрытия поры, микротрещины, возможно, соединялись, пока пиковое напряжение не было достигнуто, и порода не разрушилась. Анализ информации о частоте и длине волны ЭМ эмиссии показал, что их частотный диапазон составлял от 1 кГц (с длиной волны 300 км) до 10 МГц (с длиной волны 30 м).

Гольдбаум и др. (2001) в своих работах определили четыре различных форм волн ЭМ эмиссии: короткие одиночные импульсы, короткая цепь одиночных импульсов, расширенная цепь импульсов, и новая группа, импульсы вдоль базовых изменений напряжений. Важным в их работе были ЭМ частоты, достигающие 25 МГц (раньше значения доходили только до 10 МГц).

Рабинович и др. (2001) продолжили исследование механизмов ЭМ эмиссии и пришли к заключению, что механизмы ЭМ эмиссии землетрясений совпали с механизмами микроразрушений в лабораторных испытаниях. Они изучили закон Гутенберга-Рихтера и нашли, что соотношение простиралось к микроуровню.

Подземные работы

Frid (2001) признал ценность использования критерий ЭМ эмиссии, в качестве предвестника опасности обвала пород в угольных шахтах при использовании предельных значений разрушаемого угольного пространства, ширины горных выработок, толщины угольного пласта и упругих свойств угля.

Butler и др. (2001) провели учебно-производственные практики в Шахте Брансуика № 12 в Канаде в попытке связать ЭМ эмиссию с сейсмической активностью, а также оконтурить руду сульфида. Они использовали различные антенны с диапазоном частот от 1 Гц до 4.5 МГц. Они установили, что широкополосная ЭМ эмиссия с частотой до 800 кГц могла быть сгенерирована сейсмичностью и разрушением. Однако результаты не подтвердили, что сейсмичность является источником ЭМ эмиссии.

Vozoff (2002) попытался продемонстрировать использование ЭМ контроля, как систему оповещения обвалов в угольном пласте в Австралии. Он снял три полные группы данных и выяснил, что из трех, одна группа совпала с обвалом и была коррелирована с ЭМ интенсивностью, у другой группы, возможно, была “слабая корреляция”, а у последней группы вообще не было ЭМ корреляции.

Исследования по использованию ЭМС для контроля уровня удароопасности в горной породе был проведен в нескольких научных центрах в Китае. Специальная система мониторинга ЭМЭ была разработана китайскими исследователями Не и др., в 2002 г. Данный метод ЭМЭ прогнозирования горных ударов высоко ценится в этой стране и уже применяется в почти тридцати шахт Китая, так как он не требует механического воздействия на горную породу для установки, не мешает производить работы в шахте, оборудование легко эксплуатируется и имеет низкую стоимость. Систему, называют KBD5, и она состоит из высокочувствительного, широко частотного направленного приемника [5].

Заключение

Таким образом, проведенный анализ литературы зарубежных авторов показал, что ЭМЭ из горных пород имеет большие перспективы как предвестника в прогнозировании геодинамической опасности в шахтах. Поэтому необходимы дальнейшие исследования, чтобы определять время, место и энергию геодинамических событий. Для этого проводятся лабораторные исследования на образцах горных пород с целью определения интенсивности и спектра ЭМС и минимума напряжения, при котором это происходит. До сих пор системы на основе АЭ были широко использованы для определения удароопасности в шахтах, но установка таких систем является трудоемким процессом. Системы, основанные на ЕМЕ, требуют гораздо меньше времени для установки, легко эксплуатируются, имеет низкую стоимость и является бесконтактным.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ПАР ТРЕНИЯ

*Путинцев В.Ю., Передельская О.А., Негров Д.А., Шевчук А.М.
Омский государственный технический университет, г. Омск
Научный руководитель: Негров Д.А., к.т.н., доцент*

Обеспечение максимальной прочности металлополимерных пар трения при работе в тяжелых условиях нагружения, при высоких температурах и в агрессивных средах является актуальной задачей.

Для каждой пары трения существуют давление в контакте, нагрузки, скорости и температуры. Повышение прочности, триботехнических и механических свойств полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ), которые применяются в смазываемых, так и не смазываемых металлополимерных узлах трения. ПКМ должен обладать высокой прочностью, износостойкостью, упругостью, плотностью, равномерным распределением свойств по всему объему изделия [1].

Существуют различные способы уплотнения порошков ПКМ с одновременным наложением вибрации. Под действием вибрации, силы трения и сцепления частиц уменьшаются. При этом повышаются текучесть порошков, равномерность укладки частиц полимера, разрушаются арочные структуры. При виброформовании частицам перерабатываемого материала придаются значительные знакопеременные скорости и ускорения, в результате чего в полимерах наблюдается целый ряд физических и химических явлений, приводящих к интенсификации процессов переработки, снижению энергоемкости оборудования, повышению качества готовых изделий [2].

Одним из перспективных способов вибрационного воздействия является наложение ультразвуковых колебаний, благодаря которым существенно облегчается возникновение и развитие пластической деформации частиц порошка. Это положительно влияет и на характер изменения сил трения от давления прессования, дает возможность формовать изделие сложной формы при сравнительно небольших усилиях и тем самым позволяет повысить прочность.

Для проведения исследования влияния ультразвуковых колебаний, при прессовании порошков полимерных композиционных материалов была разработана специальная установка на базе гидравлического прессы [3].

После ультразвукового прессования образцы подвергались термообработке (спеканию) при температуре 360 °С. Для сравнения, соблюдая те же режимы прессования, изготавливали образцы без воздействия ультразвуковых колебаний. Образцы для исследования механических свойств изготавливали из ПКМ с содержанием СКГ 3, 6, 9, 12 мас. %. Механические свойства образцов при растяжении определяли на разрывной машине Р 0,5.

Методика исследования триботехнических свойств ПКМ предусматривала определение их износостойкости (скорости изнашивания) и антифрикционных свойств (момента и коэффициента трения). Образцы для триботехнических испытаний изготавливали из ПКМ с содержанием СКГ 6 мас. %. Испытания проводили на специальном стенде МДС – 2 без смазочного материала.

Изучение влияния ультразвуковых колебаний на механические свойства ПКМ выполняли на образцах с различным содержанием СКГ. Было установлено (рис. 1), что зависимости предела прочности ПКМ от содержания СКГ для образцов, изготовленных по обычной технологии и с наложением ультразвуковых колебаний, имеют одинаковый характер и экстремум при содержании СКГ 6 мас. %. При этом же содержании получено и наибольшее повышение предела прочности. Предел прочности образцов изготовленных ультразвуковым прессованием на 10 % больше, чем у образцов изготовленных без наложения ультразвуковых колебаний.

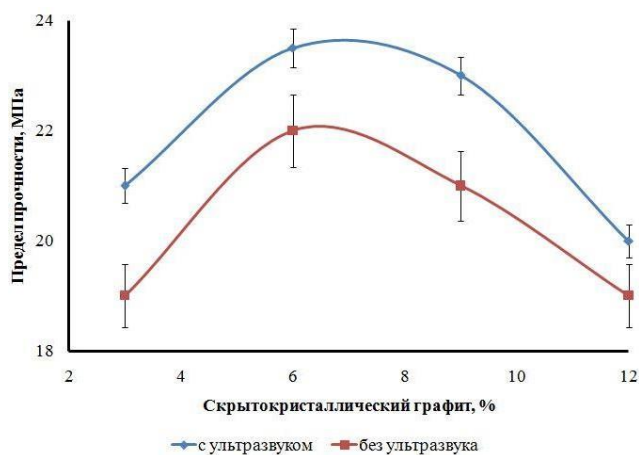


Рис. 1 Зависимость предела прочности при разрыве от содержания СКГ

Относительное удлинение при разрыве, характеризующее пластические свойства материала, при наложении ультразвуковых колебаний снижается (рис. 2).

Характер кривых аналогичен характеру кривых предела прочности с экстремумом при содержании СКГ 6 мас. %. Максимальное уменьшение относительного удлинения ($\approx 8\%$) также получено при этой концентрации.

Анализ зависимостей модуля упругости образцов с различным содержанием СКГ, полученных по традиционной технологии и с наложением ультразвуковых колебаний (рис. 3) показал, что наложение ультразвуковых колебаний в процессе прессования повышает модуль упругости на $10 \div 15\%$ в зависимости от содержания наполнителя. Максимальное значение модуля упругости для обеих технологий получено при концентрации СКГ 6 мас. %.

Закономерности изменения механических свойств ПКМ (рисунки 2 – 4) показывают, что при наложении ультразвуковых колебаний в процессе прессования заготовок предел прочности и модуль упругости возрастают, а относительное удлинение снижается. Следовательно, такое содержание СКГ следует считать рациональным для исследуемого ПКМ.

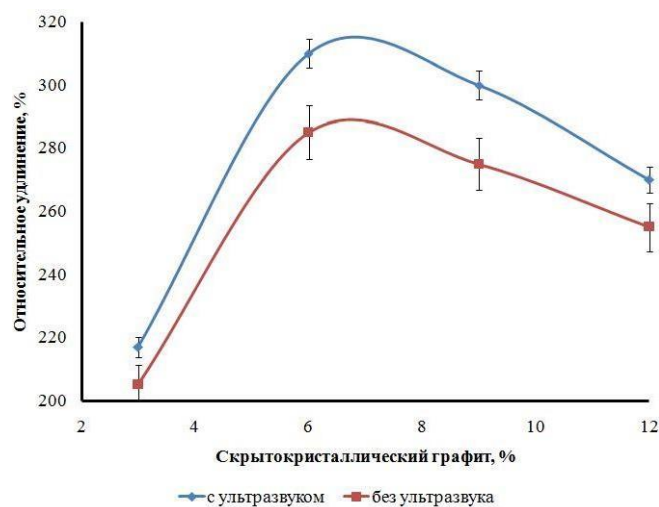


Рис. 2 Зависимость относительного удлинения от содержания СКГ

Установлено, что воздействие ультразвуковых колебаний на ПКМ приводит к улучшению их триботехнических свойств.

Так скорость изнашивания снижается на 23% , а коэффициент трения на 11% . Столь значительное повышение износостойкости

может свидетельствовать об изменении структуры композиционного материала.

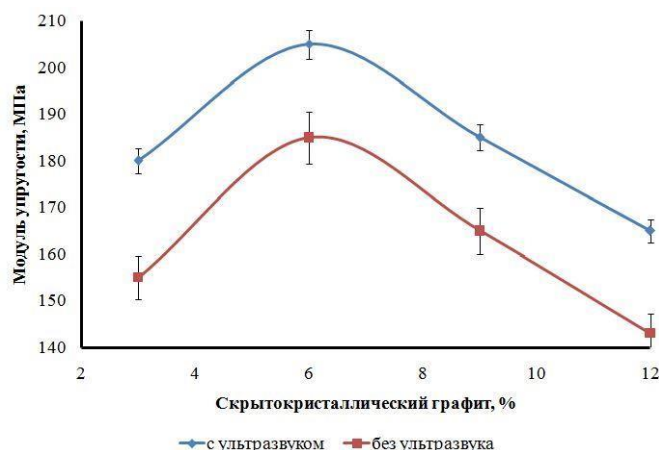


Рис. 3 Зависимость модуля упругости от содержания СКГ

На основании проведенных исследований установлено, что применение ультразвукового прессования, в производстве металлополимерных пар трения (время прессования – 90 секунд, усилие прессования – 65 МПа, амплитуда колебаний волновода пуансона – 14 мкм), позволяет повысить предел прочности на 10 %, модуль упругости на 15 %, при этом относительное удлинение снижается на 8 %.

Наряду с повышением механических свойств, при воздействии ультразвуковых колебаний, улучшаются и триботехнические характеристики ПКМ при трении без смазочного материала по стали: скорость изнашивания снижается на 23 %, коэффициент (момент) трения на 11 % для данных условий испытания.

Список информационных источников

1. D. A. Negrov, E. N. Eremin Manufacture of Slip Bearings from PTFEBased Composite // ISSN 1068798X, Russian Engineering Research, 2012, Vol. 32, No. 1, pp. 42–44. © Allerton Press, Inc., 2012. Original Russian Text © D.A. Negrov, E.N. Eremin, 2012, published in Vestnik Mashinostroeniya, 2012, No. 1, pp. 49–52. DOI: 10.3103/S1068798X12010212

2. E. N. Eremin, D. A. Negrov Development of a technology for the fabrication of articles made of complex-modifiend polytetrafluoroethylene for dry friction assemblies // Chemical and Petroleum Engineering, Vol. 49,

Nos. 9–10, January, 2014 (Russian Original Nos. 9–10, Sept.–Oct., 2013).
DOI: 10.1007/s10556-014-9822-0

3. Д. А. Негров Технология изготовления деталей узлов трения из полимерных композиционных материалов/ Д.А. Негров, В.Ю. Путинцев, О.А. Передельская, А.В. Наумова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2015. Т. 15, № 2. с. 13–19

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ АКТИВНОМ ТЕПЛОВОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ

Разумова А. А., Ширяев В. В.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Ширяев В. В., к.т.н., доцент кафедры
физических методов и приборов контроля качества*

Активный метод теплового неразрушающего контроля (АТНК) применяется, когда объект контроля во время эксплуатации не выделяет тепловое излучение, которого было бы достаточно для проведения теплового контроля. Проводя диагностику данным методом, производят нагрев/охлаждение объекта, передачу его тепловой энергии специальными внешними источниками тепла для создания тепловых потоков внутри изделия.

Для проведения эксперимента по определению температуропроводности композитного была собрана экспериментальная установка:

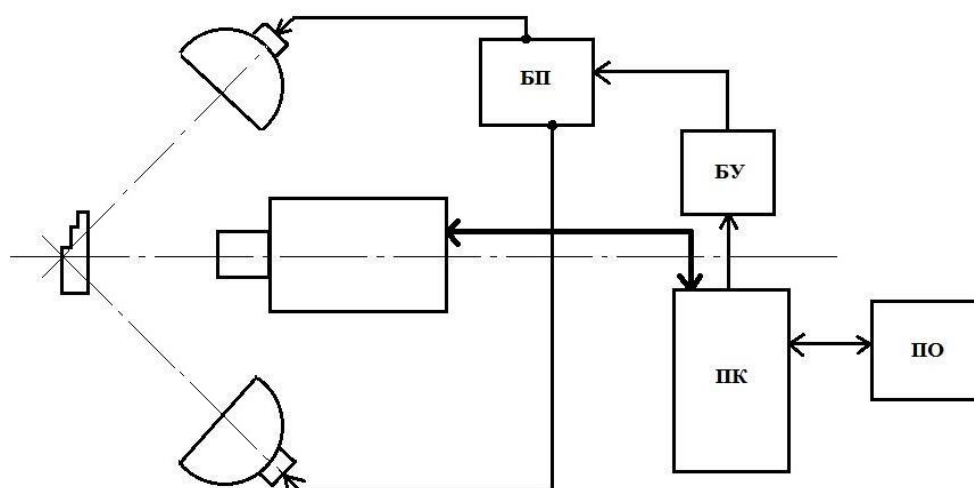


Рис. 1. Схема установки

где БП – блок питания, БУ – блок управления, ПК – персональный компьютер, ПО – программное обеспечение, лампа - вспышка QUA DX и исследуемая модель.

На рисунке 2 показан профиль первого объекта контроля (ОК).

Нагрев и регистрация производились при одностороннем доступе к образцу. Нагрев производился лампой-вспышкой с энергией 3600 Дж, регистрация – тепловизором NEC со скоростью записи 100 мс на кадр. В данном эксперименте глубина залегания дефекта оставалась постоянной, изменялась толщина материала за дефектом

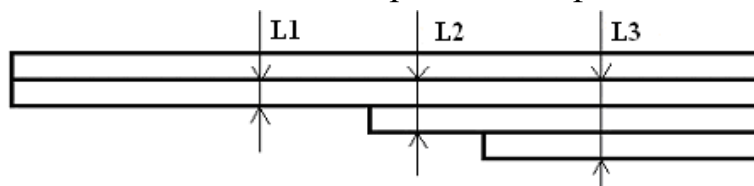


Рис. 2. Профиль первого объекта контроля

С помощью программы ThermoFit Pro, с использованием алгоритма Заламеда [2], был определен коэффициент температуропроводности образца. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Значение коэффициента температуропроводности

№ п/п	1	2	3	4	5	6
$a, \text{ м}^2/\text{с}$	$1,43 \cdot 10^{-7}$	$1,17 \cdot 10^{-7}$	$1,56 \cdot 10^{-7}$	$1,3 \cdot 10^{-7}$	$1,43 \cdot 10^{-7}$	$1,43 \cdot 10^{-7}$

Дисперсия общая: $D=0,0015 \cdot 10^{-13}$. Дисперсия по точкам 3-5-6: $D=0,0004 \cdot 10^{-13}$.

Среднее квадратичное отклонение по точкам 3-5-6: $\sigma=0,063 \cdot 10^{-7}$.

Расчеты показывают, что отклонение коэффициента температуропроводности меньше 1,5%, следовательно, влиянием толщины материала под дефектом можно пренебречь при его определении.

На рисунке 3 показано, в каких точках объекта исследования были получены значения коэффициента температуропроводности.

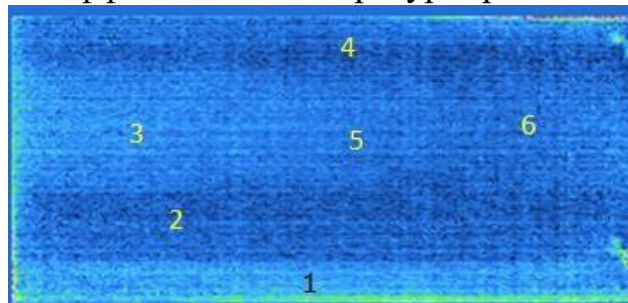


Рис. 3. Точки, в которых были определены значения коэффициента температуропроводности

Так же был проведен второй опыт по определению коэффициента температуропроводности. В данном эксперименте была различна глубина залегания дефекта. На рисунке 4 показан профиль второго объекта контроля.



Рис. 4. Профиль второго объекта контроля

Глубина залегания первого дефекта – 1,8 мм, глубина залегания второго дефекта – 3,2 мм.

В результате эксперимента получены данные, которые занесены в таблицу 2.

Таблица 2. «Значение коэффициента температуропроводности второго ОК»

№ п/п	1	2
$a, \text{ м}^2/\text{с}$	$1,23 \cdot 10^{-7}$	$1,77 \cdot 10^{-7}$

Дисперсия общая: $D=0,073 \cdot 10^{-14}$.

Среднее квадратичное отклонение по точкам 1-2: $\sigma=0,27 \cdot 10^{-7}$.

Расчеты показывают, что отклонение коэффициента температуропроводности в данном опыте меньше 1,5%, следовательно, влиянием толщины материала над дефектом можно пренебречь при его определении.

Из результатов экспериментов следует, что коэффициент температуропроводности композитного материала (стеклопластика), при изменении толщины ОК за дефектом при данных условиях, остается практически одинаковым, а так же, что изменение глубины залегания дефекта тоже практически не влияет на данный коэффициент. Результаты данных опытов достаточно близки к реальному значению коэффициента температуропроводности стеклопластика ($a=1,2-1,0 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$).

Список информационных источников

1. Инфракрасная термография и тепловой контроль: научное издание/ Вавилов В. П.; редактор Клейзер В. П. – Москва: ИД Спектр, 2013. – 27, 91-93, 179 с.

2. Joseph N. Zalameda and William P. Winfreeb. Improved Sampling of Thermal Transients using Focal Plane Array Infrared Imagers // Thermosense XXVI, Proc. of SPIE Vol. 5405, pp 374-381

РЕНТГЕНОВСКАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТОМОГРАФИЯ

Сагалакова А.Г.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Осипов С. П., к.т.н., в.н. с. лаборатории
Технической томографии и интроскопии*

Одним из перспективных методов рентгеновского контроля является рентгеновская вычислительная томография. Вычислительная томография – область математики, занимающаяся разработкой математических методов и алгоритмов восстановления внутренней структуры объекта по проекционным данным. Преимуществами вычислительной томографии по сравнению с традиционной рентгенографией являются:

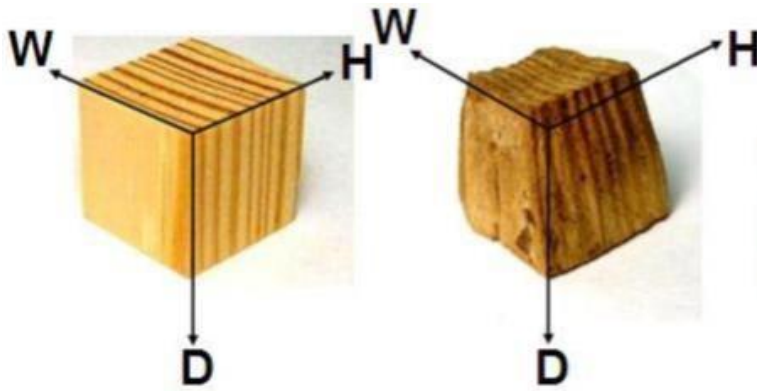
- отсутствие теневых наложений на изображении;
- более высокая точность измерения геометрических соотношений;
- чувствительность на порядок выше, чем при обычной рентгенографии.

Рентгеновские вычислительные комплексы могут быть использованы на всех этапах создания композитных конструкций:

- отработки технологического процесса;
- сертификации производства;
- приемочного контроля и диагностики;
- обнаружения изменений внутренней структуры при испытаниях и в период эксплуатации;
- изучения новых конструкторско-технологических решений.

С помощью рентгеновской вычислительной томографии рассмотрен процесс разложения древесины в деревянных конструкциях. Разложение древесины ставит под угрозу их пригодность к службе.

В исследовании разрезали сосну на семьдесят кубических образцов со стороной в 2,5 см. Образцы были осмотрены, чтобы подтвердить, что нет видимых наростов, плесени, пятен или грибка. Блоки были вырезаны из четверти среза дерева, чтобы гарантировать, что кольца почти параллельны внешней поверхности куба, см. рис. 1.



W = ширина
D = глубина
H = высота

Рисунок 1. Блок здоровой древесины (слева) и блок гнилой древесины (справа). Изображение слева - блок контрольной группы, и изображение справа – блок, разложившийся в течение 10 недель.

Десять блоков не были подвержены процессу разложения и были маркированы как “контрольная группа”. Они были разделены на две группы по пять образцов каждого, группа 1 и 2, соответственно, рис. 2. Остальные шестьдесят блоков были разделены на двенадцать групп из пяти образцов каждого блока и были заражены грибком. Эти двенадцать групп из пяти блоков, контактировали с грибком с периода от одной недели до двенадцати недель.

Во время процесса разложения группа из пяти экземпляров деревянных блоков удалялась каждую неделю сроком на двенадцать недель. Каждая группа была расположена в виде строк (А - Д) в зависимости от количества недель, подверженных процессу разложения и размещенных на относительно плоской поверхности. Экземпляры блока располагались не больше, чем на расстоянии в 25 мм. Рис. 2 показывает расположение экземпляра при подготовке к рентгеновской вычислительной томографии.

В исследовании использовался сканер General Electric Computer Tomography (СТ), чтобы просмотреть экземпляры блока с вращением 0.8 секунд, полем зрения 26.9 см и толщиной части 1.25 мм при 80 кВ и 45 мА. Рис. 3 показывает томографию слоев для пяти экземпляров в контрольной группе и для экземпляров, представленных в двух, четырех, шести, восьми, десяти, и двенадцати неделях контролируемого процесса разложения (томографии остальных слоев не показаны из-за пространственных ограничений).

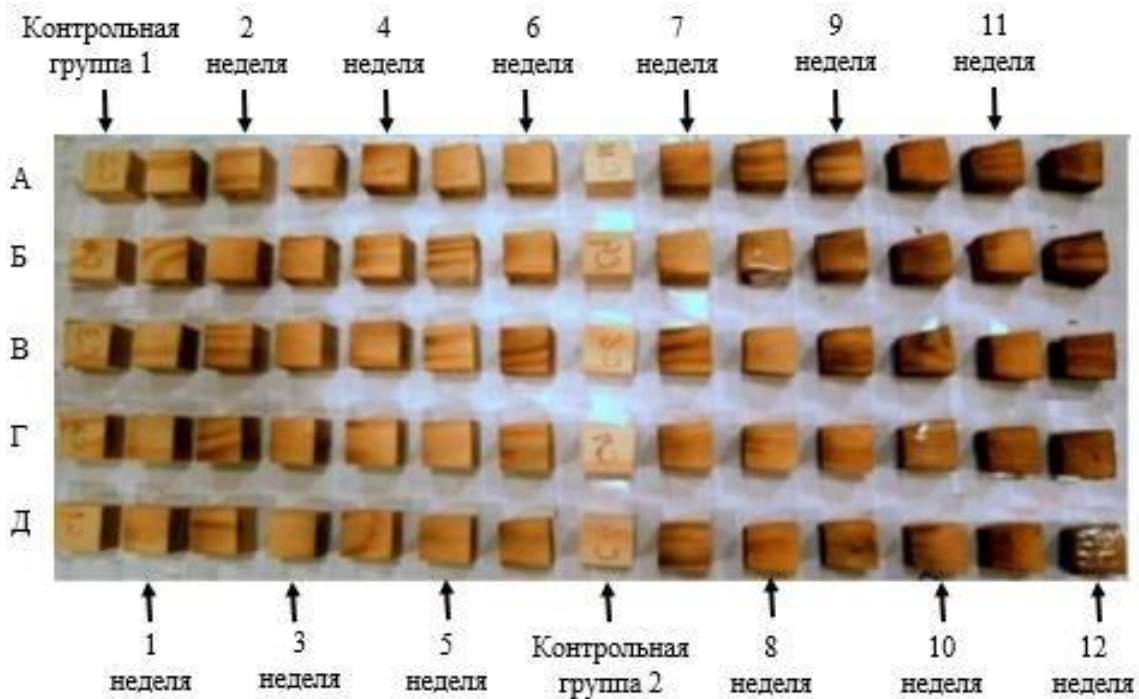


Рисунок 2. Установка для компьютерной томографии (КТ).
 Деревянные блоки организованы в группы из пяти образцов по числу недель воздействия контролируемого разложения.

Визуальный осмотр образцов древесины, подверженных разложению в контролируемых условиях приводит к тому, что разложение древесины не происходит в единообразной форме. Процесс разложения начинается на поверхности, контактирующей с грибком и прогрессирует в сторону противоположной поверхности. Рис. 1, 2, и 3 ясно показывают это явление. Рис. 1 показывает сравнение между блоками, подвергнутым 10 неделям разложения и одного из управляющих блоков. В результате разлагающиеся блоки теряют свою кубическую форму, поскольку чем дольше они подверглись воздействию грибов, тем больше они искажаются, как это показано на рис. 1, 2 и 3.

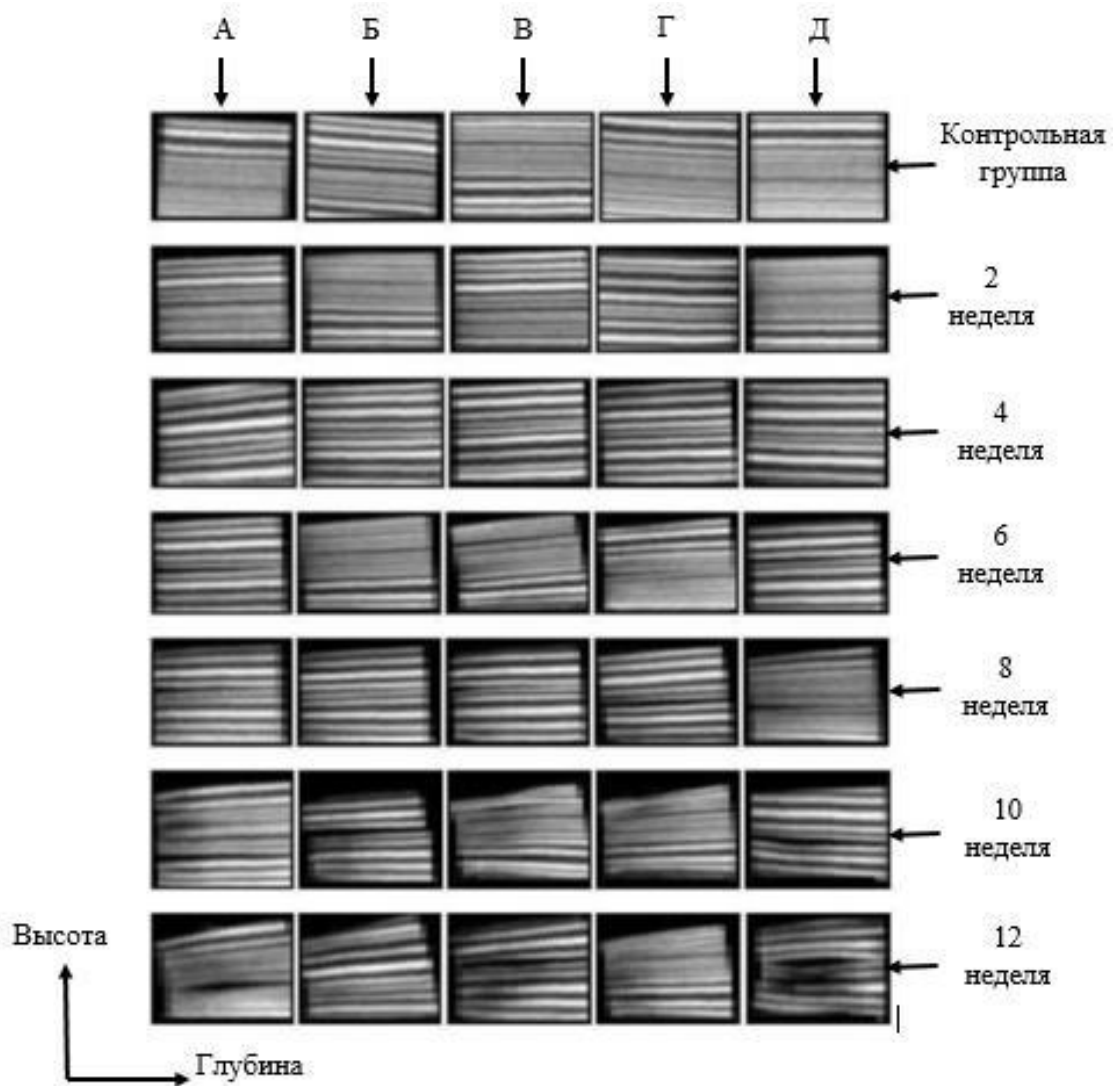


Рисунок 3. Компьютерная томография слоев блоков, полученных вдоль центральной плоскости, параллельно осям глубины и высоты.

Рентгеновская компьютерная томография проводилась, используя блоки из сосны, зараженные грибом в течение различных известных промежутков времени от одной до двенадцати недель. Было подтверждено, что большая часть разложения произошла на стороне, контактирующей с грибами и прогрессировала уменьшающимся способом к противоположной стороне.

Список информационных источников

1. В.И. Сырямкин, В.А. Бородин, А.Ш. Буреев, Г.С. Глушков, А.В. Васильев. РЕНТГЕНОВСКИЕ ЦИФРОВЫЕ МИКРОТОМОГРАФЫ// Вестник науки сибери. – 2012. Т. 1. - №1(2). – С. 86-92.

2. Бойцов Б.В., Васильев С.Л., Громашев А.Г., Юргенсон С.А. Методы неразрушающего контроля, применяемые для конструкций из ПКМ// Труды МАИ. – 2011. Т. 1. - №49.

3. Megan McGovern¹, Adam Senalik¹, George Chen², Frank C. Beall³, Henrique Reis. Detection and assessment of wood decay using X-ray computer tomography.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ПОТОКОВ

Сатанова А.С.

*Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда*

*Научный руководитель: Сергеев В.Я., к.т.н., ст. преподаватель
кафедры приборостроения*

В послании народу Казахстана Президент Н.А.Назарбаев отметил: "Индустриальное развитие - это наш шанс в новом десятилетии, новые возможности для развития страны". Для этого мы должны сделать рывок, форсированными темпами создать новую индустриальную экономику - прежде всего за счет внедрения инноваций, новых технологий.

Угольная отрасль является важной частью топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан. Ее развитие на современном этапе связано, прежде всего, с повышением качества угля. Одной из первоочередных задач, стоящих перед угольной промышленностью, должно стать формирование системы управления качеством, способной обеспечить защиту граждан, окружающей среды и товарного рынка от некачественной угольной продукции.

Угольная промышленность обеспечивает 80% выработки электроэнергии и тепла, а также 100 % потребности черной металлургии для производства кокса.

За последнее десятилетие наблюдается стремительный рост добычи

угля. Ежегодно вводится несколько предприятий по добыче и переработке этого ценнейшего энергоносителя. Сложные условия залегания угля, применение высокопроизводительной техники и другие факторы в большей или меньшей степени влияют на качество добываемого угля. При этом потребители все настойчивее требуют снижения содержания минеральных примесей в отгружаемой продукции.

Ответ на это есть только один — строительство новых и реконструкция старых обогатительных фабрик с применением современных технологий обогащения и установкой оборудования, выпускаемого как отечественными, так и зарубежными производителями, являющимися лидерами в этой области.

Формирование качества топлива - сложный процесс, состоящий из многих звеньев. Количественную информацию о свойствах перерабатываемого материала получают путем опробования, которому на обогатительных фабриках, шахтах, карьерах отводят большую роль. Естественный выход результатов опробования и контроля — управление качеством продукции. Для обогатительных фабрик это управление качеством входного потока сырья и продуктов обогащения. Для шахт и разрезов — управление качеством добытого полезного ископаемого.

Конкурентоспособность угля напрямую связана с его качеством. В жестких условиях рынка энергетического топлива контроль и обеспечение качества углей является одним из важнейших направлений технологического процесса, от которого во многом зависят экономические показатели работы не только угледобывающего предприятия, но и других отраслей народного хозяйства, которые этот уголь используют.

Вопрос оперативного контроля качества углей в таких условиях отработки месторождения остается весьма актуальным и не может быть решен без применения новых эффективных методов и методик. Наряду со стандартными методами контроля качества угля необходима разработка и внедрение современных оперативных методов контроля, находящихся в непрерывной связи с процессом совершенствования технологии горного производства.

Целью данной исследовательской работы является повышение эффективности обеспечения информационно-измерительной системы учета для оптимизации угольных потоков в условиях предприятий нашей страны.

Одним из важнейших показателей качества углей, антрацитов и других твердых горючих полезных ископаемых является их зольность, т.е. массовое содержание минеральной части в навеске (пробе). Зольность угля на прямую влияет на теплоту сгорания топлива. Поэтому одним из основных характеристик угля является именно его зольность.

Существует несколько способов определения зольности угля, одним из которых является способ определения зольности углей, заключающийся в облучении исследуемых пластов угля потоком мягких гамма-квантов и регистрации на некотором расстоянии от источника первичных гамма-квантов потока многократно рассеянного гамма-излучения является одним из самых распространенных способов. О качестве углей судят по степени поглощения рассеянного гамма-излучения в угольном пласте.

Другим способом определения зольности угля является озоление пробы топлива в муфельной печи и прокаливанием зольного остатка при температуре 800—830 °С. Для ускоренного озоления горючих сланцев — при температуре 850—875 °С. [1]

При исследовании материалов органического происхождения контроль влажности необходим почти на всех этапах технологического процесса: при хранении, сдаче-приемке и транспортировке сырья и готовой продукции.

Влагомеры и гигрометры нашли применение в системах управления и измерительно-информационных различных отраслей промышленности, сельского хозяйства, строительства и в научных исследованиях, а гигрометры - также в дистанционных информационно-измерительных системах метеорологии и аэрологии.

Метрологическая и информационная оптимизация любого влагомера или гигрометра сводится к требованию наилучшего выделения полезного сигнала из его смеси с шумами.

Современные микроволновые измерители влажности измеряют влажность движущегося сыпучего материала с точностью 0,3-0,5%. Увеличение точности и стабильности измерений при изменяющихся параметрах (переменной высоте насыпи, насыпной массе и скорости движения вещества) - основное направление совершенствования микроволновых влагомеров. Оптимизация конструкции и расположения передающих и принимающих датчиков, оптимальные частоты радиосигналов, повышение чувствительности измерителей и усовершенствование алгоритмов вычисления.

Характеристика, определяющая скорость распространения радиоволн в материале называется *диэлектрическая проницаемость*. Чем больше диэлектрическая проницаемость, тем медленнее распространяется радиосигнал. Измерив время прохождения радиоволн через материал и зная толщину материала можно вычислить его диэлектрическую проницаемость.

Большинство сухих веществ имеют диэлектрическую проницаемость от 2 до 5 безразмерных единиц. Диэлектрическую проницаемость воды существенно выше, она равна 81 единице. Если вещество содержит влагу, то в общую диэлектрическую проницаемость вносят свой вклад, как сам материал, так и присутствующая в нем вода. По измеренной диэлектрической проницаемости влажного вещества можно определить какую долю смеси составляет материал, а какую влага. На этом факте и основана работа микроволновых измерителей влажности.

Радиоволны передатчика проходят через весь слой материала, из-за чего происходит измерение полной влажности, усреднённой по всему объёму материала. Также микроволновая технология позволяет измерять влагу, сконцентрированную внутри крупных кусков материала. А при правильной настройке микроволновые измерители могут работать в условиях, когда влага неравномерно распределена по толще материала (вертикальная сегрегация, высыхание поверхности).

Микроволновая технология применяется в условиях, где неоднородность распределения влажности не позволяет использовать другую технологию измерения. Микроволновые измерители влажности применяются в угольной промышленности, а также в других производственных процессах, где влага может быть распределена неравномерно.

В связи с увеличением стоимости ресурсов точный контроль и учет на базе современных средств измерительной и вычислительной техники – актуальная задача стоящая перед разработчиками современных средств информационно-измерительной техники.

Для поставщиков важно не только качество угля, но и точность учета массы угля. Известен способ непрерывного измерения веса перемещаемых материалов на ленточных конвейерах, включающий получение суммарных показаний с весовых роликкоопор, оснащенных тензометрическими датчиками [2] - снимаемое с датчиков напряжение перемножается на скорость ленты конвейера, образуя величину, характеризующую мгновенную производительность конвейера. Вес

транспортируемого материала по конвейеру определяется путем интегрирования мгновенной производительности.

Недостатком способа является то, что получение суммарных показаний с весовых роlikоопор заведомо считается истинным. При этом не принимается во внимание тот факт, что по ряду причин, например из-за неравномерной по ширине загрузки движущейся ленты, возникает поперечная составляющая силы, которая не учитывается при дальнейших расчетах. Кроме того, последовательное продольное расположение тензометрических датчиков делает неэффективной работу второго из них. Это связано с тем, что первый из них реагирует на динамическое воздействие перемещаемого через стационарную опору груза, а второй реагирует уже на установившееся воздействие. Такой режим работы тензометрических датчиков требует их регулярной динамической калибровки, причем эта калибровка четко связана с характером перемещаемых грузов и режимом их транспортировки.

Также известна система измерения веса на базе конвейерных весов [3]. Весы содержат две рядом стоящие весовые роlikоопоры, установленные при помощи моста и рамы и включенные встречно друг другу, имеют контргруз, датчик скорости, датчик веса и, при этом они снабжены суммирующим устройством, соединяющим между собой весовые роlikоопоры, установленные на рамах, объединенных мостом, выполненным в виде двух рычагов равной длины, расположенных вдоль продольной оси конвейерной ленты, образуя с ней угол по вертикали, и соединяющихся соединительным элементом, передающим усилие по вертикали рычагу масштабирования, на одном из плеч которого установлен контргруз, а другое плечо вдоль продольной оси конвейерной ленты связано с датчиком веса. В результате решается задача увеличения точности измерения веса до 0,5-1,0% и надежность работы при сохранении относительной простоты конструкции системы.

Недостатком системы является то, что она неспособна учитывать дефекты конвейерной ленты. Даже при идеальном монтаже рамы и опорных роlikов возможен уход ленты в сторону. Производство резинотканевых конвейерных лент - многооперационный процесс, при проведении которого применяемые ткани, резиновые смеси и ленты в целом испытывают различного рода нагрузки: сжатия, растяжения, сдвига, изгиба и их комбинации. При несоблюдении технологии, некачественном сырье и значительном износе оборудования эти нагрузки могут неравномерно распределяться как по сечению, так и по площади лент, вызывая остаточные напряжения и отклонения в

размерах элементов лент.

Нужно отметить, что потребность в энергетическом угле с каждым годом будет возрастать не только в Казахстане но и в мире в целом, некоторым данным в ряде развивающихся стран потребность в угле ежегодно будет возрастать на 6%. Рост потребления энергетического угля обусловлен потребностью в нем многочисленных тепловых электростанций, которые вырабатывают все больше электрической и тепловой энергии. Следовательно, добыча угля и разработка новых угольных месторождений не сократиться, а будет интенсивно увеличиваться. Угледобывающие компании будут стремиться повышать качество и конкурентоспособность своей продукции. В настоящее время Казахстан входит в десятку крупнейших производителей угля на мировом рынке, так же как и в десятку крупнейших экспортеров. Республика дает около 3% общемирового экспорта угля.

В данной работе был проведен анализ существующих компонентов информационно-измерительной системы учета для оптимизации угля, отмечены основные методы измерения основных показателей. Были выявлены их недостатки и предложены пути их решения.

Таким образом необходимо разработать информационно-измерительную систему отвечающую требованиям современной рыночной экономики и позволяющую не только повысить качество, но и уменьшить затраты человеческих ресурсов, оптимизировать производственный процесс в целом и обеспечить функционирование всех компонентов системы на высшем уровне.

Список информационных источников

1. Горная энциклопедия, издательство БСЭ, 1984—1990
2. Описание полезной модели к патенту РФ № 11604 от 17.06.1999, МПК6 G01G 11/00, опубл. 16.10.1999
3. Описание изобретения к патенту РФ № 2232979 от 23.09.2002, МПК⁷ G01G 11/04, опубл. 20.07.2004
4. Хохряков В.С. "Проектирование карьеров. Учебник для ВУЗов. – 3-е издание перераб. и доп. – М. Недра, 2008, 383с.
5. Арсентьев А.И. "Вскрытие и системы разработки карьерных полей" М. Недра, 2004, 278 с.

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УГЛЕПЛАСТИКОВ

Седанова Е.П., Жвырбля В.Ю., Седнев Д.А.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Седнев Д.А., ассистент кафедры физико-энергетических установок

На сегодняшний день число аварий на промышленных предприятиях всего мира только растет. Ряд стран ежегодно теряет порядка 12 % национального дохода из-за низкого качества выпускаемой продукции, а в России это число значительно выше. Поскольку надежность деталей и конструкций зависит не только от свойств материалов, но и от наличия в них скрытых дефектов, то вопрос неразрушающего контроля (НК) приобретает значительную важность. А выявление универсального алгоритма анализа, обработки данных и визуализации объекта контроля является актуальной задачей на сегодняшний день.

Целью работы является отработка технологии визуализации ультразвукового контроля композиционных материалов, применяемых в промышленности, методом DFA (Digital Focus Array) [1].

Ультразвуковые методы дефектоскопии [2] и, в частности, эхо - импульсный метод относятся к числу наиболее универсальных методов контроля. Они позволяют контролировать разнообразные свойства изделий, изготовленных из акустически прозрачных конструкционных материалов (металлов, пластмасс и др.) Большинство ультразвуковых методов основано на регистрации эхо-сигнала, отраженного от дефекта. Наиболее известным и распространенным методом считается контроль с использованием одноканального датчика, у которого есть один передающий и один принимающий сигналы элемент (зачастую используется один совмещенный элемент, выполняющий обе функции).

Принципиально другой принцип имеет технология Digital Focus Array (DFA), разработанная в ТПУ совместно с Фраунгоферовским Институтом Неразрушающего Контроля (Германия).

Разница между обычным одноканальным методом анализа материала и методом фазированной антенной решеткой состоит в особенности процедуры сбора данных и их обработки. Принцип работы метода DFA заключается в том, что только один элемент фазированной антенной решетки излучает сигнал, остальные же работают в режиме

приёма. Волна распространяется во всех направлениях. Отраженный сигнал остальные элементы фиксируют одновременно. После того, как каждый элемент решетки излучил сигнал, а остальные датчики его приняли, полученные ультразвуковые сигналы для каждого преобразователя решетки с каждой позиции сохраняются в форме матрицы и служат исходными данными для реконструкции изображений (рис. 1). Все необходимые данные сохраняются после одного цикла проверки.

Данный метод обладает рядом преимуществ по сравнению с одноканальными методами контроля:

- большой охват позволяет, как уменьшать скорость сканирования объекта, так и увеличивать разрешающую способность контроля, или совмещать их;

- получение реальных изображений положения и размеров дефектов, а также их интерпретация происходит быстрее и проще;

- все данные, учитывающие последовательность контроля, могут быть записаны в реальном времени.

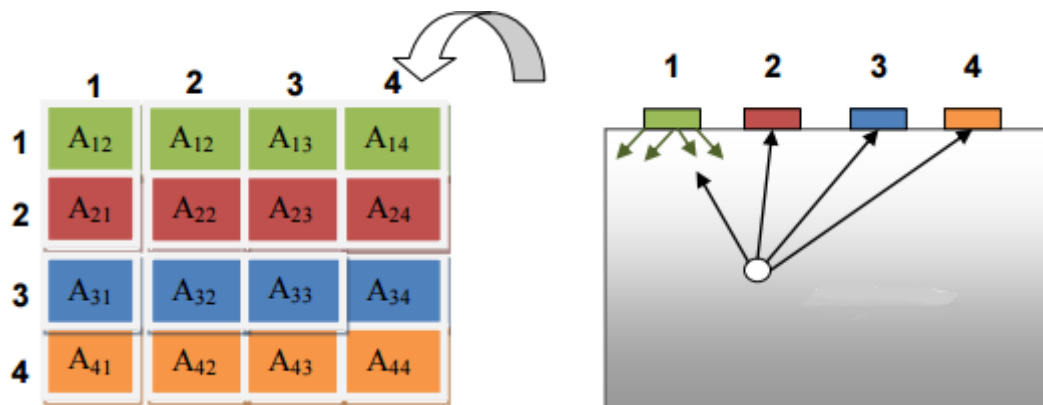


Рисунок 1 – Схематическое изображение процесса сканирования образца по алгоритму DFA

В ходе практической части работы был произведен контроль углепластиков, нашедших свое применение во многих отраслях, таких как авиа- и автомобилестроение, а так же атомная промышленность. Использованные образцы содержали в своей структуре искусственные расслоения (деламинации). Контроль производился при использовании системы оборудования ультразвукового контроля, основанного на применении технологии DFA.

После проведения процедуры контроля и завершения анализа полученных сведений, следует заключение, что использование метода DFA при процедуре контроля позволяет достичь:

- высоких показателей повторяемости результатов;
- значительного повышения скорости проведения контроля при большом обхвате поверхности;
- информативности изображений и точности размеров и положения дефектов.

Все это является прямым подтверждением того, что ультразвуковой контроль на базе устройства DFA является наиболее эффективным методом контроля и диагностики материалов и представляет перспективы для дальнейшего внедрения во многие отрасли промышленности.

**Выполнено при финансовой поддержке Государственного задания «Наука» в рамках научного проекта № 1524, тема 0.1325.2014.*

Список информационных источников

1. Bulavinov A. Industrial application of real-time 3D imaging by Sampling Phased Array. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: - http://www.ndt.net/article/ecndt2010/reports/1_03_22.pdf, свободный – Загл. с экрана. – Яз. англ. Дата обращения 13.05.15г.
2. Капранов Б.И. Коротком М.М. Акустические методы контроля и диагностики. Часть 1. – Томск: ТПУ, 2008. с. 186.

МЕТОД КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СНЕГА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗИМНИХ АВТОДОРОГ

*Серебrenикова Ю.Г., Лысянников А.В., Кайзер Ю.Ф.
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск
Научный руководитель: Желудевич Р.Б., д.т.н., профессор кафедры
АвиаГСМ*

При строительстве зимних автодорог для образования прочного дорожного покрытия необходимо обрабатываемую массу снега довести до влажности не менее 10 % [1]. Влажность снега в основном зависит от температуры, поэтому для соблюдения технологического процесса необходимо повысить температуру снега до $-2 \dots -8^{\circ}\text{C}$ путем внесения в снег горячих газов, пара, СВЧ-энергии, инфракрасного излучения и т.

д. Тепловая обработка предназначена для повышения температуры снега непосредственно перед его уплотнением и обеспечивает равномерное распределение влаги [2]. Чем выше температура снега, тем эффективнее он уплотняется (рисунок 1).

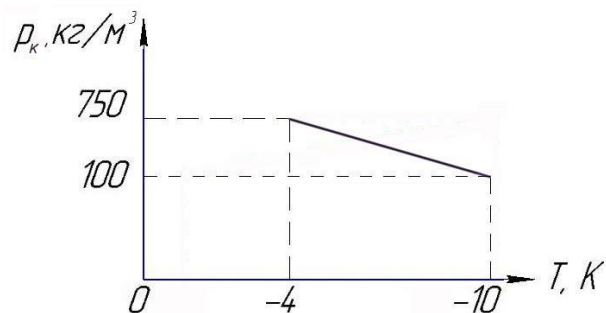


Рисунок 1 – Зависимость конечной плотности уплотняемого снега от его температуры при постоянной максимальной нагрузке

Нагрев взвешенных частиц в тепловом устройстве называется дисперсным способом растепления и представляет собой конвективный теплообменник прямоточного действия. Теплообмен происходит при свободной конвекции, при этом коэффициент теплоотдачи является постоянной величиной, а время теплообмена равно времени пребывания частицы снега во взвешенном состоянии [3].

Выбор метода измерения температуры зависит от диапазона измеряемых температур, точности, быстродействия и входной теплоемкости [4]. В диапазоне низких и средних температур в основном используют контактные методы измерения (датчик температуры непосредственно контактирует с измеряемой средой), которые основаны на:

- тепловом расширении жидких, газообразных и твердых тел (термометры расширения);
- изменении давления в замкнутом объеме при изменении температуры (манометрические термометры);
- изменении электрического сопротивления тел при изменении температуры (термометры сопротивления);
- термоэлектрическом эффекте (термопары).

Наибольшее распространение при измерении температуры получили термоэлектрические термометры, т. к. они позволяют определить большой диапазон измерения, имеют высокую степень точности и высокую чувствительность, обеспечивают возможность

дистанционной передачи показаний и автоматической записи измеряемой температуры с помощью самопишущего прибора.

При использовании контактных методов исследования теплофизических характеристик снежной массы возникает ряд сложностей:

1. Многофазность системы. Слой снега является сложной физико-химической системой. Его состояние зависит от термодинамического равновесия твердой, жидкой и газообразной составляющей. Твердые частицы различной формы и величины разделены между собой промежутками, заполненными газом и жидкостью [5];

2. Измерение происходит при движущемся потоке частиц в сечении, при этом большое значение имеют скорость и направление снежных частиц.

Также для измерения температуры, где прямой контакт с измеряемой средой невозможен, применяют бесконтактные методы, которые основаны на использовании энергии излучения нагретых тел. При этом используют средства измерения – пирометры. В зависимости от используемой входной величины различают три вида этих приборов: радиационные, яркостные и цветовые. Но применение этих методов для определения температуры снега затруднено из-за невысоких температур снега и общей сложности конструкции приборов.

Однако, известен датчик для оперативной непрерывной индикации влажностного состояния сыпучих материалов (А.С. SU1656432). Определение температуры происходит методом контактной теплопроводности: поток материала, обтекая датчик, обеспечивает практически безынерциальный нагрев термочувствительных пластин, размещенных на боковой поверхности датчика (рисунок 2). В пластины вмонтированы термопары, регистрирующие температуру потока.

Технологический процесс создания зимних автодорог требует соблюдения определенного теплового режима снега перед его уплотнением, что позволит настроить и контролировать режимы работы теплового агрегата (горелки) для нагрева снежной массы в заданном температурном диапазоне.

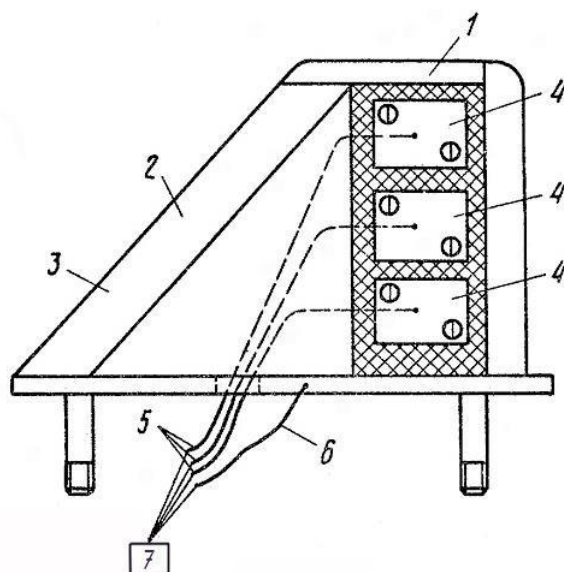


Рисунок 2 – Датчик для оперативной непрерывной индикации влажностного состояния сыпучих материалов: 1 – датчик; 2 – стенка; 3 – ребро; 4 – теплопроводные пластины; 5, 6 – термопары; 7 – регистрирующий прибор

Список информационных источников

1. Мерданов Ш.М. Научные основы создания комплексов машин для строительства временных зимних дорог в районах севера и Сибири: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.04 / Мерданов Шахбуба Магомедкеримович – Тюмень, 2010. – 295 с.

2. Серебrenикова Ю.Г., Плахотникова М.А., Желукевич Р.Б. [и др.]. Анализ источников увлажнения снега при сооружении зимних автодорог / Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса: Материалы IV Международной научно-практической конференции, г. Новокузнецк, 2014 г. / С. 307 – 309.

3. Ереско С.П., Васильев С.И., Ронгонен В.Э. [и др.]. Моделирование рабочего процесса агрегатов машины для строительства зимних дорог и аэродромов // Строительные дорожные машины, 2008 г., № 3, С. 40 – 45.

4. Неразрушающие методы контроля технологических процессов. Конспект лекций [сайт]. – Режим доступа: <http://allsummary.ru/274-metody-izmereniya-temperature.html>.

5. Павлов М.В., Карпов Д.Ф., Калягин Ю.А. [и др.] Экспериментально-расчетное определение температуропроводности и теплопроводности сыпучего дисперсного материала на примере

фрезерного торфа при нестационарном тепловом режиме // Механизация строительства, 2013 г., № 11 (833), С. 34 – 39.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА КОТЕЛЬНОЙ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРОВ SIMATIC -1200

Серикбосын Е.А.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Гальцева О.В., к.т.н., доцент кафедры
физических методов и приборов контроля качества*

Внедрение автоматизации в производственный процесс открывает новые возможности для увеличения производительности и улучшения условий труда и безопасности работ [1].

В данной работе стояла задача модернизации объекта - системы автоматического управления (АСУ) водогрейного котла КВГМ-11,63-150 в связи с моральным и физическим износом основных элементов: датчиков, органов управления и контроллеров оборудования, которые не обеспечивают требуемой надежности, оперативности и точности. До модернизации использовалась система на базе шестнадцатиразрядных контроллеров серии "Direct Logic" (Япония, 1986 г.).

АСУ котельной построена по принципу распределенной системы (рис. 1). В ней имеется большое число каналов контроля, регулирования и управления, сигнализации и измерений. Была осуществлена замена прежней системы на систему на базе контроллеров Simatic S7-1200 фирмы Siemens [2], которые выполняют следующие функции:

- сбор данных (32 аналоговых сигналов, 90 дискретных сигналов);
- фильтрацию данных;
- преобразование в цифровую форму;
- ввод в базу данных;
- регулирование и управление;
- изменение установок;
- блокировки;
- сигнализации и контроля.

Подсистемы в распределенной системе функционально связаны, и их работа подчинена общей цели. Процессоры имеют помимо аппаратной связи программный обмен, который осуществляется при помощи каналов связи.

Для котла КВ-ГМ-11,63-150 предусмотрено автоматическое регулирование разряжения в топке и автоматическое регулирование подачи топлива к горелкам в зависимости от температуры воды после котлов, температуры наружного воздуха, концентрации несгоревших углеводородов в отходящих газах [3].

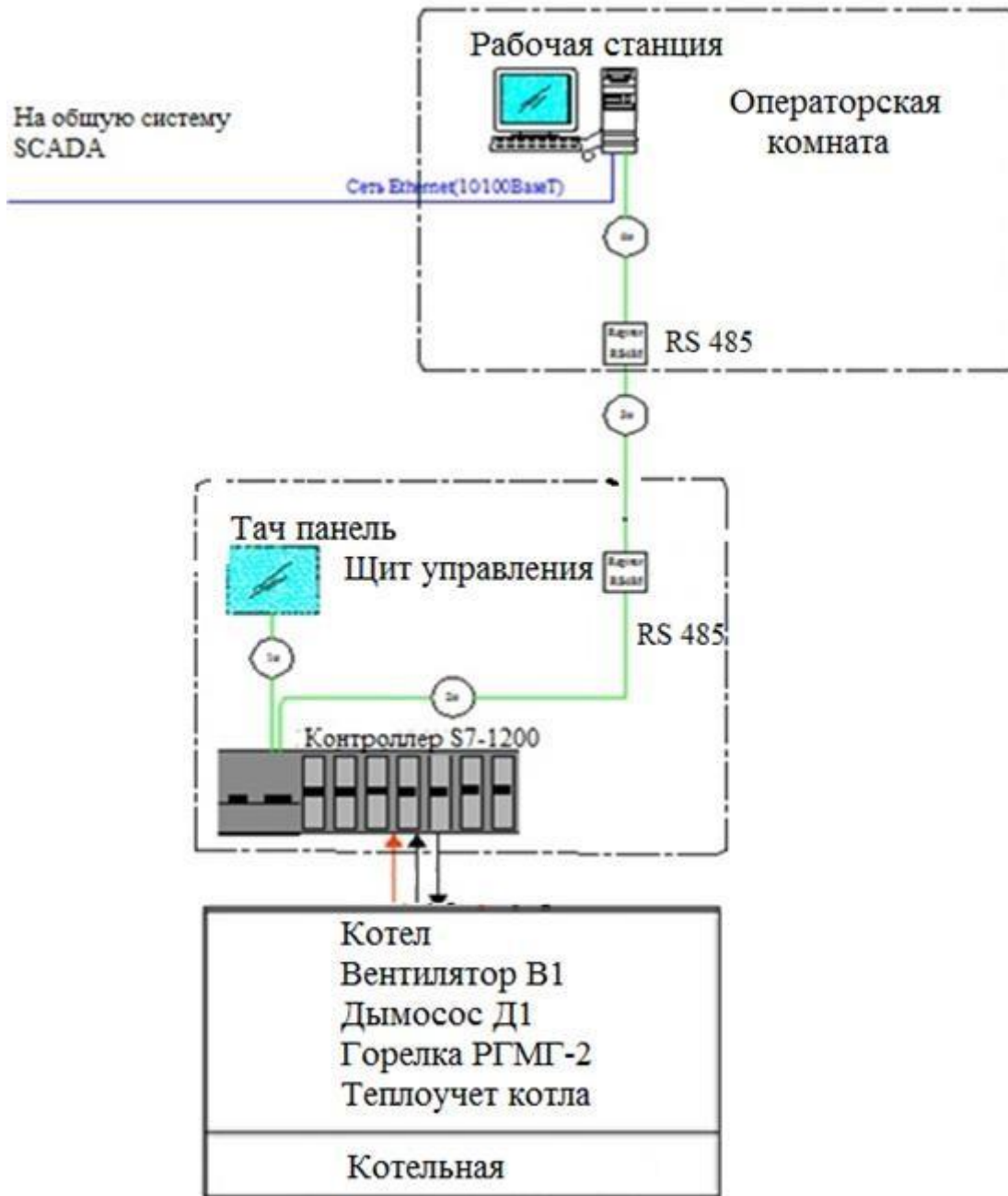


Рис. 1. Структура АСУ котельной

Автоматизация такого процесса предполагает регулирование температуры, давления, расхода газо-жидких энергоносителей. При внедрении автоматизированных систем функция рабочего сводится к контролю работы элементов котла. Персонал может находиться на безопасном расстоянии от агрегатов. В нашем случае контроль работы системы автоматического управления котла КВГМ-11,63-150 осуществляется с помощью визуализации объекта в программной среде Simatic STEP7 (рис. 2).

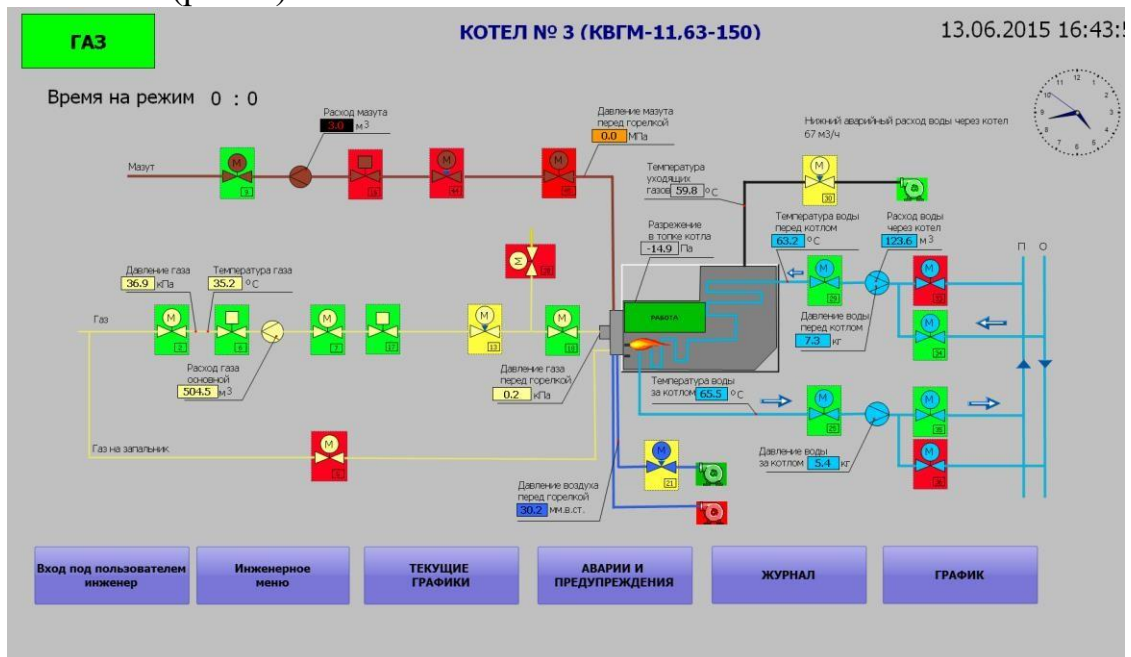


Рис. 2. Рабочий режим котла.

На рисунке 2 отражается информация о топливе, на котором работает котел (газ или мазут), красным цветом показаны задвижки, которые на данный момент закрыты, зеленым цветом - открытые. Также были получены выходные характеристики системы. Их анализ показал устойчивую работу системы котельной.

Данное исследование показывает возможности моделирования процессов работы современных котельных установок. Показаны возможности визуализации процессов в программной среде Simatic STEP7.

Подобные исследования позволяют создать надёжные, точные и высоко оперативные автоматизированные системы управления котельных установок.

Список информационных источников

1. Баранов П.А. Эксплуатация и ремонт паровых и водогрейных котлов. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 264 с.
2. SIMATIC Компоненты для комплексной автоматизации: Каталог. – А.: SIEMENS, 2011. – 172 с.
3. Мухин В.С., Саков И.А. Приборы контроля и средства автоматики тепловых процессов. - М.: Энергия 2002. - 148 с.

АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ ИЗМЕРЕНИЯ МЕТАНА В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

Смагулова С.К.

*Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда*

*Научный руководитель: Сергеев В.Я., к.т.н., ст. преподаватель
кафедры приборостроения*

Газовый анализ - это качественное обнаружение и количественное определение компонентов газовых смесей в той или иной среде. Газовый анализ может проводиться двумя путями 1) лабораторный метод, 2) с помощью специальных газоанализаторов.

Увеличение интенсивности добычи угля сопровождается ростом метанообильности, повышением метаноопасности и ухудшением технико-экономических условий работы шахт. Под газоопасностью понимается повышенное загазирование рудничной атмосферы, которая при определенных условиях создает удушливую или взрывчатую метановоздушную газовую смесь и приводит к тяжелым социальным и экономическим последствиям. Газоопасность характеризуется абсолютной, относительной газообильностью и концентрацией газа в рудничной атмосфере. Практика ведения горных работ показала, что выделение метана в выработках шахт из разрабатываемых, подрабатываемых и надрабатываемых пластов угля, как правило, происходит спокойно в форме так называемых обыкновенных метановыделений. Данное явление утяжеляет процесс добычи горнодобывающей продукции.

Основные методы

Как правило, методы газового анализа основаны на измерении физических параметров и свойств среды (например, электрической

проводимости, магнитной восприимчивости, теплопроводности, оптической плотности, коэффициента рассеяния и так далее) значения которых зависят от концентраций определяемых компонентов. Существуют избирательные и неизбирательные методы измерения. В неизбирательных методах проводится измерение свойств пробы (например, плотности или теплопроводности), которые зависят от относительного содержания всех ее компонентов пробы. Поэтому такие методы могут применяться для анализа бинарных и псевдобинарных газовых смесей, в которых варьируется содержание только определяемого компонента, а соотношение концентраций остальных компонентов не изменяется. В избирательных методах измеряемое свойство пробы зависит преимущественно от содержания определяемого компонента. По характеру измеряемого физического параметра методы газового анализа можно разделить на механические, акустические, тепловые, магнитные, оптические, ионизационные, масс-спектрометрические, электрохимические, полупроводниковые. К механическим методам относится волноманометрический метод, основанный на измерении объема или давления газовой пробы после химического воздействия на нее, которое может заключаться, например, в последовательном поглощении компонентов анализируемого газа подходящими реагентами в поглотительных сосудах. Минимально определяемые концентрации (МОК) от 0,001 до 0,01 %.

К механическим методам также относят пневматический метод (аэростатический и аэродинамический). В первом случае измеряют плотность газовой смеси, во втором - зависящие от плотности и вязкости параметры таких процессов, как дросселирование газовых потоков, взаимодействие струй, вихреобразование и т.д. Эти методы применяют для анализа бинарных и псевдобинарных смесей, напр. для определения H_2 в воздухе, H_2 в этилене, CO_2 в инертных газах, C_{12} в H_2 и т.д. МОК метода от 0,01 до 0,1 %. Акустические методы основаны на измерении поглощения или скорости распространения звуковых и ультразвуковых волн в газовой смеси. Методы не избирательны и применяются, в частности, для определения CH_4 , O_2 , H_2 в бинарных и псевдобинарных смесях. МОК метода от 0,001 до 0,1 %.

Тепловые методы основаны на измерении теплопроводности газовой смеси (термокондуктометрический метод) или теплового эффекта радиации с участием определяемого компонента - (термохимический метод). Термокондуктометрическим методом находят содержание, напр., He, CO_2 , H_2 , CH_4 в бинарных и

псевдобинарных смесях (МОК от 0,01 до 0,1 %). Термохимический метод используют для избирательного определения CO, CH₄, O₂, H₂, контроля в воздухе взрывоопасных и пожароопасных примесей (смесей газообразных углеводородов, паров бензина и т.д.). Например, при определении метана его сжигают в присутствии катализатора (Pt и Pd на активном Al₂O₃). Количество выделившегося тепла, пропорциональное концентрации CH₄, с помощью терморезисторов преобразуют в электрический сигнал, который регистрируют. МОК метода от 0,001 до 0,01 %. В магнитных методах измеряют физические характеристики газа, обусловленные магнитными свойствами определяемого компонента в магнитном поле. С их помощью контролируют содержание O₂, отличающегося аномально большой парамагнитной восприимчивостью. Наиболее распространен термомагнитный метод, основанный на зависимости парамагнитной восприимчивости O₂ от его концентрации при действии магнитного поля в условиях температурного градиента. МОК метода от 0,01 до 0,1 %. В оптических методах измеряют оптическую плотность (абсорбционные методы), интенсивность излучения (эмиссионные методы), коэффициент преломления (рефрактометрический). Абсорбционные методы, основанные на измерении селективного поглощения ИК, УФ или видимого излучения контролируемым компонентом, применяют, например, для избирательного определения NO₂, O₃, H₂S, SO₂, CS₂, формальдегида, фосгена, Cl₂, паров Hg, Na, Pb и других. МОК метода от 0,00001 до 0,01 %. По фотоколориметрическому оптическому методу предварительно проводят цветную реакцию контролируемого компонента с подходящим реагентом в газовой фазе, в индикаторном реакторе или на поверхности твердого носителя (в виде ленты, таблетки, порошка) и измеряют интенсивность окраски продуктов реакции. В эмиссионных оптических методах измеряют интенсивность излучения определяемых компонентов. Излучение можно возбудить электрическим разрядом (МОК метода от 0,0001 до 0,1 %), пламенем, светом и другими источниками (при использовании лазера МОК достигает 0,0000001 до 0,000001 %). Данные методы применяют для количественного определения множества элементов и соединений.

Оптические методы, основанные на законах оптики, получили развитие благодаря лазерной технике. Ионизационные методы основаны на измерении электрической проводимости ионизированных газовых смесей. Ионизацию проводят радиоактивным излучением, электрическим разрядом, пламенем, УФ - излучением, на нагретой

каталитически активной поверхности. Метод, основанный на ионизации органических соединений в водородном пламени, применяют для определения органических примесей в бинарных газовых смесях и воздухе (МОК метода около 0,00001 %).

В электрохимических методах измеряют параметры системы, состоящей из жидкого или твердого электролита, электродов и определяемого компонента газовой смеси или продуктов его реакции с электролитом. Так, потенциометрический метод основан на зависимости потенциала индикаторного электрода от концентрации иона, полученного при растворении определяемого компонента в растворе; амперометрический - на зависимости между током и количеством определяемого компонента, прореагировавшего на индикаторном электроде; кондуктометрический - на измерении электропроводности растворов при поглощении ими определяемого компонента газовой смеси. Электрохимическими методами измеряют содержание примесей O_2 , CO , NO , NO_2 , SO_2 , H_2S , H_2 , C_{12} , NH_3 , O_3 и др. МОК метода от 0,000001 до 0,0001 %.

В полупроводниковых методах измеряют сопротивление полупроводника (пленки или монокристалла), взаимодействующего с определяемым компонентом газовой смеси. Методы применяют для измерения содержания H_2 , метана, пропана, O_2 , оксидов углерода и азота, галогенсодержащих соединений и др. МОК метода от 0,00001 до 0,001 %.

Среди методов газового анализа иногда выделяют так называемые комбинированные. К ним относятся методы, отличающиеся способами предварительного преобразования пробы (хроматография, изотопное разбавление), которые могут сочетаться с измерением различных физических параметров, а также многопараметрический вычислительный метод.

В хроматографических методах газового анализа разделение анализируемой смеси происходит при ее движении вдоль слоя сорбента. Наиболее часто применяют проявительный вариант, в котором исследуемый газ переносится через слой сорбента потоком газа - носителя, сорбирующегося хуже любого из компонентов анализируемой газовой смеси. Для измерения концентрации разделенных компонентов в газе - носителе применяют различные детекторы. Хроматографические методы обеспечивают анализ широкого круга органических и неорганических компонентов с МОК метода от 0,0001 до 0,01 %. Сочетание хроматографического разделения с предварит.

концентрированием (криогенной адсорбцией, диффузией и др.) определяемых компонентов позволяет снизить значения МОК до метода от 0,0000001 до 0,000001 %.

Многопараметрический вычислительный метод основан на совместном измерении ряда физических параметров смеси известного качества состава и на решении с помощью ЭВМ системы уравнений, описывающих взаимосвязь измеряемых параметров с концентрациями определяемых компонентов. Одновременно можно измерять, например, оптическую плотность среды при различных длинах волн, эффективность ионизации газов и паров на каталитически активных поверхностях с разными температурами нагрева. [1]

Стремительное развитие электроники, микроэлектроники и вычислительной техники привели к существенному изменению методов газового анализа, не только за счет аппаратной модернизации, но и за счет привлечения физических эффектов. Совершенствование известных и разработка новых материалов для газовых сенсоров и подобных устройств составляют одну из важнейших задач современной физической химии твердого тела, причем центральное место здесь занимают твердые материалы с подвижными ионами для электродов и электролитов - основной объект нового направления – ионики твердого тела. Первоначально данное явление изучалось на простых твердых ионных проводниках типа щелочно-галлоидных кристаллов. Затем оно было обнаружено на сульфатах щелочных металлов.

Таким образом, можно отметить, что существует разные методы измерения метана и других вредоносных воздушных соединений в воздушной среде. Выбор определенного метода напрямую зависит от диагностируемой среды. В настоящее время широкий резонанс в инженерной среде вызывает вопрос и свойствах твердых электролитов для измерения концентрации метана.

Список информационных источников

- 1) Тхоржский В. П., Автоматический анализ химического состава газов, М., переизд.2005;
- 2) Коллеров Д.К., Метрологические основы газоаналитических измерений, М., переизд. 2008;
- 3) К. Хайвер. Высокоэффективная газовая хроматография. М.: переизд. 2009.

4) Крешков А. П. Основы аналитической химии. В 3-х т.— М.: Химия. Переизд. 2006

ВЫЯВЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНО-ЭФФЕКТИВНЫХ ФОРМ И МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИИ ЭВАКУАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ И ОПОВЕЩЕНИЯ НА СОЦИАЛЬНОМ ОБЪЕКТЕ

Скорютина К.С.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Сечин А.И., д.т.н., профессор кафедры
экологии и безопасности жизнедеятельности*

В настоящее время проблема частоты возникновения пожаров во всем мире требует ужесточения уже установленных правил и введение новых для обеспечения наибольшей безопасности людей, находящихся в зданиях или помещениях. Учитываются все показатели, включая материалы отделки, чтобы при возможном пожаре обеспечить полную эвакуацию людей и материальных ценностей [1].

Актуальность работы обусловлена тем необоснованно высоким ущербом, который несет общество при пожарах в общественных зданиях. Для уменьшения величины пожарного риска, необходимо устранять причины его возрастания, совершенствуя технические систем, повышая уровень профессионализма обслуживающего персонала, а также повышения эффективности тактики тушения пожара.

Пожарная тактика в настоящее время решает четыре основные задачи, состоящие между собой в тесной связи, одной из этих задач: выявлению и обоснованию наиболее целесообразных форм и методов организации тушения пожара на социальном объекте и посвящена данная работа.

Объектом исследования являлся 3 этаж университетской Научно-технической библиотеки, возможные пожароопасные ситуации, тушение пожара и риски, возникающие при эвакуации людей с 3-го этажа.

Статистики по пожарам в России за последние 4 года показывает, что чаще всего пожары на социальных объектах несут большую социальную ответственность в период максимальной наполненности помещений людьми. Именно на этом факторы и временных периодах необходимо заострить самое серьезное внимание.

В связи с этим, эвакуации из здания при пожарах в настоящее время уделяют значительное внимание. Перед сдачей здания или помещения в эксплуатацию проводится тщательная проверка всех расчетов и соответствие результатов расчетов по эвакуации установленным значениям, а в уже эксплуатируемых зданиях ведется смена отделочных материалов, установка систем пожарной безопасности и непосредственный контроль за соблюдением правил пожарной безопасности [2].

Продолжительность эвакуации людей до выхода из здания наружу определяют по протяженности путей эвакуации и пропускной способности дверей и лестниц. Расчет ведется для условий, что на путях эвакуации плотности потоков равномерны и достигают максимальных значений [3].

Согласно ГОСТ 12.1.004–91, для 3 этажа университетской библиотеки проведены расчеты времени эвакуации для трех сценариев развития чрезвычайной ситуации (рис.1).

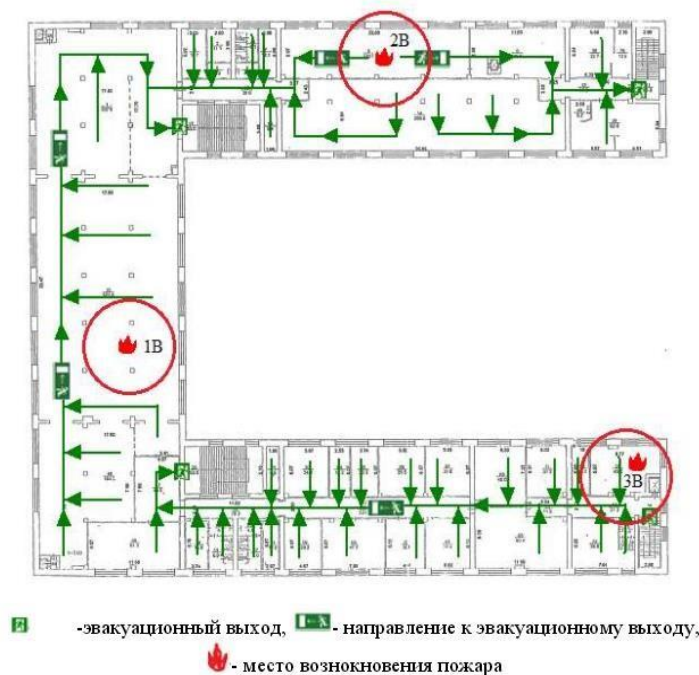


Рис.1 – Направление эвакуации для трех сценариев (1В, 2В, 3В)

Расчет необходимого времени эвакуации людей из помещений при пожаре проводили по методике ВНИИПО[4].

Таблица 1 – Условия и итоги расчетов по 3 сценариям развития пожара

Сценарий	Расстояние от наиболее удаленной точки до эвакуационного выхода, м.	Количество эвакуируемых людей, чел.	Расчетное время эвакуации, мин.
1В - пожар в читальном зале из-за взрыва системного блока компьютера	99	83	7,45
2В - пожар в читальном зале левого крыла здания	80	59	3,21
3В - пожар в правом крыле здания в компьютерной аудитории во время занятий	64 (ближайший эвакуационный выход заблокирован)	154	18,56

В соответствии с Федеральным законом от 22 июля 2008 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» в редакции Федерального закона от 10.07.2012 г. №117-ФЗ, на основании рассчитанного времени эвакуации для трех сценариев было определено необходимое время эвакуации для каждого случая. Необходимое время эвакуации с учетом воздействия опасных факторов пожара (ОФП) составило 62 с. Рассчитанное необходимое время эвакуации было подтверждено и расчетами в программе СИТИС: ВИМ, где наглядно наблюдалось развитие каждого фактора. На графиках, представленных на рисунках 2, 3, 4, 5 показано развитие ОФП для сценария 1 (расчетная точка взята в помещение читального зала) и увеличение площади пожара с течением времени.

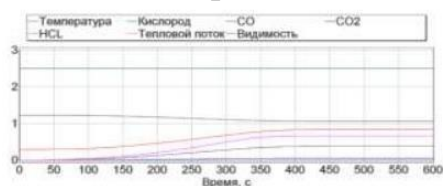


Рис.2. Развитие всех опасных факторов пожара для первого сценария

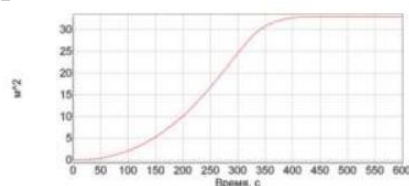


Рис.3. Площадь развития пожара для первого сценария

Из графика развития: в случае пожара угрозу жизни и здоровью находящихся в здании людей несут все перечисленные факторы (с течением времени увеличивается выделение углекислого газа, угарного газа, повышается температура, уменьшается содержание кислорода в помещении). Выделения соляной кислоты в процессе горения материалов отделки не представляют серьезной опасности [5]. Скорость развития ОФП невысока и временного фактора достаточно для

успешной эвакуации людей и выполнения ряда противопожарных мероприятий.

По сценарию 2В, анализ результатов, полученных по программе СИТИС: ВИМ, так же выявляет разницу в необходимом и расчетном времени эвакуации и указывает на неизбежное воздействие опасных факторов пожара и адекватные возможности людей как и в сценарии 1.

Для третьего, наиболее сложного случая (3В), когда в учебном крыле третьего этажа происходит пожар в компьютерной аудитории и заблокирован один эвакуационный выход, разница между расчетным и необходимым временем эвакуации особо велика. На рисунках 4-5 показано развитие ОФП для сценария 3В.

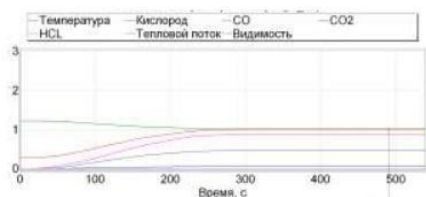


Рис.4. Развитие ОФП для сценария 3В

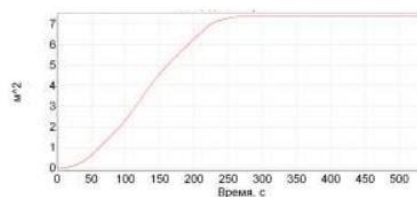


Рис.5. Площадь пожара для сценария 3В

Количество эвакуируемых превышает цифру в 150 человек. Процесс эвакуации усложняется узкими, по сравнению с другим исследуемым крылом, по ширине проходами и дверьми. В связи с этим пропускную способность в данном случае принимали по наихудшему варианту и просчитывали каждый эвакуационный участок. Понятно, что вероятны потери от воздействия на организм человека токсичных веществ, выделяемых при пожаре, которые содержатся в материалах отделки и дыме. Не исключается и паника, которая также усложнит процесс спасения людей и замедлит процесс эвакуации, а также ее эффективность.

Поэтому, для более успешной реализации плановых мероприятий, необходимо содержать эвакуационные пути в исправном и незагроможденном состоянии, необходим контроль за соблюдением технического регламента на соответствие нормам по пожарной безопасности, а в последующем ремонте использовать наименее токсичные и опасные для здоровья людей материалы отделки. Необходимо ужесточение контроля за соблюдением правил пожарной безопасности со стороны компетентных служб и администрации здания, иметь средства первичного тушения пожара, средства индивидуальной защиты, проводить обязательные инструктажи как с сотрудниками

библиотеки, так и с учащимися в соответствии с установленными стандартами.

Согласно приказу №382 МЧС России [6], по методике определения расчетных величин пожарного риска, для здания библиотеки рассчитан индивидуальный пожарный риск. В результате расчетов установлено, что условие допустимого индивидуального пожарного риска, которое требует Федеральный закон №123, не выполняется, и в свою очередь превышает нормативные показатели в 7,2 раза [7].

Анализ результатов проведенного исследования и планов проведения пожаро-тактических учений по ликвидации чрезвычайных ситуаций показал, что для повышения эффективности эвакуации из подобных объектов необходимо привлечение большего числа техники и специальных средств, что доказывает проведенный расчет времени эвакуации людей с 3 этажа библиотеки с помощью двух автолестниц. Для эвакуации людей с третьего этажа с двух точек скопления людей при помощи автолестниц необходимо 5,98 мин. Разница между расчетным временем эвакуации обычным способом и с помощью автолестниц около 10 минут. Это говорит о том, что людской контингент будет находиться в зоне максимального воздействия ОФП не менее 5 минут. Такой расклад событий доказывает необходимость повышения эффективности эвакуации и возможные минимальные потери. Однако необходимо учитывать и влияние поведения эвакуируемых на эффективность эвакуации в том числе, а также безошибочную и слаженную работы пожаро-спасательных служб.

Отсюда следует, что необходима отработка действий всех подразделений, которые связаны с предупреждением, локализацией и ликвидацией пожара, а также четкое знание правил поведения посетителей здания библиотеки при пожаре, т.е. необходимо проведение пожаро-тактических учений. Необходим план проведения учений, которые проводятся с целью общей оценки уровня противопожарной устойчивости объектов в соответствии с требованиями законодательства. В свою очередь, комплексные учения объединяют задачи, решаемые при проведении тренировочных, проверочных и показательных учений. [8]

Теоретические аспекты теории риска, реализованные в процессе выполнения данной работы, показали:

- рассчитанная величина пожарного риска превышает установленную 10^{-6} год⁻¹, что говорит о необходимости ужесточения требований к нормам пожарной безопасности в здании;

- с целью снижения величины пожарного риска, необходимо устранить причин его возрастания, которые могут быть реализованы за счет совершенствования технических систем и повышения профессионализма персонала библиотеки. Необходимо своевременное проведение инструктажей по технике безопасности и правилах пожарной безопасности, а также непрерывный контроль за соблюдением установленных норм;

- необходимо планировать не 100 % наполненность аудиторий 3 этажа библиотеки при составлении расписания занятий, рекомендованный уровень заполнения до 80%, а администрации провести оптимизацию учебного процесса на данной площади, исходя из установленной численности;

- сравнение результатов, полученных в результате ручных расчетов с расчетами специальной компьютерной программы, показало хорошую их сходимость и возможность наглядно рассмотреть развитие пожара и его опасных факторов для выбранного сценария;

- полученные результаты могут быть основой для корректировки тактики ликвидации ЧС на рассмотренном объекте.

Список информационных источников

1. Собурь С.В. Пожарная безопасность. Справочник-3-е изд., доп. (с изм.). 2007 г.

2. Федеральный закон от 21 декабря 1994 №69-ФЗ О пожарной безопасности.

3. Федеральный закон от 22 июля 2008 года №123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности в редакции Федерального закона от 10.07.2012 г. №117-ФЗ.

4. Расчет необходимого времени эвакуации людей из помещений при пожаре: рекомендации. М.: ВНИИПО, 1989.

5. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учебное пособие. М.: Академия ГПС МВД России, 2000.

6. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. Приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 №382.

7. Постановление Правительства РФ от 31 марта 2009 г. №272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска».

8. Организационно-методические указания по тактической подготовке начальствующего состава ФПС МЧС России. Утверждены Главным военным экспертом МЧС России генерал-полковником П.В. Платом 28.06.2007.

РАСЧЁТ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ДЛЯ ПЛОСКОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

Солдатов В.С.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Юрченко А.В., доцент, профессор кафедры физических методов и приборов контроля качества

В данной статье представлены плоский солнечный коллектор новой конструкции и модель для инженерного расчета коэффициента теплопередачи. Разработаны аналитическое выражение и экспериментальный метод для определения коэффициента теплопередачи.

Проектированный коллектор имеет две теплопередающие поверхности, позволяющие охлаждать солнечные элементы, установленные в солнечной энергоустановке с концентратором. Внешний вид данного коллектора является плоской коробкой (Рис.1), внутри установлены отражающие стенки.

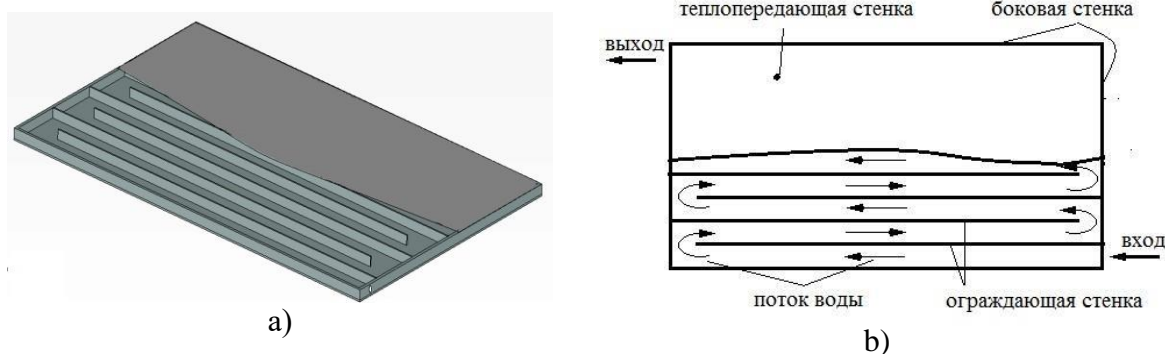


Рисунок - 1 Конструкция плоского солнечного коллектора (а), режим работы (б)

Боковая стенка и теплопередающая стенка изготавливаются из одного и того же материала и представляют целое изделие. Теплоноситель протекает через внутренние каналы, как через змеевик, унося тепло, распространяющееся из окружающих стенок. Схема установки плоского коллектора приведена на рис.2.

В данной работе, распределение температуры по теплопередающей стенке считается равномерным.

На ограждающей стенке возьмём элементарный участок в качестве объекта исследования.

$$q_x = -\lambda \cdot \frac{dt}{dx} \quad (1)$$

$$q_{x+\Delta x} = q_x + \frac{dq_x}{dx} \cdot \Delta x = -\lambda \cdot \frac{dt}{dx} \cdot \left(\frac{dx}{dx} + \frac{d^2t}{dx^2} \cdot \Delta x \right), \quad (2)$$

где q_x - поток тепла в положении x ; λ - коэффициент теплопроводности материала стенки; $q_{x+\Delta x}$ - поток тепла в положении $x + \Delta x$; t - температура ограждающей стенки; A - площадь поперечного сечения ограждающей стенки, $A = d \cdot Z$.

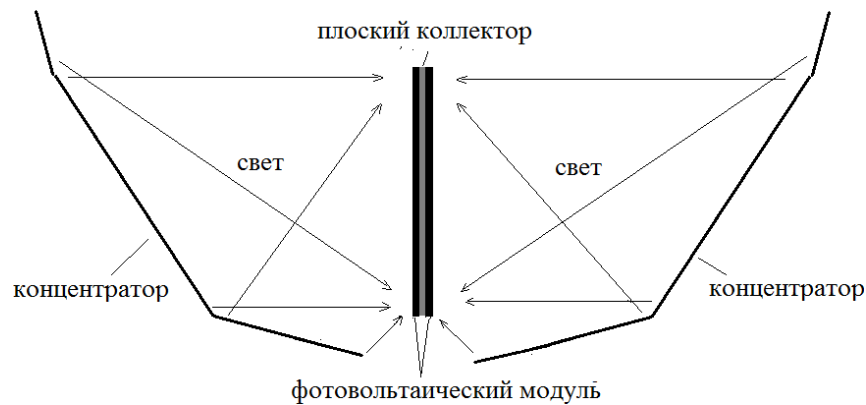


Рисунок - 2 Упрощённая схема установки плоского коллектора в комбинированной тепло-солнечной энергоустановке с концентратором
Тепловая потеря посредством конвекции на элементарном участке описывается выражением:

$$q_{кон} = h \cdot 2 \cdot Z \cdot \lambda \cdot (t - t_{\infty}), \quad (3)$$

где h - коэффициент конвективного теплообмена; t_{∞} - температура обтекающей жидкости ; Z - длина ограждающей стенки;

Применяя тепловой баланс $q_x - q_{x+\Delta x} = q_{кон}$, получим:

$$\frac{d^2t}{dx^2} - \frac{2 \cdot Z \cdot h}{\lambda \cdot \Delta x} (t - t_{\infty}) = 0. \quad (4)$$

При $x=0$, есть граничное условие:

$$t(0) = t_n, \quad (5)$$

где t_n - температура теплопередающей стенки.

Теплопередача симметричная относительно $x=a/2$, есть граничное условие:

$$\frac{dt}{dx}(a/2) = 0. \quad (6)$$

□ □

Получаем решение :

$$T(x) = \frac{\cosh\left[\sqrt{\frac{2Z_6 h}{\alpha}} \cdot \left(\frac{a}{2} - x\right)\right]}{\cosh\left(\sqrt{\frac{2Z_6 h}{\alpha}} \cdot \frac{a}{2}\right)} \left(\frac{\alpha_{\text{п}} - \alpha_{\infty}}{\alpha_{\infty}} \right) + \alpha_{\infty} \quad (7)$$

Из формулы (1), получаем тепловой поток через ограждающую стенку:

$$q_0 = -\alpha \cdot \alpha_{\text{п}} \cdot \frac{\alpha_{\text{п}}(0)}{\alpha} = \sqrt{2} \cdot Z_6 \cdot \alpha_{\text{п}} \cdot \alpha_{\infty} \cdot \tanh\left(\sqrt{\frac{2Z_6 h}{\alpha}} \cdot \frac{a}{2}\right) \cdot (\alpha_{\text{п}} - \alpha_{\infty}) \quad (8)$$

где \tanh - гиперболический тангенс.

Аналогично, для боковой стенки, тепловой поток через боковую стенку описывается выражением:

$$q_6 = \sqrt{\alpha \cdot A_6 \cdot h} \cdot Z_6 \cdot (\alpha_{\text{п}} - \alpha_{\infty}) \cdot \tanh\left(\sqrt{\frac{hZ_6}{\alpha}} \cdot a\right) \quad (9)$$

где A_6 - площадь поперечного сечения боковой стенки; Z_6 - длина боковой стенки.

При моделировании теплообмена между ограждающей стенкой и теплоносителем, допустили, что теплообмен происходит на обеих поверхностях ограждающей стенки. А при моделировании теплообмена между боковой стенкой и теплоносителем, допустили, что теплообмен происходит только на внутренней поверхности, так как в практике, для устранения тепловой потери, внешняя поверхность боковой стенки покрывается теплоизоляционным материалом. Только на внутренней поверхности происходит теплообмен.

Тепловой поток через теплопередающую стенку, не включающую площади, занимаемые боковой стенкой и ограждающей стенкой, описывается выражением:

$$q_{\text{п}} = (\alpha_{\text{п}} - \sum A_6 - \sum A) \cdot h \cdot (\alpha_0 - \alpha_{\infty}), \quad (10)$$

где $\alpha_{\text{п}}$ - площадь теплопередающей стенки; $\sum A_6$ - суммарная площадь поперечного сечения боковых стенок; $\sum A$ - суммарная площадь поперечного сечения ограждающих стенок.

По формулам (2) - (4), можно получать суммарный поток тепла через внешнюю поверхность коллектора $\sum q$:

$$\sum q = \alpha \cdot q_0 + 2 \cdot (q_{61} + q_{62}) + q_{\text{п}}, \quad (11)$$

где n - количество ограждающих стенок;

Коэффициент теплопередачи между теплопередающей стенкой и теплоносителем находится выражением:

$$K = \frac{\Sigma q}{\square_{\Pi}(\square_{\Pi} - \square_{\infty})}. \quad (12)$$

Для плоского солнечного коллектора, коэффициент К применяется для оценки эффективности и других показателей коллектора.

Вводя параметры коллектора в формулы (5) - (9), получаем теоретическое значение коэффициента: $K=265 \text{ W}/(\square^2 \cdot \square)$

Применяя тепловой баланс, можем экспериментально найти коэффициент теплопередачи между теплопередающей стенкой и теплоносителем по формуле:

$$\square = \frac{f\rho C(T_{\text{ВЫХ}} - T_{\text{ВХ}})}{2 \cdot \square_{\Pi}(\square_{\Pi} - \frac{T_{\text{ВХ}} + T_{\text{ВЫХ}}}{2})}, \quad (13)$$

где f – расход воды (\square^3/s); ρ - плотность воды (kg/\square^3);

C - удельная теплоёмкость воды ($\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{°C})$);

$T_{\text{ВХ}}$ - температура входной воды;

$T_{\text{ВЫХ}}$ - температура выходной воды.

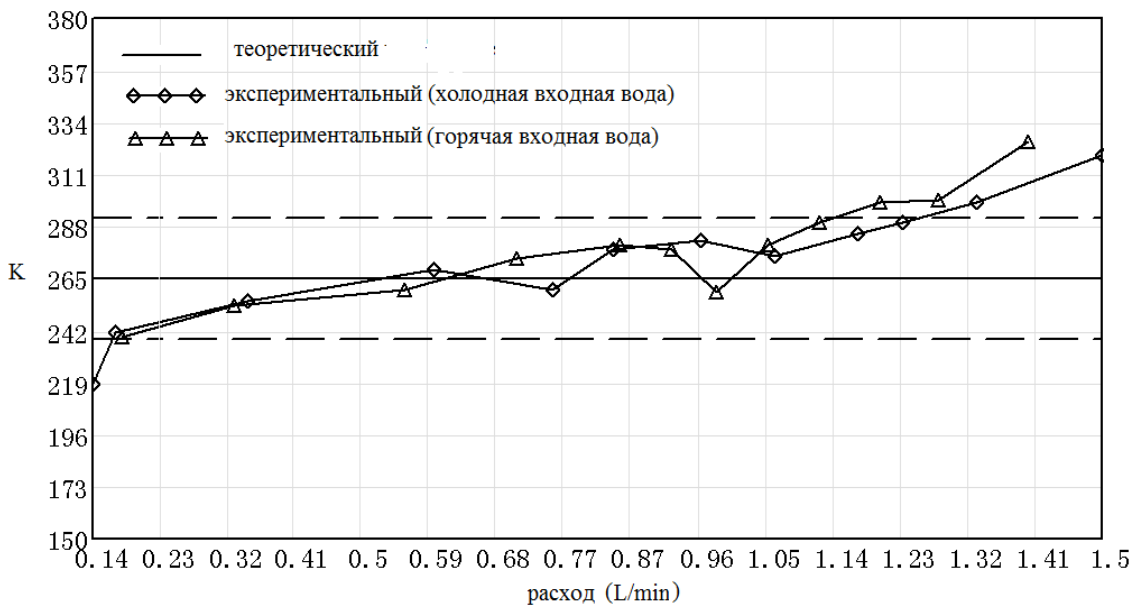


Рисунок – 3 коэффициент теплопередачи между теплоносителем (водой) и теплопередающей стенкой от расхода

На рисунка 3 видно, что экспериментальный результат не полностью совпадает с теоретическим. Причина заключается в том, что криволинейный переход между каналами увеличивает турбулентность потока. Это может способствовать переносу тепла. Этим фактором в практическом проектировании можно пренебречь, так как реальный

коллектор намного больше, чем тестируемый коллектор, по сравнению с длиной канала, переход между соседними каналами пренебрежимо мал. Для тестируемого коллектора, когда расход стремится к 1.5 L/min, течение потока начинает переходить в турбулентный режим, и механизм теплопередачи будет иметь другой вид, поэтому, когда расход стремится к крайнему значению ламинарного потока, коэффициент теплопередачи отклоняется от теоретического. Температура входного теплоносителя тоже оказывает влияние на коэффициент теплопередачи, так как свойства (вязкость, теплопроводность, плотность) теплоносителя могут изменяться при значительном повышении температуры. Вязкость более сильно зависит от температуры. Чем выше температура, тем меньше вязкость и тем больше коэффициент теплообмена.

Список информационных источников

1. Incropera, F. P. "Fundamentals of heat and mass transfer." (2007).p-487
2. Tiwari, Arvind, and M. S. Sodha. "Performance evaluation of solar PV/T system: an experimental validation." *Solar Energy* 80.7 (2006): 751-759.
3. J.P, Holman. Heat Transfer, Tenth Edition. McGraw-Hill Companies, Inc, 2010. P. 284-285.
4. Ji, Jie, et al. "Effect of fluid flow and packing factor on energy performance of a wall-mounted hybrid photovoltaic/water-heating collector system." *Energy and Buildings* 38.12 (2006): 1380-1387.
5. Y. A. Cengel, *Heat Transfer: A Practical Approach*, 2nd ed., McGraw-Hill, 2003 P. 428

ВИХРЕТОКОВЫЙ ТОЛЩИНОМЕР ДЛЯ ЛЕГКОСПЛАВНЫХ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ: ОПИСАНИЕ ПРИБОРА

Струговцов Д.В.¹, Алхимов Ю.В.²

*Томский политехнический университет, г. Томск,
ООО НПК«Интроскопия», г. Томск*

С каждым годом на объектах нефтяной и газовой промышленности случается все больше и больше аварий, которые влекут за собой человеческие жертвы, наносят вред окружающей среде, приводят к финансовым потерям и простоям.

Причинами возникновения таких ситуаций могут стать:

- неквалифицированный персонал;
- оборудование низкого качества;
- несоблюдение эксплуатационных параметров;
- заводской брак.

В нефтяной и газовой промышленности оборудование для бурения скважин подвергается колоссальным нагрузкам. В результате действия постоянных знакопеременных нагрузок, агрессивных сред, механических повреждений, заводского брака в буровом оборудовании и инструменте могут возникать недопустимые дефекты различных форм и разновидностей.

Возникает проблема, связанная с организацией и проведением неразрушающего контроля качества бурового оборудования и инструмента. В частности речь в данной статье пойдет о контроле качества легкосплавных или алюминиевых бурильных труб (далее ЛБТ, АБТ).

ЛБТ используются в компоновке буровой колонны и применяются при сверхглубоких, глубоких, наклонных и горизонтальных бурильных работах. АБТ изготавливают из сплава алюминия Д16Т способом прямого гидравлического горячего прессования, а также из АК4-1Т1 (термостойкий сплав) и 1953Т1 (высокопрочный коррозионно-стойкий). Выбор материала и метода изготовления обеспечивают трубе качества, которые оптимизируют буровые работы, при этом увеличивая износостойкость и эффективность всей колонны.

Преимущества ЛБТ:

–малый вес - масса стальной трубы в три раза больше алюминиевой трубы. При поступательных работах, подъеме/спуске инструмента уменьшается изнашиваемость всей буровой установки, а также меньший вес позволяет существенно увеличить частоту вращения и глубину бурения;

–предел прочности у алюминия в сравнении со сталью больше в 1,5-2 раза, модуль упругости в 3 раза ниже. Данные параметры позволяют при буровых работах на участках с перегибами положения ствола улучшить профиль скважины.

– в ЛБТ в 1,5 раза выше виброгасящие свойства, чем в стальной бурильной трубе;

–алюминиевые трубы обладают повышенной стойкостью к агрессивной среде, сплав неподвержен коррозии при буровых работах в морской воде, в среде с повышенным составом сероводорода, диоксида углерода.

–немагнитность алюминия равна дорогостоящему соединению никеля с медью или составу никель-кобальт-молибден.

На рисунке 1 приведены алюминиевые бурильные трубы сборной конструкции с концевыми утолщениями согласно ГОСТ 23786-79 «Трубы бурильные из алюминиевых сплавов»[1]:

а)ТБ – диаметрами 129 и 147 мм с внутренними концевыми утолщениями;

б)ТБН – диаметрами 131, 164, 168 мм с наружными концевыми утолщениями;

в)ТБУП – диаметрами 129, 147, 168 мм с протекторным утолщением в середине трубы;

г)ТБУ – диаметрами 146, 159, 180 мм с наружными концевыми утолщениями в середине трубы и спиральным оребрением;

д)АБТбзк – диаметром 127, 146, 164, 168 мм беззамкового типа с муфтовым и ниппельным соединениями из легкого сплава.[2]

Основным методом контроля остаточной толщины стенки таких труб является ультразвуковая толщинометрия. Однако данный метод позволяет оценить толщину стенки трубы только в нескольких сечениях (от 3 до 5 в зависимости от толщины стенки).

Для проведения полноценного контроля толщины стенки алюминиевой трубы можно применить вихретоковый метод контроля. Метод основан на регистрации вихревых токов в проводящих объектах.

Синусоидальный ток, протекающий по обмотке возбуждения, создает электромагнитное поле, которое возбуждает вихревые токи в

электропроводящем объекте контроля. Электромагнитное поле вихревых токов воздействует на обмотки вихретокового преобразователя наводя в них ЭДС. Схема контроля приведена на рисунке 2

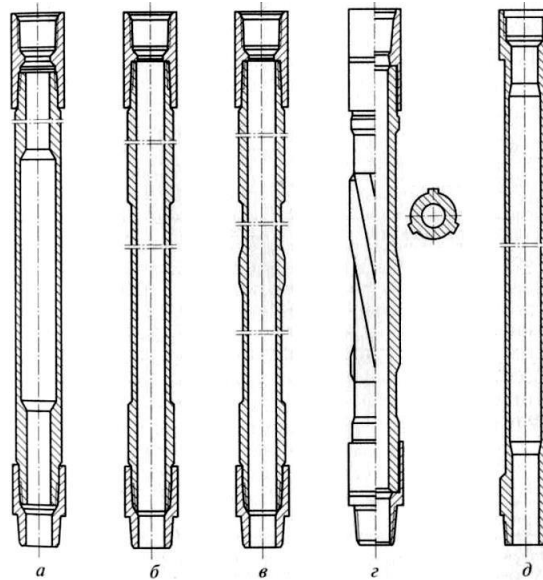


Рисунок 1 Виды ЛБТ

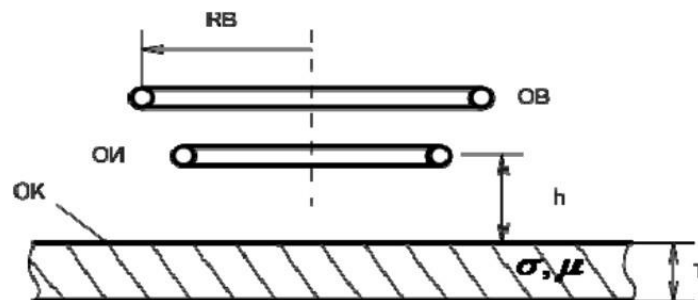


Рисунок 2 Накладной вихретоковый преобразователь над изделием

Вихретоковый преобразователь, представленный на рисунке 3, состоит из каркаса 1, на котором расположены измерительная, возбуждающая и компенсирующая обмотки. Преобразователь ВТП расположен в корпусе 2, обмотки преобразователя залиты эпоксидным компаундом. Крышка 3 закрывает нишу, в которой обмотки соединяются с кабелем.

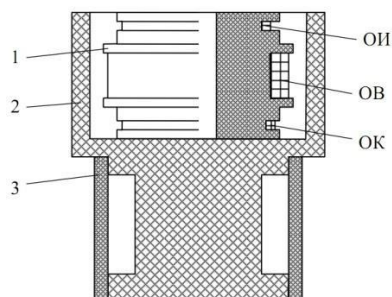


Рисунок 3 Упрощенная конструкция вихретокового преобразователя (ОИ – измерительная обмотка, ОВ – возбуждающая обмотка, ОК – компенсационная обмотка)

Толщиномер (рисунок 4) состоит из двухчастотного генератора Г, вихретокового преобразователя ВТП, схемы амплитудно-фазовой обработки сигналов САФОС, платы сбора данных ПСД, персонального компьютера ПК на базе ноутбука и блока питания БП. Двухчастотное выходное напряжение генератора частотой 125 и 2000 Гц поступает на возбуждающую обмотку вихретокового преобразователя ВТП. Начальное напряжение измерительной обмотки ВТП компенсируется, полученные вносимые напряжения U_1 и U_2 поступают на двухканальную схему амплитудно-фазовой обработки, опорный вход низкочастотного канала соединен с опорным резистором, а высокочастотного канала - с компенсирующей обмоткой. В САФОС амплитудно-фазовые детекторы формируют квадратурные составляющие выходных напряжений.

Выходные сигналы САФОС поступают на плату сбора данных, в качестве которой используется модуль USB3000- универсальный скоростной восьмиканальный АЦП. Модуль поддерживает пакет прикладного программного обеспечения LabView. [4]

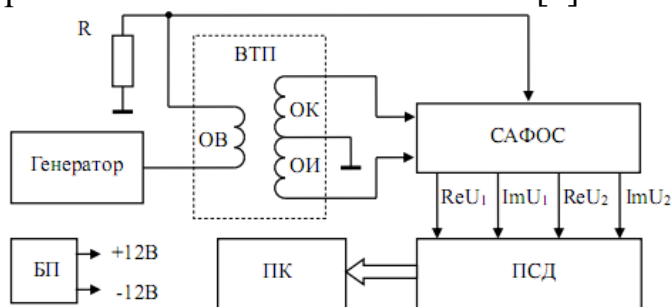


Рисунок 4 Структурная схема толщиномера ЛБТ

Для полноценного анализа толщины стенки откроем протокол в программе LabView. На рисунке 5 приведен пример полученных результатов измерения толщины стенки алюминиевой трубы. Белой линией обозначено пороговое значение, а желтой линией реальные

измеренные значения. При пересечении желтой линией белой срабатывает индикатор «Брак», который показывает, что на теле трубы имеется утонение стенки превышающий отбраковочный уровень.

Данный прибор опробован как в лабораторных условиях, так и полевых. Основные достоинства данного толщиномера в том, что он позволяет проводить измерения толщины стенки безконтактным способом, прост в обращении, позволяет контролировать всю длину трубы с большой скоростью, накапливает данные на протяжении всего пути измерения. Однако у прибора есть и некоторые недостатки: погрешность измерения выше, чем у ультразвукового толщиномера, не способность работать в отрицательных температурах, большие габариты датчика не позволяют измерять трубы малого диаметра.

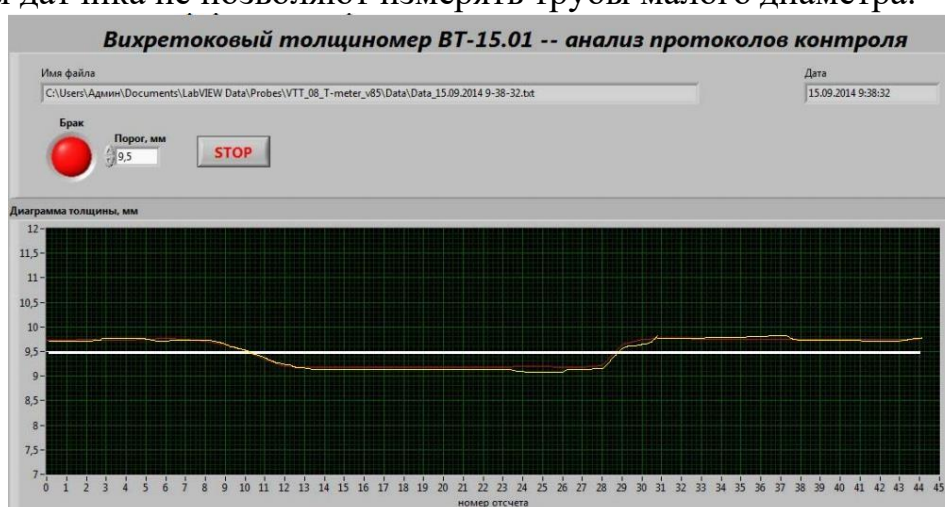


Рисунок 5 Пример результатов измерения толщины стенки трубы

В конце отметим основные технические характеристики вихретокового толщиномера:

- номинальный диаметр контролируемых ЛБТ: 147мм;
- диапазон измеряемых толщин стенок труб: от 6 до 15 мм;
- номинальный зазор между поверхностью трубы и вихретоковым преобразователем (ВТП): от 3 до 12 мм;
- основная абсолютная погрешность измерения толщины стенки труб при номинальном зазоре и отклонении электропроводности материала трубы от номинального значения не более чем на $\pm 10\%$:
 - в диапазоне от 6 до 9 мм не более ± 0.2 мм;
 - в диапазоне от 9 до 15 мм не более ± 0.5 мм;
- диапазон рабочих температур от 5 до 40°C;
- калибровка по эталонным образцам должна производиться при той же температуре, при которой производятся измерения [4].

Список информационных источников

- 1.ГОСТ 23786-79 «Трубы бурильные из алюминиевых сплавов»;
- 2.Басарыгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М. «Бурение нефтяных и газовых скважин: Учеб. пособие для вузов. – М.: ООО «Недра –Бизнесцентр»,2002. – 632 с.;
- 3.Вадецкий Ю.В., Справочник бурильщика: учеб. пособие для нач. проф. Образования. –М.: Издательский центр «Акаждемия», 2008. – 416с.
- 4.Вихретоковый толщиномер ВТ-15.01. Руководство по эксплуатации

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ АНАЛИЗ ЗА СЧЁТ ВНЕДРЕНИЯ СТАНДАРТИЗИРОВАННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ДЕФЕКТОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Твердохлебова Т.С., Лидер А.М., Салчак Я.А., Шаравина С.В.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Седнев Д.А., ассистент кафедры физико-энергетических установок

Безопасное производство и эксплуатация объектов различных областей промышленности обеспечивается высоким уровнем надежности ответственных конструкций данных объектов. В связи с этим требуется их эффективный контроль качества. В зависимости от типа изделия, предъявляются соответствующие требования к его качеству. Существует класс металлических изделий, имеющих сварные соединения. Так как сварка влияет на внутреннюю структуру металла, то в области получаемого соединения изделие будет подвержено возникновению нарушений больше всего. Поэтому состояние сварных швов ответственных конструкций контролируется в первую очередь. В целях сохранения целостности необходимо применять только неразрушающие методы контроля. В настоящее время, благодаря своей надёжности и точности, самым часто применяемым методом является радиографический контроль. Тем не менее, у него есть ряд недостатков – невысокая скорость экспертизы, угроза облучения персонала, необходимость тёмного помещения и дорогостоящих материалов, а также невозможность работы при температуре ниже, чем минус 30°С. В противовес данному методу сейчас развивается перспективный

ультразвуковой контроль (УЗК), который проводится в среднем в четыре раза быстрее, чем радиография и превосходит её в точности. Однако для его эксплуатации необходимо создавать калибровочные образцы с эквивалентными отражателями из-за относительности данного метода. Для этого объект контроля тщательно изучается и анализируются возможные деградиационные процессы, приводящие к разрушению конструкции.

В рамках данной работы объектом контроля был выбран герметичный пенал, выполненный из аустенитной стали. Он является разработкой Горно-химического комбината (ГХК), г. Железногорск. Данный пенал предназначен для сухого хранения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Герметизация обеспечивается с помощью сварных соединений. Он состоит из корпуса, решетки и крышки. Корпус образован цилиндрической обечайкой, на верхнем утолщенном конце которой выполнена расточка для установки и последующей приварки крышки, и глухим днищем с амортизатором [2]. Имеет пять сварных соединений, различных по своему типу – 3 продольных и 2 поперечных соединения, обозначенных на рисунке пунктирными и цельными линиями соответственно (см. рис. 1).

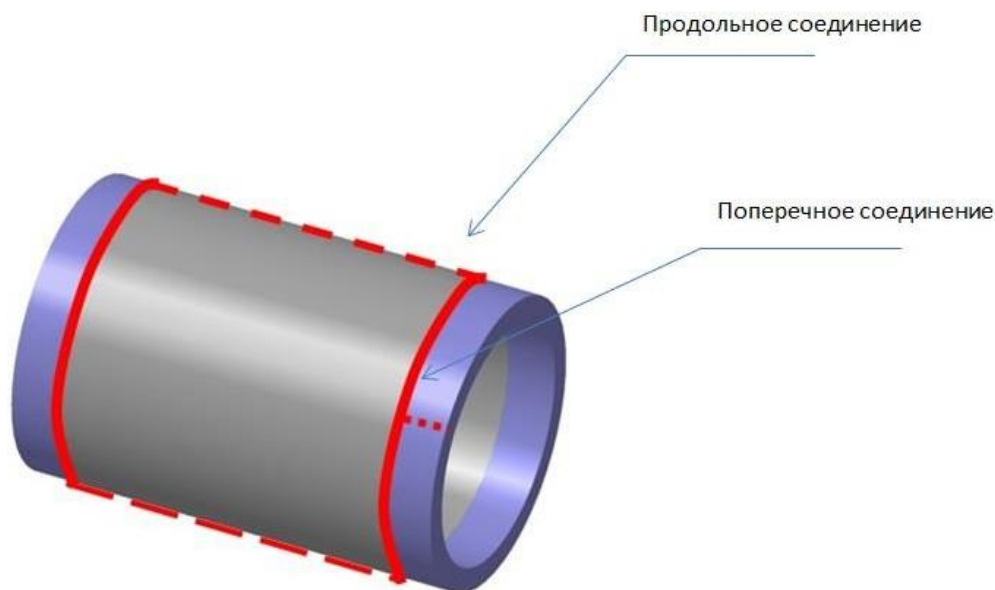


Рисунок 1 – корпус пенала для сухого хранения ОЯТ

В качестве зоны контроля выбрана область сварных соединений, так как именно там максимальна возможность возникновения большинства дефектов. Для эффективной оценки качества необходимо

иметь представление о том, какие именно процессы происходят в сварных соединениях пенала ОЯТ и в каком виде они могут быть обнаружены при контроле. Дефекты подразделяются на производственные и эксплуатационные, в зависимости от стадии их возникновения.

Производственными считаются дефекты, которые возникают на стадии технологического процесса, а эксплуатационные во время непосредственного использования, чаще всего при нарушении типовых условий эксплуатации.

Абсолютно в любом металле есть дефекты. Однако количество и величина дефектов может существенно увеличиваться, вплоть до приведения материала в негодность. Широкое многообразие дефектов металлоизделий, возникающих в сварных соединениях, требует детального подхода к определению причин их происхождения и методов идентификации.

Параметром, имеющим первостепенное значение в определении качества изделия, является количественная оценка несплошностей, присутствующих в объекте контроля. По данной причине надлежит обеспечить проведение количественного анализа на базе УЗК, для повышения уровня точности результатов контроля.

В рамках исследования составлена БД за счет систематизации стандартных дефектов сварных соединений, таких как поры, твёрдые включения, несплавления и непровары, нарушения формы шва, а также прочие дефекты. Она функционирует на базе программы FileMaker Pro Advanced и представляет собой таблицу значений переменных, которую можно дополнять и изменять в зависимости от выбранного объекта контроля.

Рисунок 2 представляет таблицу данных, содержащую основные данные о дефектах - название и вид дефекта, его описание и данные о допустимых размерах (высота дефекта h , мм, диаметр дефекта d , мм, длина дефекта l , мм, длина дефекта вдоль шва l_1 , мм, длина дефекта поперек шва l_2 , мм, расстояние между соседними дефектами L , суммарная максимально допустимая протяженность дефекта (совокупности дефектов) $\sum D$, мм, толщина стенки трубы S , мм), схематические (в сечении, в плане) и реальные изображения.

def_type	def_kind	ref_size_eq	d	ld	N	h	li	lt	k	stp	L	При...	В сечении	В плане	Изо
Поры	Цепочки	2 мм ²	0,8 мм	2 мм	2						2,4 мм				
Поры	Скопления	2 мм ²	0,8 мм	2 мм	2						2,4 мм				
Поры	Канальные,	2 мм ²	0,8 мм	2 мм	1										
Неметаллические	Единичные	2 мм ²	0,8 мм	2 мм	2		4 мм				2,4 мм				
Неметаллические	Цепочки	2 мм ²	0,8 мм	4 мм	1		8 мм								
Неметаллические	Скопления	2 мм ²	0,8 мм	2 мм	1		4 мм								
Неметаллические	Односторонние	2 мм ²	0,8 мм	2 мм	1		8 мм								
Неметаллические	Двусторонние	2 мм ²	0,8 мм	2 мм	1										
Металлические	Вольфрамовые	2 мм ²	0,8 мм	2 мм	1										
Непровары	В корне шва	1,2 мм ²			1	0,4 мм		0,4 мм	30 мм						
Непровары	В корне шва из-за	1,2 мм ²			1	0,4 мм		0,4 мм	30 мм						
Непровары	Внутренние, при	0,16 мм ²	0,4 мм	2 мм	1										
Несплавления	Межслойные	0,16 мм ²	0,4 мм	2 мм	1										
Несплавления	По разделке кромок	0,16 мм ²	0,4 мм	2 мм	1										
Несплавления	С выходом на	1,2 мм ²			1	0,4 мм		0,4 мм	30 мм						
Трещины	Любой длины и	0,16 мм ²	0,4 мм	2 мм	1							Два			
Дефекты формы	Вогнутость корня шва	2,4 мм ²			1	0,8 мм		0,8 мм	30 мм						
Дефекты формы	Превышение	-			1					?					
Дефекты формы	Подрезы	1,5 мм ²			1	0,5 мм		0,8 мм	30 мм						
Дефекты формы	Смещение кромок	-			1					?					

Рисунок 2 – Таблица значений переменных

Определение количественных характеристик дефекта требует создания стандартных образцов предприятия (СОП), которые обладают теми же акустическими свойствами, что и материал объекта контроля. С помощью БД оператор получает всю необходимую информацию о разрабатываемом образце, например, тип и вид предполагаемых дефектов, а также их размерные характеристики.

В таком случае, становится возможным проводить количественную оценку с применением относительного метода контроля - УЗК.

С помощью разработанной базы дефектов УЗК может сравняться по точности с рентгенографическим контролем, и позволяет проведение количественной оценки. Более того, он превосходит рентгенографию по скорости и безопасности, увеличивая тем самым производительность линии изготовления пеналов для ОЯТ.

Список информационных источников

1.ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. – Введ. 1988-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 27 с.

2.Пат. 2500045 Рос. Федерация: МПК G21F. Герметичный пенал хранения ампул с пучками отработавших тепловыделяющих элементов / Гаврилов П. М.; Кравченко В. А.; Гамза Ю. В.; Бараков Б. Н.; Ильиных Ю. С.; патентообладатель Федеральное государственное

БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПОИСКА ПОВРЕЖДЕНИЙ В ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЯХ

Умбетов С.В., Пронин С.П.

*Алтайский государственный технический университет, г. Барнаул
Научный руководитель: Пронин С.П., д.т.н., профессор, зав.
кафедрой информационных технологий*

В настоящее время в области метрологии приобретают популярность робототехнические комплексы.

Основными причинами этого являются их мобильность, гибкость и возможность наблюдения и контроля в режиме реального времени, что позволяет не только производить измерения различных метрологических характеристик, но и своевременно и адекватно реагировать на их изменения.

Предварительное изучение вопроса показывает целесообразность такого рода разработки, поскольку на настоящий момент большая часть исследований различного вида имеет малую степень автоматизации, либо не автоматизирована вовсе. Это создает проблемы, связанные в первую очередь с невозможностью исследований в жестких условиях и труднодоступных местах.

Разработка модульного робототехнического комплекса является возможным решением текущих проблем, а также позволит значительно повысить точность производимых измерений.

Основной задачей разработки биомеханического робота является создание автоматизированной системы, способной найти применение в исследовательской области и соответствующей передовым технологиям.

Также необходимо было обеспечить его доступность и универсальность. Но при этом не менее важным было избежать потери качества реализации и обеспечить достаточную надежность системы.

Таким образом, задачами разработки также являются: снижение стоимости производства и обслуживания, повышение устойчивости к внешним факторам и получение возможности быстрого расширения функциональности.

Предварительные тесты показали, что для наиболее оптимальной работы в труднопроходимых, а в частности узких пространствах, не рационально использование колесной или гусеничной базы. Специально для реализации поставленных задач была проведено исследование в области биомеханики, из которого следует, что наибольшей проходимостью обладает черве- или змееподобный способ передвижения [3].

Строение самого робота представляет собой соединение взаимосвязанных сочленений. Подобная модульная структура (Рис.1), помимо реализации выбранного способа передвижения, также допускает быструю модернизацию в случае изменений условий эксплуатации [2].



Рис. 1. Модель корпуса сегмента

Алгоритм взаимодействия сочленений использует в основе принцип гармонического осциллятора с переменной морфологией. В программной среде был произведен расчет положений сегментов робота во время его движения (Рис.2).

Механика, созданная для комплекса, позволяет реализовать различные движения робота, такие как его поворот, вращение и дальнейшее передвижение, не требующее возвращения в исходное положение.

Данный подход дает значительные преимущества системе. Использование робота на описанной выше платформе одинаково возможно, как на открытой местности, так и в очень узких проходах. А также, за счет использования большого числа сочленений, робот может достаточно быстро и точно перемещаться в пространстве.

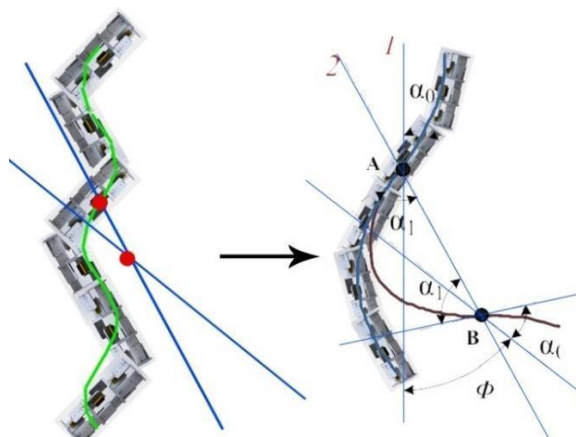


Рис. 2. Расчет положения сегментов робота

Алгоритм поведения роботов основан в первую очередь на том, что каждый из них стремится избежать столкновения с другими объектами. Также происходит координирование движения роботов, находящихся недалеко друг от друга. Каждый робот движется в том же направлении, что и находящиеся рядом с ним роботы, но при этом на постоянном расстоянии друг от друга. Такая модель поведения позволяет охватывать большую область исследования.

Для поиска дефекта в качестве основного прибора используется ультразвуковой дефектоскоп он дает возможность определять дефекты в материале изучаемого объекта при помощи испускания и получения ультразвуковых колебаний. Колебания отражаются от несплошностей. Последующий анализ параметров отраженных волн (форма, время возврата, изменение амплитуды и другие) производится с использованием прибора, называемого ультразвуковой дефектоскоп.

Данный метод дефектоскопии является наиболее популярным способом неразрушающего контроля в трубах именно поэтому и было решено использовать именно его. Он основывается на том, что в однородном материале ультразвуковые волны не изменяют своей траектории и проходят по прямой. Искривление их траектории и их отражение происходит только на разделе сред. Это происходит из-за изменения удельного акустического сопротивления в зависимости от среды.

Например, воздух имеет гораздо большее акустическое сопротивление, чем твердый материал. Также от того сколько волн отразится от раздела сред можно определить разницу акустических сопротивлений. Так как наиболее частым дефектом являются трещины, содержащие воздух, разница будет наиболее большим.

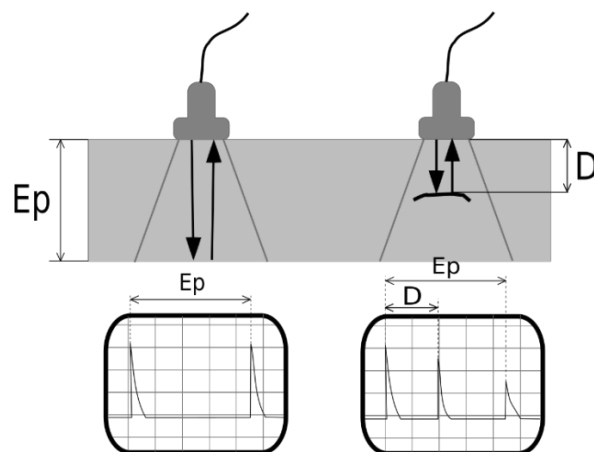


Рис. 3. Принцип работы ультразвукового дефектоскопа

На данном этапе разработки реализованы основные функции, необходимые для работы комплекса и разработаны тестовый прототип.

В дальнейшем планируется усовершенствование прототипа путем уменьшения размеров готового робота, повышения прочности его конструкции, а также расширения базового функционала комплекса в том числе оснащением более эффективными средствами дефектоскопии.

Список информационных источников

1. Бакунов А.С. Новые вихретоковые толщиномеры неэлектропроводящих покрытий / А.С. Бакунов, В.Ф. Мужичкий, В.П. Курозаев, С.В. Нефедов // 15 Российская научно-техническая конференция «Неразрушающий контроль и диагностика». - Москва, 1999.
2. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности: учеб. для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; под общ. ред. С.В. Белова. - Изд. 3-е, испр. и доп. - М.: Высш. шк., 2001. – 448 с.
3. Бирюков С.В. Метрология: тексты лекций / С.В. Бирюков, А.И. Чередов - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2000. - 110 с.
4. Бишоп О. Настольная книга разработчика роботов. - К.: «МК-Пресс», СПб: «КОРОНА-ВЕК», 2010. - 400 с.
5. Большая техническая энциклопедия. [Электронный ресурс]. - режим доступа: <http://www.ai08.org/index.php>
6. Брага Н. Создание робота в домашних условиях / Брага Ньютон: пер. с англ. Е. А. Добролежина. - М.: НТ Пресс, 2007. - 368 с.: ил.

7. Булгаков А.Г. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление / А.Г. Булгаков, В.А. Воробьев. - М.: Солон-Пресс, 2007. - 488 с.

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ МАГНИТОСТРИКЦИИ

Устюгов Д.А.

*Тюменский государственный нефтегазовый университет,
г. Тюмень*

*Научный руководитель: Исаков В.В., ст.преподаватель кафедры
физики, методов контроля и диагностики*

Измерения магнитострикции играет важную роль при выяснении механизма процессов намагничивания ферромагнетиков и при исследованиях новых магнитных материалов.

Цель данной работы – разработка автоматизированного стенда для измерения величины магнитострикции.

На рисунке 1 представлена схема стенда для измерения величины магнитострикции.

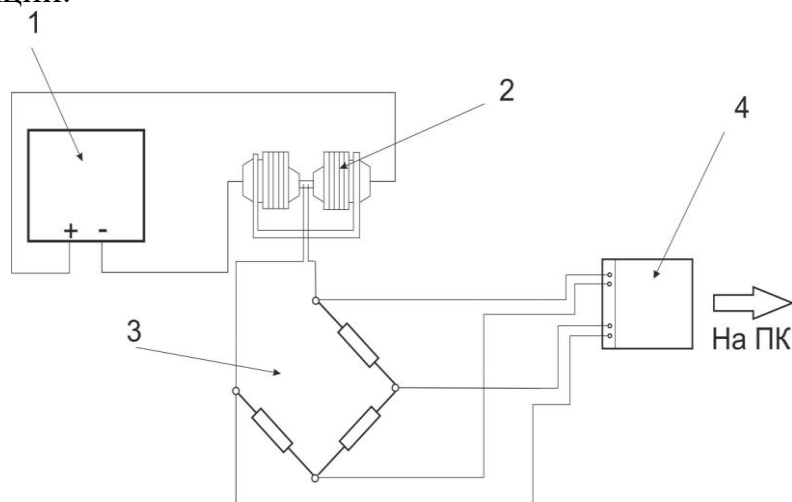


Рисунок 1. Схема стенда для измерения величины магнитострикции
1 – блок питания, 2 – электромагнит, 3 – измерительная схема, 4 – блок аналогового ввода.

Питание катушек электромагнита 2, производится блоком питания 1. Входной сигнал с тензорезистора идет на мостовую схему 3, откуда напряжение разбаланса моста идет на блок аналогового ввода 4. Питание мостовой схемы производится блоком аналогового вывода 4.

Испытание данной установки проводилась с использованием никелевого эталона с известной магнитострикцией $\lambda = -36,4 \times 10^{-6}$.

На рисунке 2 представлен график зависимости величины магнитострикции никелевого эталона от индукции магнитного поля.

Рассмотрев график представленный на рисунке 2 можно сделать вывод, что программа стенда правильно рассчитывает значение магнитострикции. Значение магнитострикции $\lambda_s = -29,13 \cdot 10^{-6}$ при индукции магнитного поля $B = 0,0705$ Тл. Никелевый образец не дошел до состояния магнитного насыщения, из-за этого мы не получили значение магнитострикции при насыщении. Причина этому, слишком большая требуемое напряжение, которая не может быть достигнута на используемом в данной работе блоке питания.

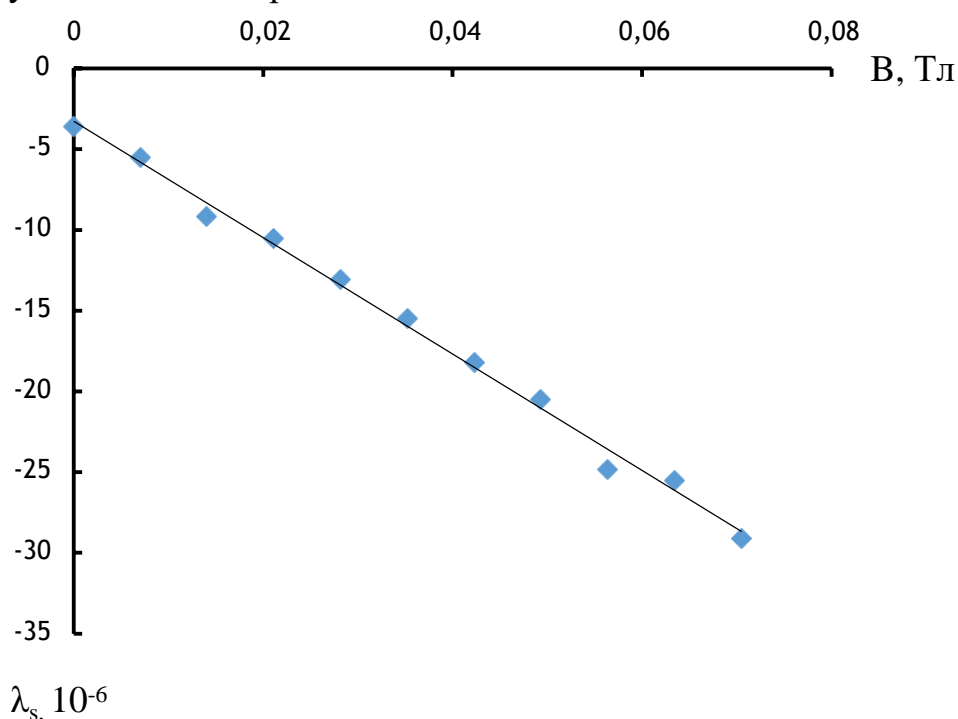


Рисунок 3 – График зависимости величины магнитострикции никелевого эталона от индукции магнитного поля

Также испытание данного стенда проводился на реальном образце который имеет магнитострикцию λ_s порядка $100 - 200 \cdot 10^{-6}$

На рисунке 3 представлен график зависимости величины магнитострикции реального образца от индукции магнитного поля.

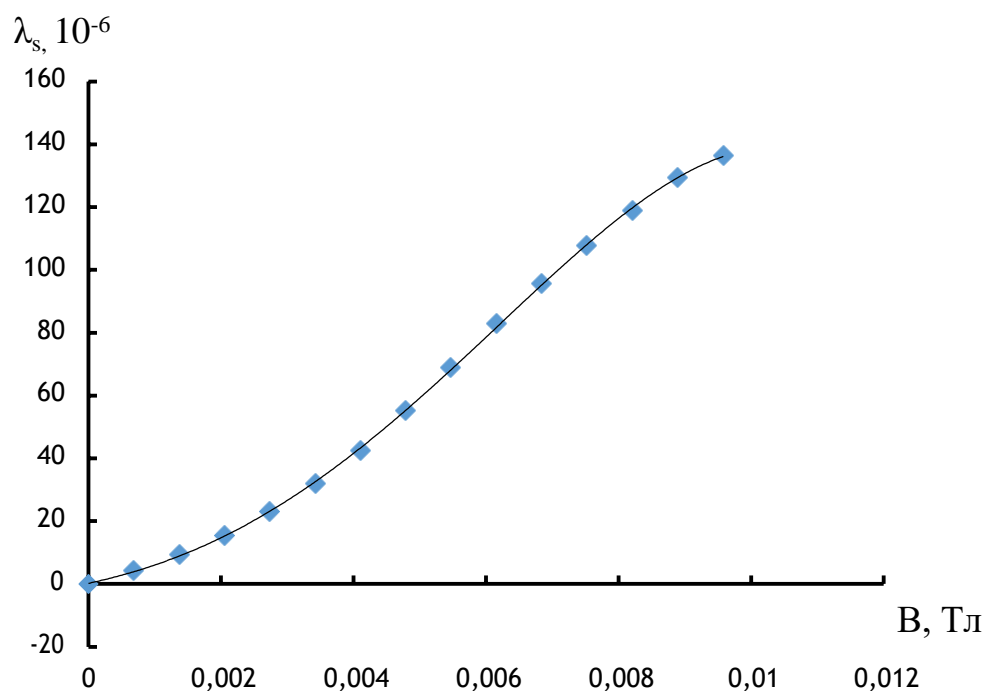


Рисунок 3 – График зависимости величины магнитострикции образца лабораторной установки от индукции магнитного поля

В результате данной работы был разработан и собран стенд для измерения величины магнитострикции.

Представленный стенд для измерения магнитострикции имеет два режима работы. Режим «Автоматического проведения измерений» и «Ручного проведения измерений». Также имеется автоматическая обработка результатов измерений и возможность записи данных в файл. Также реализован режим управления блоком питания.

Список информационных источников

1. Белов, К.П. Магнитострикционные явления и их технические приложения [Текст]: учебник / К.П. Белов.– Москва.: Наука, 1987. – 160 с.
2. Прохоров, А.М. Физическая энциклопедия : в 5 т. [Текст]: справочник / А.М. Прохоров, Д.М. Алексеев, А.М. Балдин, А.М. Бонч-Бруевич. –Москва.: Большая Российская энциклопедия , 1992.– Т.3.– 1992.– 672 с.: ил.
3. Чечерников, В.И. Магнитные измерения [Текст]: учебник / В.И. Чечерников.– Москва.: МГУ,1969.– 385 с.

4. Клокова, Н.П. Тензорезисторы: Теория, методики расчета, разработки [Текст]: учебник / Н.П. Клокова.— Москва.: Машиностроение, 1990.— 224 с.: ил.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ

Федоренко А.А., Федоренко М.Е., Гусева Е.И.

Омский государственный технический университет, г. Омск

В последнее время были открыты новые модификации углерода: семейство фуллеренов, углеродные нанотрубки, графен. Свойства этих материалов необычны, а некоторые из них уникальны и представляют огромный интерес для науки и для применения на практике. В связи с этими открытиями возникла необходимость в создании методов идентификации новых форм углерода и исследовании их физико-химических свойств.

Целью работы являлось исследование свойств углеродных материалов методом спектроскопии комбинационного рассеяния.

Испытания проводились на портативном КР-спектрометре EnSpectr R532. Все образцы облучали лазером с длиной волны 532 нм в течение 3 секунд.

Первый объект исследования - образец графита. Образец представляет собой стержень диаметром ~6 мм.

В полученном КР-спектре можно выделить две области: первого порядка, в интервале частот 1100–1800 см⁻¹, и второго порядка, в интервале частот 2350–3350 см⁻¹ (рисунок 1). Графит в области первого порядка содержит две широкие интенсивные полосы G на частоте 1580 см⁻¹ и D₁ на частоте 1355 см⁻¹, обусловленные C-C связями с sp²-гибридизацией, а также дополнительную полосу «дефектов» D₂ на частоте 1620 см⁻¹ в виде плеча на пике G. Пики D₁ и D₂ появляются в связи с дефектами на краях и внутри графеновых плоскостей. Для графита характерно присутствие обычно очень широкого пика D₃ на частоте 1510 см⁻¹, обусловленного наличием в структуре межслоевых дефектов. Интенсивность полосы 2D отражает взаимодействие между слоями углерода.

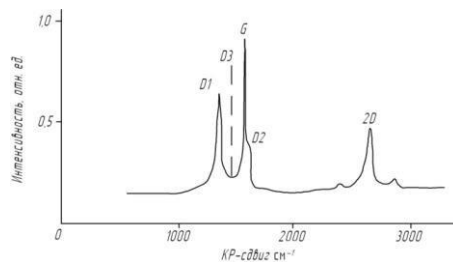


Рисунок 1. Спектр КР графита

Второй объект исследования – образец одностенной нанотрубки. Образец представляет собой порошок черного цвета в виде гранул диаметром ~0,01 мм.

Спектр КР углеродной нанотрубки имеет несколько отличительных и уникальных черт (рисунок 2):

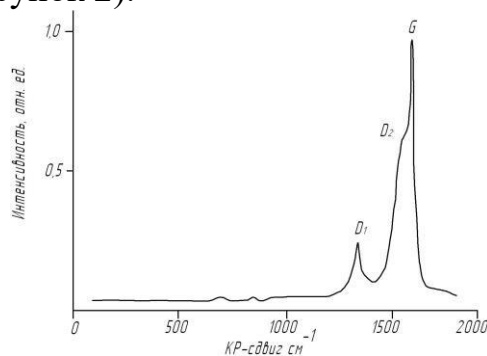


Рисунок 2. Спектр КР одностенной нанотрубки

Появление пика G вызвано колебаниями атомов вдоль оси нанотрубки. Из-за присутствия различного рода дефектов в структуре нанотрубок появляется пик D₁. Дефекты появляются из-за несовершенств решетки нанотрубки и присутствующих примесей. Пик D₂ связан с колебаниями атомов в перпендикулярных оси нанотрубки направлениях.

Об интенсивности дефектов можно судить по соотношению полос G и D₁. Если полоса G на несколько порядков больше, чем полоса D₁, то можно сказать, что образец хороший. Если интенсивность полос D₁ и G находится примерно на одном уровне, это означает, что в образце много дефектов.

Третий объект исследования - образец технического углерода марки N234. Образец представляет собой порошок черного цвета в виде гранул диаметром 0,01 мм. Образец подвергался облучению лазером три раза. После каждого процесса облучения снимался КР-спектр образца (рисунок 3 а, б, в).

Проанализировав спектр *a*, можно сказать, что в образце присутствуют нанотрубки, но их концентрация мала. Материал имеет неоднородную структуру.

На рисунке 3 (б, в) видно, что в результате облучения интенсивность G-полосы возрастает, основная полоса отчетливо проявляется на частоте 1590 см⁻¹. Становится видно увеличение количества одностенных нанотрубок. Однако на спектре *в* появляется также дополнительная полоса D на частоте 1520 см⁻¹ в виде плеча на пике G. Эта полоса появляется в связи с дефектами на краях и внутри графеновых плоскостей.

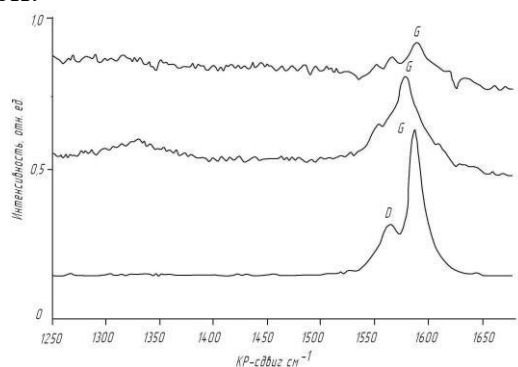


Рисунок 3. Спектр КР технического углерода

На основе полученных данных можно сделать вывод, что метод спектроскопии комбинационного рассеяния позволяет определить:

- присутствие в структурах углеродных материалов упорядоченной и неупорядоченной фаз;
- незначительные изменения структуры углеродных материалов;
- колебательные состояния углеродных атомов;
- дефекты в кристаллической решетке.

Все исследованные углеродные материалы обладают индивидуальным КР-спектром, своим собственным набором линий, которые проявляются на определенной частоте. Характеристики линий КР вышеописанных углеродных материалов представлены в таблице 1. Данные получены при длине волны 532 нм.

Таблица 1. Характеристики линий КР углеродных материалов

Углеродный материал	G, см ⁻¹	D, см ⁻¹
Графит	1570-1580	1325
Углеродные нанотрубки	1570-1580	1325

(одностенные)		
Технический углерод N-324	1585-1595	1340

Список информационных источников

1. Букалов, С.С., Исследование строения графитовых и некоторых других sp^2 углеродных материалов методами микро-спектроскопии КР и рентгеновской дифракции / С.С. Букалов, Л.А. Михалицын, Я.В. Зубавичус [и др.] // РХЖ. – 2006.

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННОГО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ С ПОМОЩЬЮ ANSYS MECHANICAL

Фидченко М. В.

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Мойзес Б.Б., к.т.н., доцент кафедры физических методов и приборов контроля качества

Некоторые объекты контроля могут деформироваться в следствие дополнительных нагрузок или изменения положения, но не всегда это можно заметить без специальных устройств или программ, таких как Ansys Mechanical.

Ansys Mechanical – универсальная программная система конечно-элементного анализа, которая решает многие задачи в сфере автоматизированных инженерных расчетов.

В ней мы можем задать нагрузки и перемещения объекта контроля, чтобы узнать, где появляются напряженности и какое значение они имеют.

Для начала нам нужно смоделировать объект контроля, с этим на поможет SolidWorks - программный комплекс систем автоматического проектирования для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства для 3D-моделирования.

К примеру смоделируем обвязку трубопровода: выбрали диаметры и длины труб, их материал и положения опор.

Затем данную модель из SolidWorks отправляем на обработку в программу Ansys Mechanical.

Анализ в программной среде Ansys Mechanical проходил в три этапа:

- 1.Преоброессинг
- 2.Непосредственное вычисление
- 3.Постоброессинг

На первом этапе:

- задаются параметры контактов опор с газопроводом
 - производится настройка сетки конечных элементов
- задаются граничные условия (изменения положений опор, давление в газопроводе, сила притяжения земли).

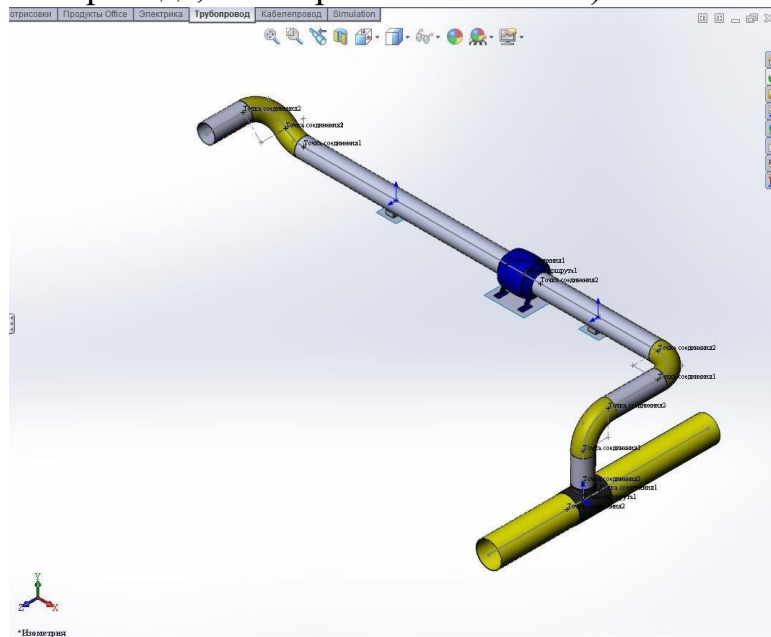


Рисунок 1. Модель обвязки трубопровода.

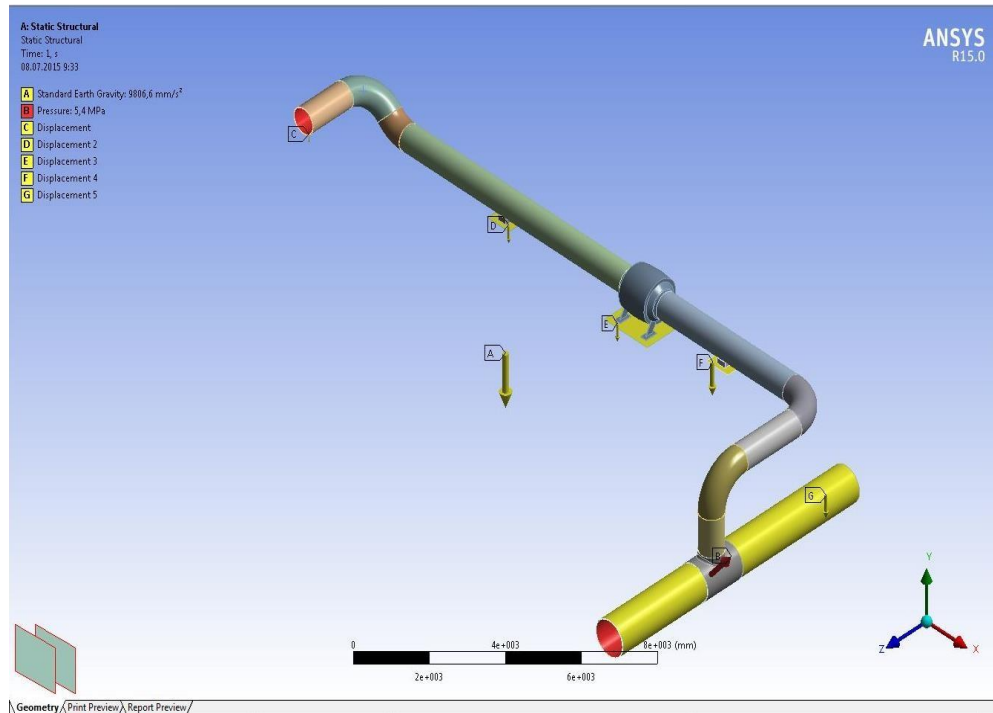


Рисунок 2. Задаем изменение положения опор, давление в газопроводе, силу притяжения Земли.

На втором этапе происходит расчет напряженного деформированного состояния.

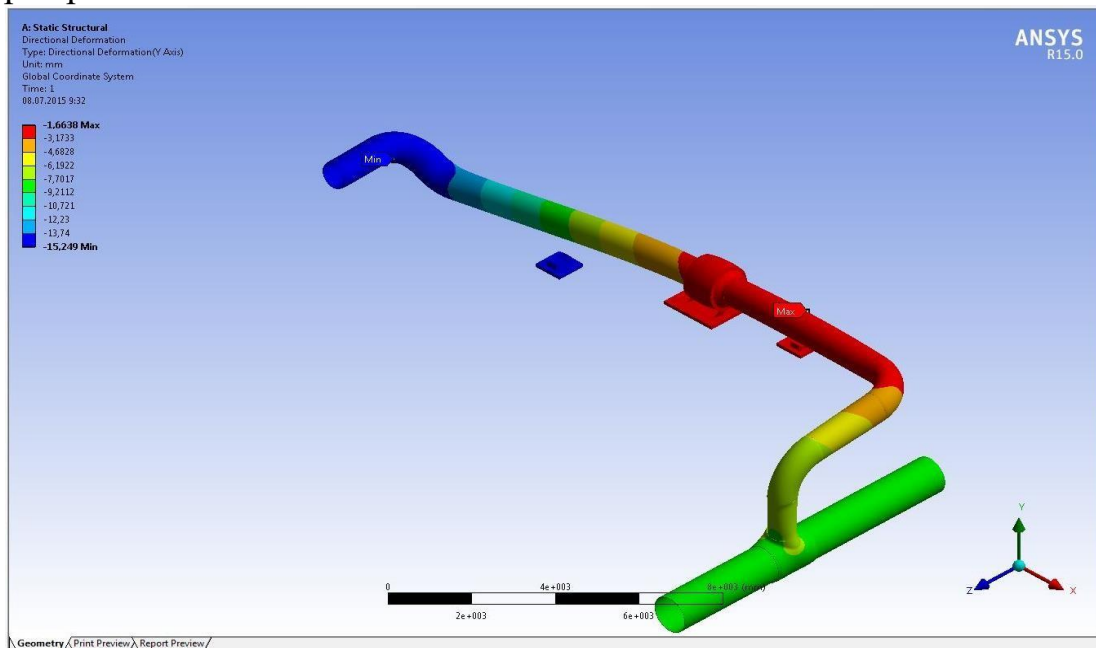


Рисунок 3. Изменения положения трубопровода в следствие изменения положения опор

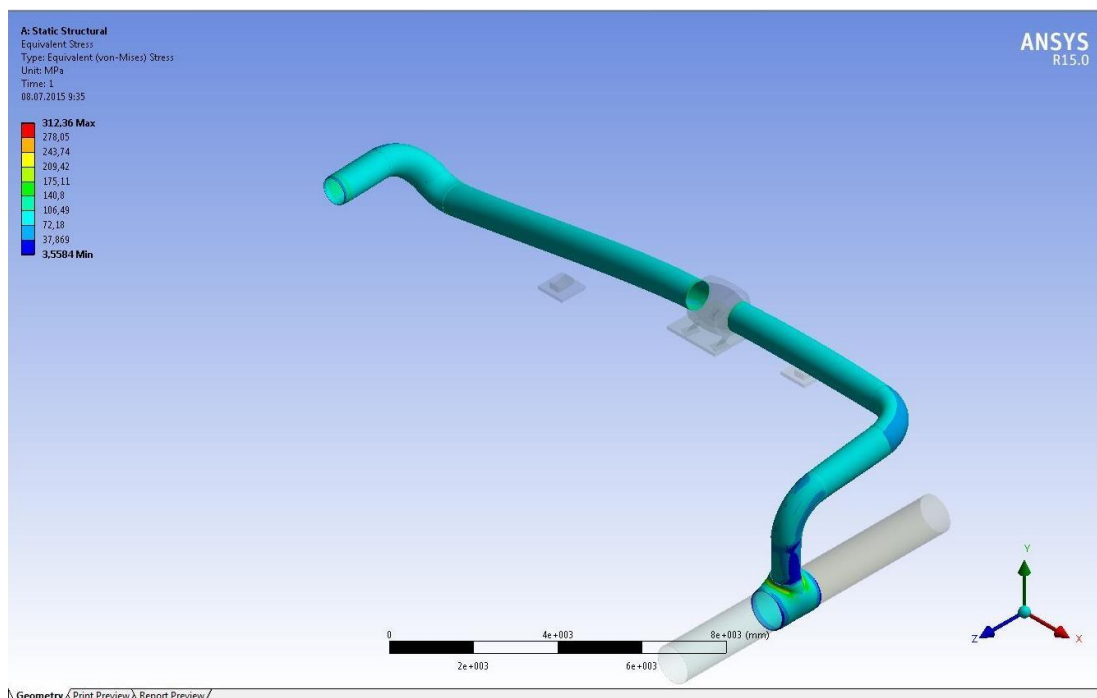


Рисунок 4. Напряжения и их значения, вызванные изменение положения опор.

На третьем этапе анализируем полученные значения напряжений с допустимыми из нормативных документов.

Данным методом можно анализировать какие объекты контроля не нужно трогать, а какие требуют вмешательства.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 52857.1-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.
2. ГОСТ Р 52857.6-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках.
3. ГОСТ Р 52857.12-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Требования к форме представления расчетов на прочность, выполненных на ЭВМ.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПРИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОДОРОГ

Хмелевской Ю. Ю.

Юго-Западный государственный университет, г. Курск

*Научный руководитель: Куприянова И.Ю., к.т.н., профессор кафедры
Управления качеством, метрологии и сертификации*

Автомобильные дороги имеют стратегическое значение для Российской Федерации. Они обеспечивают связь по всей обширной территории страны, во многом определяют возможности развития регионов, по ним осуществляются самые массовые автомобильные перевозки грузов и пассажиров в больших и малых городах. В тоже время, специалисты сферы дорожного строительства утверждают, что в настоящее время темпы разрушения дорожных покрытий в РФ более высокие, чем темпы их восстановления. По данным Минтранса России, 63% федеральных дорог нуждаются в ремонте. При этом необходимо отметить, что только на ремонт федеральных дорог необходимо затрачивать около 13–15 млрд. руб. в год. Несвоевременный ремонт дорог дополнительно увеличивает общие затраты на их восстановление в 3–4 раза [1].

Перспективным направлением в решении проблемы увеличения ресурса и качества дорожного хозяйства России является переход на новые технологии строительства автомобильных дорог, например, из цементобетона и цементобетонных плит. Срок службы цементобетонных дорог составляет 35-40 лет, и все это время их можно не ремонтировать. Однако, в связи с тем, что технология цементобетонного строительства принципиально отличается от применяемой в настоящее время асфальтобетонной технологии, внедрение этих инновационных методов требует существенных изменений метрологического обеспечения строительства автомобильных дорог.

В частности, при внедрении в практику этих технологий необходим непрерывный оперативный контроль на этапе строительства, так как для получения качественного готового дорожного покрытия необходимо обеспечить оптимальную продолжительность виброуплотнения для конкретной бетонной смеси, а после укладки и уплотнения смеси организовать уход за твердеющим бетоном. Такой уход представляет собой комплекс мероприятий, обеспечивающих

благоприятные условия протекания процессов структурообразования в уложенной смеси (предупреждение испарения из бетона влаги, предохранение его от механических повреждений в раннем возрасте, обработку поверхностей пленкообразующими веществами и т.п.). Проезд строительного транспорта по цементобетонным покрытиям разрешается примерно через 20 суток.

Для своевременного предупреждения брака, организациям, выполняющим работы по строительству автодорог с применением современных технологий, нужна определенная материальная база. Необходимо внедрение в практику оперативных, ускоренных методов определения физико-механических характеристик дорожного полотна в процессе строительства, в первую очередь степени уплотнения смеси и её влажности.

Для определения этих параметров при строительстве дорог из цементобетона, применяются специализированные приборы, использующие радиометрические методы оценки или опирающиеся на измерения диэлектрической проницаемости. В настоящее время их с успехом применяют в США, Франции, Англии, Германии и некоторых других странах.

Плотномеры такого типа действия достаточно безопасны (используются излучающие элементы низкой радиоактивности) а так же они оснащены высокоточными микрокомпьютерами для вычисления и мгновенного предоставления информации оператору, значений влажности и плотности покрытия.

Для контроля цементобетонного покрытия можно рекомендовать использование приборов модели Troxler 3430 и 3440, снабженных автоматическим датчиком глубины и программным обеспечением. С помощью имеющейся на приборах клавиатуры вводятся номера 1000 точек, сохраняются результаты измерений и примечания к ним (в виде текста либо в виде электронных таблиц для быстрой обработки типа Excel, Lotus и др.). Прибор не нуждается в стационарном источнике питания, так как использует заряжаемые батареи, рассчитанные на 180 часов работы. Масса прибора в сборе относительно небольшая и составляет 14 кг.

Недостатком радиоизотопных приборов типа Troxler является необходимость контроля радиационной безопасности. В связи с этим американская компания Transtech Inc разработала прибор, принцип работы которого основан на измерении диэлектрической проницаемости слоя уплотняемого материала. В настоящее время

дорожно-строительными фирмами за рубежом активно осваивается прибор PQI 300 (Pavement Quality Indicator). Так приборы этой серии были исследованы в 2000–2003 гг. в нескольких штатах США параллельно с радиоизотопным прибором Troxler и отбором кернов. В ходе проведенных работ приборы серии PQI 300 показали довольно высокие результаты и были приняты на вооружение ведущими строительными организациями США.

Прибор может работать в разных режимах в зависимости от примерного значения толщины, в пределах которой нужно определить плотность смеси.

В ответ на создание PQI 300 компания Troxler разработала прибор PaveTracker 2701 для измерения плотности слоев толщиной 2–4 см. Эти приборы находятся в стадии освоения.

Дорожная политика в США поощряет производить контроль тех или иных технологических операций различными приборами, чтобы создать конкуренцию и ускорить совершенствование той или иной конструкции прибора.

При контроле качества строительства цементобетонных дорог не менее важно уделять внимание определению толщины слоев дорожного покрытия неразрушающими методами. Одним из таких методов является метод радиолокационного зондирования (РЛЗ), он интенсивно развивается в последнее время за счет аппаратной и программной проработки. Для контроля этого параметра используют прибор под названием Ground Penetrating Radar (GPR) - проникающий в грунт радар. Он представляет собой передвижную установку для бесконтактного измерения толщины дорожного покрытия, которая основана на принципах радиолокации. Принцип действия этой установки следующий: с помощью высокочастотного излучателя (антенны) посылается кратковременный одиночный или заполненный радиочастотой импульс, который распространяется в средах различной плотности, отраженный сигнал регистрируется этой же либо отдельной приемной антенной, по поведению отраженного сигнала во времени, по изменению его амплитуды и частоты судят о толщине слоев различной плотности.

К сожалению, возможность применения импортных приборов в широких масштабах в нашей стране пока ограничена, в первую очередь из-за их высокой цены.

Разработка отечественного контрольного оборудования с применением инновационных технологий позволит поднять данную область работ на совершенно новый уровень.

Применение цементобетонной технологии строительства автодорог уже признано перспективным для получения покрытий с улучшенными показателями физико-механических свойств и увеличенными межремонтными сроками службы. Соответственно для широкого внедрения этих технологий в дорожное строительство РФ необходимо создание широкомасштабной базы оборудования по оперативному контролю качества в процессе производства дорожно-строительных работ.

Список информационных источников

1. Дорожная техника. Каталог-справочник, 2005–2006.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ КАЧЕСТВА

Чжан Жуйчжи

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Гальцева О.В., к.т.н., доцент кафедры физических методов и приборов контроля качества

Полноценное и безопасное водопользование является общепризнанным фактором здоровья и важного условия благоустройства населенных мест. Проблема обеспечения населения водопроводной водой нормативного качества является актуальной. Решение этой задачи возможно путем получения и внедрения новых материалов в технологию очистки воды [1], используемой на хозяйственно-питьевые и производственные нужды, а именно, в работе предлагается использование разработанной технологии очистки воды с использованием волокнистого материала из термопластов в качестве фильтрующего материала.

Наиболее часто в качестве фильтрующих материалов применяется следующий набор: кварцевый песок, антрацитовая крошка, керамзит и другие [2]. При выборе загрузки предпочтение отдаётся материалам, имеющим более развитую удельную поверхность зёрен, большую межзерновую пористость, плотную загрузку, механически и химически

стойким, более дешёвым. Так, полипропиленовое волокно, полученное из промышленных отходов и некондиционных изделий, предложено в качестве фильтрующего материала.

Полипропиленовое волокно как раз обладает рядом преимуществ для использования: низкой себестоимостью, высокой удельной поверхностью по сравнению с другими материалами, достаточно высокой удельной ёмкостью, которая не снижается при многократных циклах регенерации. Также оно обладает более высокими физическими и химическими свойствами; есть возможность применять полипропиленовое волокно разного диаметра в одном фильтре.

Образцы волокнистых материалов были получены из расплава полипропилена марок от 21030 – 16 до 21060 – 16 (ООО «ТНХК», г. Томск) и других термопластичных материалов. При получении волокнистых материалов варьировали основные технологические факторы, определяющие физико - механические свойства получаемого волокна, как сорбента: скорость вращения чаши с расплавом, температуру и расход расплава.

Определяющими параметрами процесса получения волокна из термопластов являются:

- ✓ окружная скорость на кромке вращающегося реактора, значение которой должно быть не менее 7,1 м/с;

- ✓ оптимальная температура пленки расплава во вращающемся реакторе для полипропилена и смесей его с полиэтиленом составляет 217 - 237 °С;

- ✓ выход волокна с диаметром от 10 до 300 мкм при оптимальных (для данного полимера) окружной скорости и температуры пленки расплава в реакторе можно обеспечить регулированием массового расхода полимера.

Полученные волокнистые материалы из полипропилена обладают высокой устойчивостью к минеральным и органическим кислотам, щелочам и имеют верхнюю рабочую температуру 93 – 110 °С.

Характеристики полученного волокна приведены в таблице 1.

Характеристика волокон из полипропилена

Таблица 1

Показатели	Диаметр волокон (мкм)					
	5 ÷ 20	50 ÷ 400	1 ÷ 10	1 ÷ 50	50 ÷ 300	250 ÷ 300
Плотность материала (кг/м ³)	911	903	907	909	904	903
Плотность (кг/м ³)	102-117	167-174	112-127	123-136	112-117	107-112
Порозность (%)	87,1-88,8	80,7-81,5	86,0-87,5	86,0-87,6	81,7-83,6	85,3-87,0

Оценка эффективности работы фильтра проводилась по санитарно-химическим и бактериологическим показателям, для чего проводилась фильтрация модельных сред, в которые вносились загрязняющие вещества. Концентрации загрязняющих веществ (железо, марганец, фенолы, азотсодержащие вещества, кремний) определялись усредненными и смоделированными показателями характерными для водоемков Томской области. Кроме того, в модельные фильтруемые среды вносились различные металлы (медь, цинк, свинец, мышьяк) в концентрации превышающих их ПДК в 2 раза.

Ниже приведены результаты исследований по оценке возможности применения волокнистого материала из термопластов для фильтрационной очистки воды (табл. 2).

Результаты фильтрационной очистки загрязненных модельных сред, на фильтрах из полипропиленового волокна

Таблица 2

Показатели	Класс опасности	Концентрации в модельной среде (заданная концентрация в мг/л)	Концентрации после фильтрации		ПДК	% снижения
			Фильтр 1	Фильтр 2		
Железо-Fe(OH) ₃	3	14,0	0,5	0,6	0,3	в 23 раза
Марганец	3	0,48	0,47	0,47	0,1	не отм.
Медь	3	2,0	1,73	1,77	1,0	12,5
Цинк	3	10,0	6,8	6,8	5,0	32
Свинец	2	0,1	0,075	0,08	0,03	29,8
Мышьяк	2	0,1	0,076	0,076	0,05	24,0

Также изучены методы обезжелезивания воды [2], проведено исследование влияния плотности упаковки волокна на степень очистки от ионов железа. Для опытов готовили модельный раствор Fe₂(SO₄)₃. Отфильтрованную воду анализировали на содержание железа

спектрофотометрическим способом с применением спектрофотометра ПЭ-5300. Полученные результаты показали, что суспензия гидроокиси железа, является автокатализатором очистки.

Проведенная санитарно-гигиеническая и бактериологическая оценка волокнистого материала из термопластов, а также оценка эффективности очистки воды на указанном материале в целях использования в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения позволяет сделать следующие выводы:

- Волокнистый полимерный материал является инертным по отношению к природным подземным водам и не вносит дополнительных загрязнений в фильтруемую через него воду.

- Фильтрующий материал эффективен в очистке воды от железа и легко подвергается регенерации простыми способами.

Список информационных источников

1. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 352 с.

2. Р. И. Аюкаев, В. З. Мельцер. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды. – Л.: Стройиздат : Ленингр. отд-ние, 1985. - 119 с.

3. Николадзе Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод. М.: Стройиздат, 1978. – 160 с.

МОНИТОРИНГ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ СРЕДСТВАМИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Шрам В. Г., Кравцова Е. Г., Лысянникова Н. Н., Лысянников А. В.

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Научный руководитель: Сельский А. А., к.т.н., ведущий специалист по НК НОУ «НУЦ «РТС»

В Единой системе оценки соответствия, действующей в структуре Ростехнадзора, ректификационные колонны относятся к категории «Оборудование химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств, работающее под давлением до 16 МПа». Согласно правилам Ростехнадзора такие объекты должны

подвергаться техническому диагностированию не реже 1 раза в 8 лет. Но, во-первых, столь редкий режим обследования вряд ли способствует полному исключению вероятности аварий, во-вторых, большие габариты и сложность конструкции обуславливают высокую трудоемкость ее полного обследования традиционными методами неразрушающего контроля.

В результате чего в ночь на 15 июня 2014 г. на Ачинском нефтеперерабатывающем заводе на территории промзоны произошел взрыв газа с последующим пожаром. В данном происшествии была разрушена ректификационная колонна. По результатам технической экспертизы, проведенной Ростехнадзором, было установлено, что на газофракционирующей установке возникла разгерметизация колонны, из-за чего и произошел взрыв. Причиной разгерметизации явилось критическое утонение металла стенки подведенного к колонне технологического трубопровода углеводородного газа в результате локальной коррозии с последующим разрушением трубопровода. Подобные аварии происходили и ранее как в России (например, нефтеперегонный завод в г. Кириши, 2012 г.), так и за рубежом (Сан-Хуанито, Мексика, 1984 г.; Тексас-Сити, США, 2005 г.). Все эти аварии повлекли не только крупный экономический ущерб, но и человеческие жертвы.

В связи с этим поиск и обоснование нового метода неразрушающего контроля напряженно-деформированного состояния (НК НДС) ректификационных колонн и их трубопроводной обвязки является актуальной задачей.

Поскольку источником таких аварий чаще всего является износ примыкающих к колонне технологических газопроводов, предварительно был сделан анализ процессов их корроирования и последующего разрушения (рисунок 1).

На основе, которого было установлено, что разрывы труб от коррозионного износа стенок и давления транспортируемой среды, как правило, направлены вдоль образующей, следовательно, растягивающие напряжения действуют по окружности их сечения.

В связи с этим были проанализированы ныне существующие методы НК НДС, их назначение, возможности и степень нормативно-технического обеспечения [1].

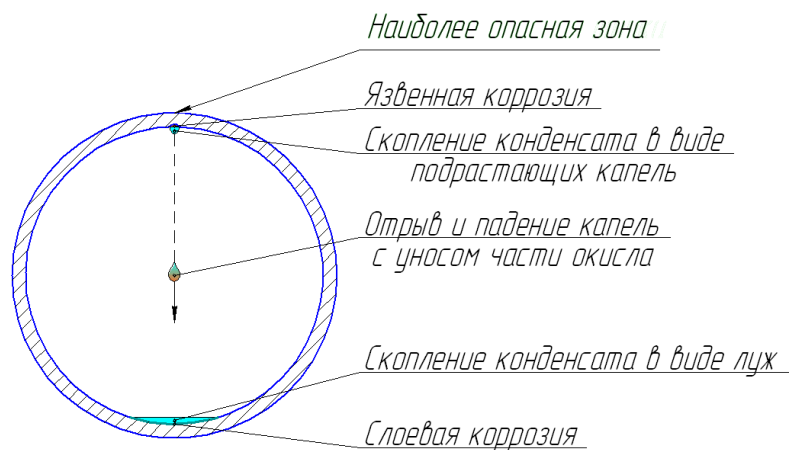


Рисунок 1 – Скопление влажного конденсата в горизонтальных участках газопровода

По результатам этого анализа были выбраны наиболее подходящими для данной задачи тензометрический и акустико-эмиссионный методы. Тензометрический метод непосредственно показывает степень упругой деформации объекта, а у метода акустической эмиссии показатель активности источников сигналов пропорционален напряжениям в металле (рисунок 2). Эти показатели через закон Гука сопоставляются с пределом упругости стали и, таким образом, характеризуют степень опасности состояния объекта [1].

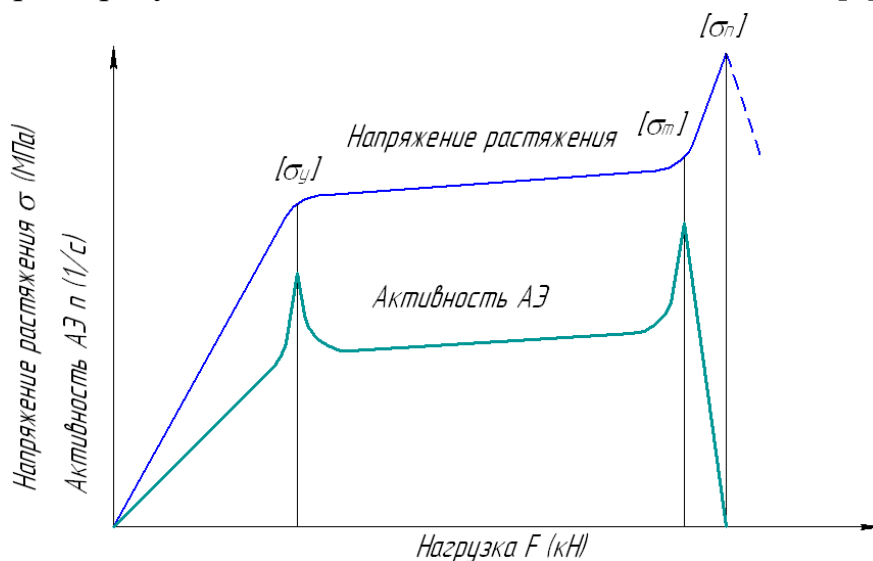


Рисунок 2 – Сходство графиков зависимости механического напряжения и активности АЭ от прилагаемой к объекту нагрузки

Геометрическими расчетами по результатам анализа разрушений обоснован выбор мест установки датчиков этих систем: акустико-эмиссионные – на боковых образующих этих же участков и по триангуляционной схеме на развертке тела колонны (рисунок 3);

тензометрические – на верхней образующей посередине горизонтальных участков примыкающих трубопроводов (рисунок 4).

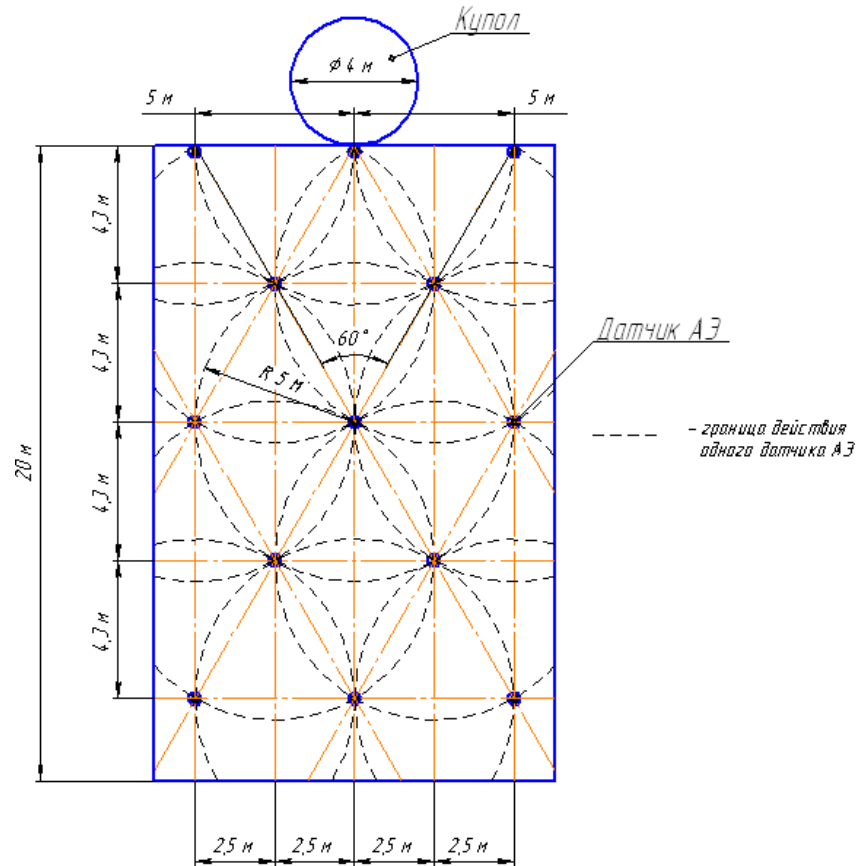


Рисунок 3 – Схема расположения датчиков АЭ на развертке тела ректификационной колонны

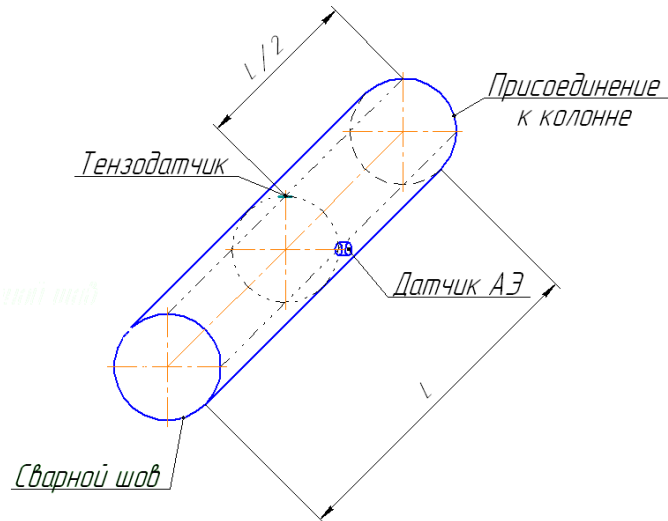


Рисунок 4 – Схема расположения датчиков, на горизонтальном участке присоединенного к колонне газопровода

В целях исключения большого количества и метража соединительных кабелей принято решение применить беспроводную связь датчиков с центральными системами. В отношении АЭ-системы такие приборы в России уже существуют, например, «ЭКСИТОН-4040 Р». Для тензометрической системы с помощью специалистов по электронике здесь была разработана принципиальная схема автономных передатчиков информации: амплитуда передаваемого в эфир монотонного непрерывного радиосигнала индивидуальной частоты пропорциональна степени растяжения измерительного тензорезистора. На приеме центральная система по частоте сигнала определяет номер и место установки датчика, а по амплитуде сигнала – степень деформации стенки трубы. Предусмотрено автономное электропитание всех датчиков от солнечных батарей. Три стержня общей приемной антенны центральных систем окружают оснащенную датчиками колонну так, чтобы она полностью вписывалась в составленный ими треугольник. Разработаны функциональные схемы центральных систем приема, обработки и оценки информации.

Таким образом, применение тензометрического и акустико-эмиссионного методов позволит осуществлять постоянный контроль над опасным объектом, что способствует исключению вероятности аварий, а также уменьшить трудоемкость выполняемых работ.

Список использованных источников

1. ГОСТ 18353-79 Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. – Введ. 30.06.1980. – Москва, 1980. – 12 с.

МИНИМИЗАЦИЯ ФУНКЦИИ СРЕДНЕГО РИСКА МЕТОДОМ НЕЛДЕРА-МИДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ РАСТВОРЕННЫХ В МАСЛЕ ГАЗОВ

Шутенко О.В., Баклай Д.Н.

*Национальный технический университет «Харьковский
политехнический институт», г. Харьков, Украина*

*Научный руководитель: Шутенко О.В., к. т. н, доцент кафедры
«Передача электрической энергии»*

В большинстве известных методик по интерпретации результатов хроматографического анализа растворенных в масле газов (IEC 60599,

ANSI/IEEE Std C57.104, РД 153.34.0–46.302–00, СОУ–Н ЕЕ 46.501:2006, методики Доренбурга, Шлизингера и ряде других) в качестве первичного признака наличия дефекта используют превышение концентраций газов, некоторых значений, называемых граничными. За граничную концентрацию газа, принимают 90-95% точку на интегральной функции распределения концентрации газа, полученную для 100 и более единиц однотипного, бездефектного оборудования. Однако, и по методике определения, и по своей физической сути полученные значения являются не *граничными*, а *типичными* концентрациями. Согласно методике ИЕС 60599 отождествление типичных и граничных концентраций газов является ошибочной. В связи с этим возникает объективная необходимость разработки метода, который бы позволил определять граничные концентрации растворенных в масле газов, с последующей оценкой достоверности принятия решений.

В качестве критерия для определения граничных значений концентраций растворенных в масле газов предложено использовать критерий минимального риска [1]. В общем виде выражение для среднего риска может быть записано как:

$$R = C_{21}P_1P_{21} + C_{12}P_2P_{12}, \quad (1)$$

где: P_1 – априорная вероятность отсутствия дефекта в трансформаторе; P_2 – априорная вероятность появления дефекта в

трансформаторе; $P_{21} = \int_{S_1} f(\mathbf{x}/D_1) d\mathbf{x}$ – вероятность ложной тревоги, (при

отсутствии дефекта концентрация хотя бы одного из газов, превышает

граничное значение); $P_{12} = \int_{S_2} f(\mathbf{x}/D_2) d\mathbf{x}$ – вероятность пропуска цели

(при наличии дефекта концентрации всех газов не превышают граничных значений); \mathbf{x} – вектор диагностических признаков (значения концентраций растворенных в масле газов); $f(\mathbf{x}/D_1)$ – функция плотности распределения газов для бездефектного состояния; $f(\mathbf{x}/D_2)$ – функция плотности распределения газов для дефектного состояния; S_1, S_2 – многомерные области изменения параметров; C_{21} – цена ложной тревоги; C_{12} – цена пропуска цели.

Выполненные в работе [2] исследования показали, что концентрации газов, как в дефектных, так и в бездефектных трансформаторах подчиняются закону распределения Вейбулла.

Для определения граничных концентраций газов, обеспечивающих минимальное значение среднего риска, был использован метод Нелдера-Мида [3], который, также известный как метод деформируемого многогранника. Метод Нелдера-Мида решает задачу поиска минимизатора x^* некоторой заданной функции $f(x)$:

$$X \xrightarrow{f} S, X \in S^n$$

$$x^* = \min_{x \in X} f(x) \quad (2)$$

В пространстве поиска S^n строится равносторонний многогранник (регулярный симплекс, см. рис. 1) с количеством вершин, равным $(n+1)$.

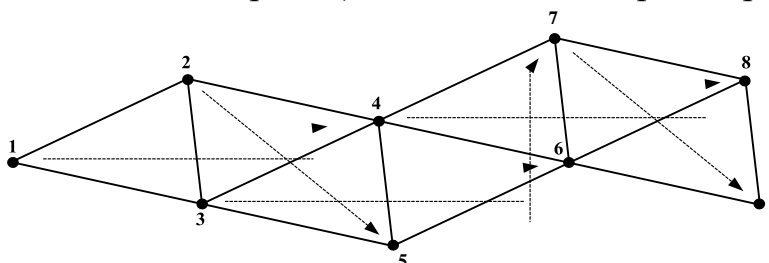


Рисунок 1 – Симплексный метод

Далее выясняется какая из вершин симплекса является наихудшей в смысле значения функции $f(x)$. Для этого необходимо вычислить $f(x)$ во всех вершинах (если функция $f(x)$ задана аналитически или алгоритмически). Найденная наихудшая вершина заменяется на новую вершину, которая является отражением наихудшей вершины относительно центра тяжести оставшихся вершин. Получается новый симплекс, где вся процедура повторяется. В результате симплекс передвигается по пространству поиска в сторону искомого минимизатора функции $f(x)$. В качестве примера, определения граничных значений концентраций газов, рассмотрим распределения с параметрами приведенными в табл. 1.

Таблица 1 – Значения параметров законов распределений для концентраций газов, растворенных в масле дефектных и бездефектных трансформаторов

Газ	Состояние трансформаторов			
	Нормальное		Дефектное	
	α	β	α	β
CH₄	0,005557	4,859278	0,041635	2,194290
C₂H₄	0,006426	5,225124	0,065647	2,115252
C₂H₆	0,002348	1,809682	0,030929	2,421890
C₂H₂	0,000184	1,769949	0,019442	1,761373
H₂	0,001829	1,616357	0,055464	2,503356

В качестве распределений для бездефектного состояния, использовались такие распределения, в которых процентные содержания газов наиболее характерны для трансформаторов негерметичного исполнения. Распределения для дефектного состояния трансформаторов, получены с учетом типа дефектов, т.е. приведенные распределения являются характерными, для газов, которые являются ключевыми для данного типа дефекта. Используя алгоритм Нелдера-Мида, были рассчитаны граничные значения концентраций газов, для $P_1=0,95$ у. е., $P_2=0,05$ у. е., $C_{21}=1$, $C_{12}=10000$, для распределений с параметрами из табл. 1. Полученные значения концентраций, обеспечивающие минимум риска приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Граничные концентрации газов, обеспечивающие минимум риска

Растворенные в масле газы				
CH₄	C₂H₄	C₂H₂	C₂H₆	H₂
0,00950	0,0106	0,00077	0,0094	0,0086

В таблице 3 приведены рассчитанные значения среднего риска, который сопровождается использованием граничных значений рекомендуемых известными методиками. Как видно из таблицы граничные значения, полученные в НТУ «ХПИ», для заданных параметров законов распределений для дефектного и бездефектного состояния трансформаторов, принятых значений вероятностей дефектного и бездефектного состояний, а также стоимостях ошибочных решений обеспечивают минимальное значение величины среднего риска, по сравнению с другими методиками.

Таблица 3 – Значения средних рисков, сопровождающих использование граничных значений концентраций растворенных в масле газов, рекомендуемых в известных методиках

Методика	<i>R</i>
IEC 60599 (МЭК)	0,0072446
IEEE Std C57.104 (США)	0,7259942
СОУ-Н ЕЕ 46.501:2006 (Украина)	0,0004047
РД 153.34.0-46.302- 00 (Россия)	0,0187729
Energopomiar (Польша)	1,3408977
НТУ ХПИ (Украина, Харьков)	0,0000507

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен метод определения граничных концентраций растворенных в масле газов, которые обеспечивают минимальное значение среднего риска, при диагностике состояния трансформаторов. Сравнительный анализ средних рисков, которые сопровождаются использованием граничных (типичных) концентраций газов, регламентированных известными методиками, показал, что полученные авторами граничные значения, обеспечивают минимальное значение величины среднего риска, по сравнению с другими методиками.

Список информационных источников

1. Баклай Д.Н. Обоснование критерия для оптимизации граничных значений концентраций растворенных в масле газов. Сборник докладов V международной молодежной научно-технической конференции «Энергетика глазами молодежи» /Баклай Д.Н., Шутенко О.В./ – Министерство образования и науки РФ, Томский политехнический университет. – Томск, 2014. – Том 2– с. 69 – 73;
2. Шутенко О.В. Аналіз законів розподілу концентрацій газів, розчинених в маслі високовольтних трансформаторів негерметичного виконання /Шутенко О.В., Баклай Д.Н. // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2014. – №24(067). – С. 102–117;
3. Черноруцкий И.Г. Методы принятия решений. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с;

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Шутяева О.И.

*Юго-Западный государственный университет, г. Курск
Научный руководитель: Куприянова И.Ю., к.т.н., с.н.с., профессор
кафедры УКМиС*

Сейчас трудно представить современную жизнь без высокотехнологичных приборов. Отдельную группу оборудования, обеспечивающего контроль качества производства, представляют приборы неразрушающего контроля.

Основное преимущество данного оборудования – это то, что методы, которые используются для измерений, практически не влияют на контролируемый экземпляр, не приводят к изменению технических или физических свойств прибора и не затрагивают его эксплуатационные качества [1].

Неразрушающий контроль является прекрасным способом обнаружения мельчайших дефектов, которые невозможно обнаружить невооруженным глазом.

В основе неразрушающего контроля лежат физические процессы взаимодействия различных полей, излучений или веществ с объектами контроля. По этому признаку выделяют девять основных видов : магнитный, электрический, вихретоковый, радиоволновой, тепловой, оптический, радиационный, акустический, проникающими веществами. Выбор метода и прибора неразрушающего контроля для решения задач дефектоскопии, толщинометрии, структуроскопии и технического диагностирования зависит от параметров контролируемого объекта и условий его обследования.

Важной задачей при проведении исследований и организации промышленного производства наноматериалов является неразрушающий контроль. Он необходим потому, что наноматериалы дорогие и они появились на рынке сравнительно недавно; их исследование еще не завершено и неизвестны все их характеристики. Нанотехнологии в последнее время развиваются бурно и рынок заполняют новые наноматериалы, которые также необходимо подвергать неразрушающему контролю. В связи с этим актуален вопрос оптимизации методов неразрушающего контроля наноматериалов.

Особое внимание уделяется созданию и применению взаимодополняющих высокоразрешающих методов практической диагностики и характеристики наноструктур, обеспечивающих получение наиболее полной информации об основных физических, физико-химических и геометрических параметрах наноструктур и протекающих в них процессов [2].

Получение наноструктур, низкоразмерных систем и новых наноструктурированных материалов с заданными свойствами, предназначенных для применения в современной электронике, ставит и новые диагностические задачи. Для решения современных задач диагностики наноструктур требуется адаптация к этим задачам традиционных методов (оборудования), а также развитие новых, прежде всего локальных (до масштабов 0,1 нм) методов исследования и анализа свойств и процессов, присущих объектам нанометровой геометрии и системам пониженной размерности. Методы нанодиагностики должны быть по возможности неразрушающими и давать информацию не только о структурных свойствах нанообъектов, но и об их электронных свойствах с атомным разрешением. Для разработки нанотехнологий решающим оказывается также возможность контролировать атомные и электронные процессы с высоким временным разрешением, в идеале до времени, которое равно или меньше периода атомных колебаний (до 10^{-13} с и менее). Необходима также диагностика электронных, оптических, магнитных, механических и иных свойств нанообъектов на "наноскопическом" уровне. Невозможность полного удовлетворения этих требований приводит к использованию комплекса методов диагностики нанообъектов, среди которых необходимо выделить следующие основные группы методов: электронная микроскопия высокого разрешения, методы сканирующей электронной микроскопии, Сканирующая туннельная микроскопия, рентгendifракционные методы, методы электронной спектроскопии для химического анализа [3].

В нанотехнологиях один из прямых методов неразрушающего контроля является рентгеновская дифрактометрия. Она обеспечивает возможность определения остаточных и действующих напряжений в деталях и конструкциях различного назначения при их изготовлении, эксплуатации и ремонте. Метод позволяет определять атомную структуру вещества, включающую в себя пространственную группу элементарной ячейки, ее размеры и форму, а также определить группу симметрии кристалла[4].

Рентгеновские методы неразрушающего контроля подходят для наноматериалов потому, что особенно с использованием высокой светимости синхротронных источников, они дают уникальную информацию об атомной структуре нанообъектов без их разрушения. Также современные рентгеновские методы предоставляют информацию о пространственном расположении атомов; позволяют анализировать состав поверхности и определять концентрацию атомов различного сорта.

Дифрактометры с дисперсией по углам представляют собой приборы, в которых дифракционная картина регистрируется с помощью сцинтилляционных или пропорциональных счетчиков. Используется характеристический спектр от рентгеновских трубок с линейным фокусом. При необходимости излучение можно монохроматизировать с помощью отражения от кристалла.

Рентгеноструктурный анализ и по сей день является самым распространенным методом определения структуры вещества в силу его простоты и относительной дешевизны.

Кристаллическая решетка - это регулярное трехмерное распределение атомов в пространстве, имеющее различную симметрию. Кристаллическая решетка в заданном направлении может рассматриваться как серия параллельных плоскостей, отстоящих друг от друга на расстоянии d . Любое кристаллическое вещество характеризуется определенным набором межплоскостных расстояний d с различными ориентациями плоскостей. Когда монохроматизированный рентгеновский луч с длиной волны l падает на систему кристаллических плоскостей под углом q , дифракция возникает, только если пути проходимые лучами, отраженными от различных кристаллических плоскостей, различаются на целое число длин волн. Это явление описано законом Брэгга: $n l = 2 d \sin q$.

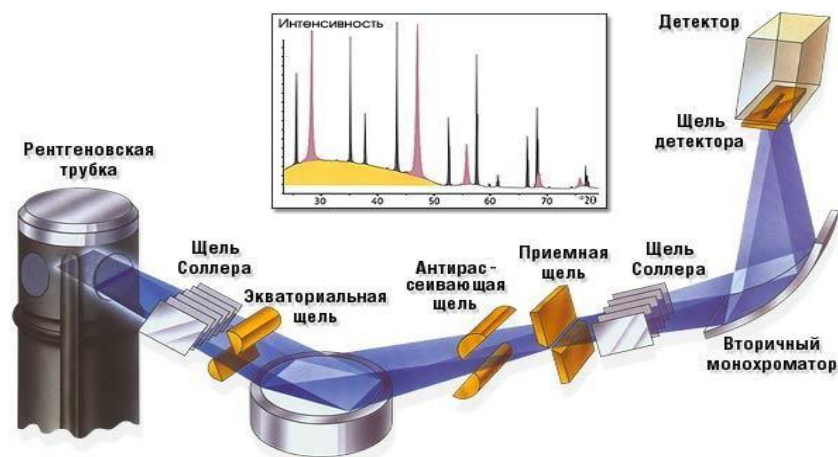


Рис.1-Схема дифрактометра Брег-Брентано

При изменении угла q , условия закона Брэгга удовлетворяются поочередно для различных систем плоскостей в поликристаллическом материале, в результате чего, на дифрактограмме исследуемого вещества последовательно, с изменением угла, появляются рентгеновские рефлексы - пики (линии дифрактограммы) с явным максимумом. Координаты и высота пиков характеризуют исследуемое вещество. Эти данные передаются в программное обеспечение, где обрабатываются в зависимости от вида исследований.

Принципиальная схема дифрактометра Брег-Брентано показана на рисунке 1.

Главные компоненты дифрактометра - рентгеновская трубка и детектор.

Они размещаются на гониометре (система точной установки и отслеживания угла излучения по отношению к поверхности образца). Одно плечо гониометра задает угол облучения образца рентгеновской трубкой, другое определяет угол брэгговского отражения излучения от образца (т.е. детектируемый сигнал). Детектор во время движения (при изменении угла q) непрерывно регистрирует интенсивность рентгеновского излучения. Остальные части оптической схемы дифрактометра придают излучению такие свойства, чтобы оптимизировать его для решения тех или иных задач дифрактометрических исследований [5].

Таким образом, для исследования наноматериалов можно рекомендовать рентгеновские методы, в частности применение дифрактометра.

Список информационных источников

1. Каневский, И.Н. Неразрушающие методы контроля: Учебное пособие.- ДВГТУ, 2007.
2. Азаренков Н.А., Береснев В.М., Погребняк А.Д., Маликов Л.В., Турбин П.В. Наноматериалы, нанопокртия, нанотехнологии : Учебное пособие. – Х.: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2009.
3. Ж.И.Алферов, П.С.Копьев, Р.А.Сурис, А.Л.Асеев, С.В.Гапонов, В.И.Панов, Э.А.Полторацкий, Н.Н.Сибельдин. Наноматериалы и нанотехнологии.- Москва: Техносфера, 2005.
4. Першин А.С., Петрова Е.А. Проблемы диагностики наноматериалов и пути их решения.- ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013.
5. <http://www.nalkho.com/information/xrd/>

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ЗАО «ТОМСКИЙ ПРИБОРНЫЙ ЗАВОД»

Яруллина А.Р.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Мойзес Б.Б., к.т.н., доцент кафедры
физических методов и приборов контроля качества*

Для того чтобы понять основную суть технологических процессов разрабатываемых на предприятиях следует разобраться, что же подразумевает под собой слово технология.

Технология - наука о способах воздействия на сырье, материалы и полуфабрикаты соответствующими орудиями производства с целью получения нового продукта с заданными свойствами, формой и внешним видом.

Чтобы проводить какую-либо производственную деятельность любому предприятию, в том числе и ЗАО «ТПЗ» в первую очередь необходимо провести технологическую подготовку производства.

Технологическая подготовка производства – совокупность мероприятий, обеспечивающих на любом предприятии наличие полных комплектов документаций и средств технологического оснащения, которые необходимы для производства заданного объема продукции установленного качества.

Одной из задач этой подготовки является разработка технологических процессов на предприятии, о чем как раз таки и пойдет речь в данной статье.

Различают два основных вида технологического процесса:

1. *Единичный технологический процесс* - для изготовления или для совершенствования действующего технологического процесса;

2. *Унифицированный технологический процесс:*

• *Типовой технологический процесс* - для изготовления типовых групп изделий;

• *Групповой технологический процесс* - для изготовления группы изделий различной конфигурации.

Важно знать, что готовый разработанный **технологический процесс** должен предоставлять наиболее полные технологические указания и все данные, которые необходимы для качественного выполнения операций и их контроля.

Исходные данные для разработки технологических процессов:

- рабочие чертежи изделия, сборочных единиц и деталей;
- техническое описание изделия, определяющее его назначение;
- технические условия на изделие;
- принципиальная электрическая схема изделия, монтажные схемы, определяющие расположение электрических элементов конструкции и монтажных проводов;

- спецификации деталей и сборочных единиц с указанием их полного наименования и количества, необходимого для одной сборочной единицы;

- руководящие технические материалы, отраслевые стандарты ОСТы, ГОСТы, производственные инструкции и стандарт организации.

Перед началом разработки технологического процесса технологу на ЗАО «ТПЗ» необходимо изучить и понять назначение детали, изучить технические условия и специальные требования, провести тщательное изучение и контроль рабочих чертежей, проанализировать конструкцию детали в свете технологических условий её изготовления.

В зависимости от вида производства и степени сложности выпускаемых деталей технолог определяет вид технологического процесса и степень его оснащённости.

Для единичного производства на несложные детали разрабатывается **маршрутный** технологический процесс, а на более сложные детали – **маршрутно-операционный**.

Разработка технологического процесса производится поэтапно в следующей последовательности:

- технологический анализ сборочных чертежей;
- уточнение разбивки изделия на сборочные единицы;
- оценка уровня технологичности и ремонтпригодности изделия и его частей;
- выбор методов сборки и их сочетаний для изделия в целом;
- изучение технических условий и технологических инструкций на узловую и общую сборку изделий, контроль, регулировку и испытание сборочных единиц и изделия;
- выбор и определение количества стандартного оборудования и оснастки;
- заказ не стандартизованных средств технологического оснащения;
- выбор измерительного и вспомогательного инструмента;
- выбор вспомогательных материалов;
- контроль параметров;
- определение требований техники безопасности, производственной санитарии и охраны окружающей среды;
- оформление технологической документации.

Объём контрольных операций должен гарантировать полное соответствие готовой детали требованиям конструкторской документации по всем размерам, параметрам, пунктам технических условий и т.д.

Карта эскизов – графический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы. Карта эскизов предназначена для пояснения выполнения технологического процесса, операций или перехода изготовления или ремонта изделия, включая контроль и перемещения.

Операционные эскизы выполняются на картах эскизов, но несложные операционные эскизы допускается выполнять на свободном поле маршрутной карты. Данный эскиз предназначается для выполнения одной определённой операции и является дополнением к тексту.

информация об оснастке, инструменте и материале, которые применяют в данном технологическом процессе.

Обозначение	Наименование	Кол.	Установлено				Установлено после замены			
			заводской №	номер М.К. и партии	Дата		заводской №	номер М.К. и партии	Дата	
					изготовл.	установки			изготовл.	установки
2г4.730.162-006 Трансформатор (дроксель) ШБ S<6.3 (Г)										
2г4.730.162	Трансформатор ШБ S<6.3	1								
РХД,841.443	Клипс	1								
2г7.840.617	Прокладка	1								
2г7.777.00-1	Пластина ШУС 79НМ	75								
2г5.761.159	Катушка	1								
РХД,875.010	Каркас	1								
РХД,755.255	Выпол	1								
ДСВ-2-Р-2М	Прессматериал марки Л									
	ГОСТ 117478-72	4.5г								
ФП-0.05	Фольга ГОСТ 18394-73									
	ширина 4.5 мм	0.15м								

Рис. 2. - Пример комплекточной карты на измеритель уровня в ЗАО «ТПЗ»

В комплекте документации устанавливается единая сквозная нумерация листов от первого (титульного) до последнего, а общее количество листов указывается на титульном листе.

В заключение необходимо отметить, что любой технологический процесс на предприятии следует постоянно отслеживать. Это во многом помогает понять и увидеть все его недостатки. Главное – не забывать эти недостатки устранять, разумно обновлять и вовремя совершенствовать технологию, т. к. это является условием для достижения эффективности производства, низкой себестоимости и стабильного высокого качества изделия, а все это в свою очередь приводит к успешной конкурентной борьбе предприятия за рынки сбыта.

Список информационных источников

1. Стандарт организации Система менеджмента качества Разработка технологических процессов СТО СМК 005-20122.

2. ООО «ФОРПРИНТ» Журнал «Мебельное обозрение». О ТОМ, ЧТО ДЕЛАЮТ ТЕХНОЛОГИ [Электронный ресурс]. - режим доступа: <http://www.mebel-o.ru/mode.16-id.5111>. 26.08.15.

3. ЗАО «МАРП». УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ в малом и среднем бизнесе [Электронный ресурс]. - режим доступа: <http://www.dist-cons.ru/modules/manageproduct/index.html>. 26.08.15.

BRIEF REVIEW OF ACTIVE ON-LINE BALANCING DEVICES

Ivkina O.P.

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk

Scientific Supervisor: Ziyakaev G.R., Ph.D., Assoc. Prof.

Language advisor: Morozov V.S.

The imbalance of the rotating parts is the most frequent cause of the increased vibration in rotary machines. It appears because of imperfection of cylindrical shape of the parts, or it can appear in the technological process, for example, as a result of uneven wear of abrasive wheels or uneven carbon buildup on the blades of the fan.

Presently, on-line balancing devices (OBD) for rotating spindles are being actively introduced. They allow to decrease vibration in devices and machines, decrease wear of bearings and other rotating parts, and, in the long run, they increase device and machine life.

On-line balancing devices are divided into 2 types: active and passive.

In passive devices, balancing weights move under the effect of internal forces, but in the active ones this happens by means of outside force. Both of them have advantages and disadvantages: passive devices work only when the rotation speed is above the natural frequency of the machine, i.e. above the resonance; active devices are much more complicated and expensive, but work with all spindle modes and can help to achieve higher balance accuracy.

This article provides a brief overview and history of on-line balancing devices.

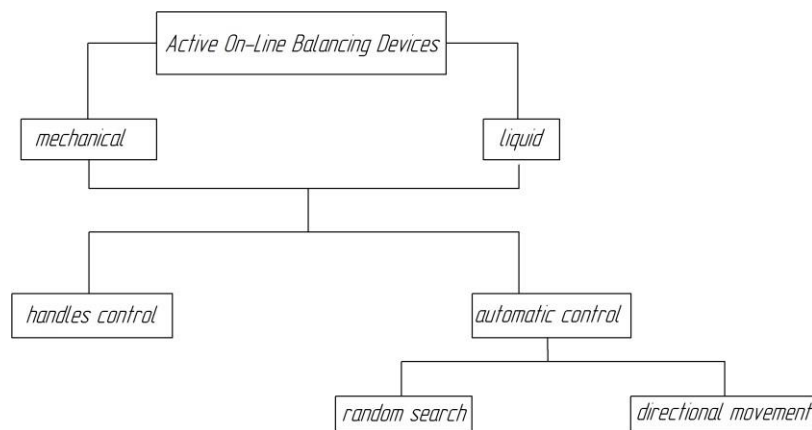


Fig. 1. Classification of active on-line balancing devices.

The history of development of such devices began with the devices for balancing of abrasive wheel grinders during operation. Balancing weights control is performed in manual mode using control handles. A scheme of one of such devices is shown below (fig.2).

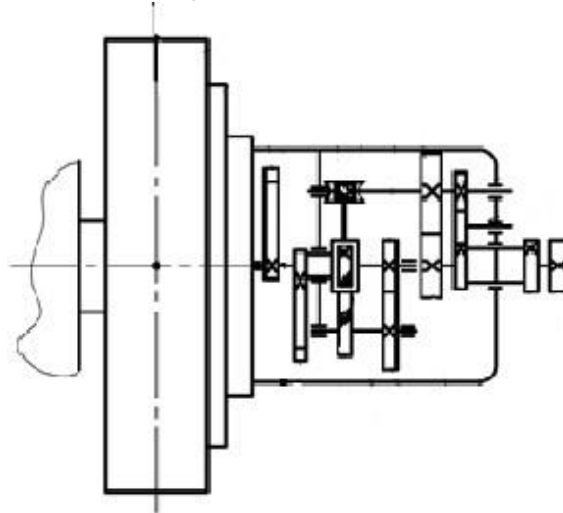


Fig. 2. Manually operated balancing device of abrasive wheel grinder.

The next stage of the development of active on-line balancing devices were devices with automatic control. They work on the following principle: a vibration sensor measures the vibration on the machine's casing or support and feeds the data to a controller, where it is processed. The controller gives a control signal to driving mechanisms, which set balancing weights relative to the spindle in such a way that they compensate for its imbalance and dampen the vibration (fig.3).

According to their operation algorithms, these devices are divided into devices with a random search and devices with a directional movement of balancing weights. Devices with directional moving of balancing weights don't require the change of imbalance phases and can work with a measuring system that vibration in supports and the change in its amplitude. Often, mechanical or liquid elements with free moving small weights are used as sensors of a measuring system. It allows to simplify OBD construction.

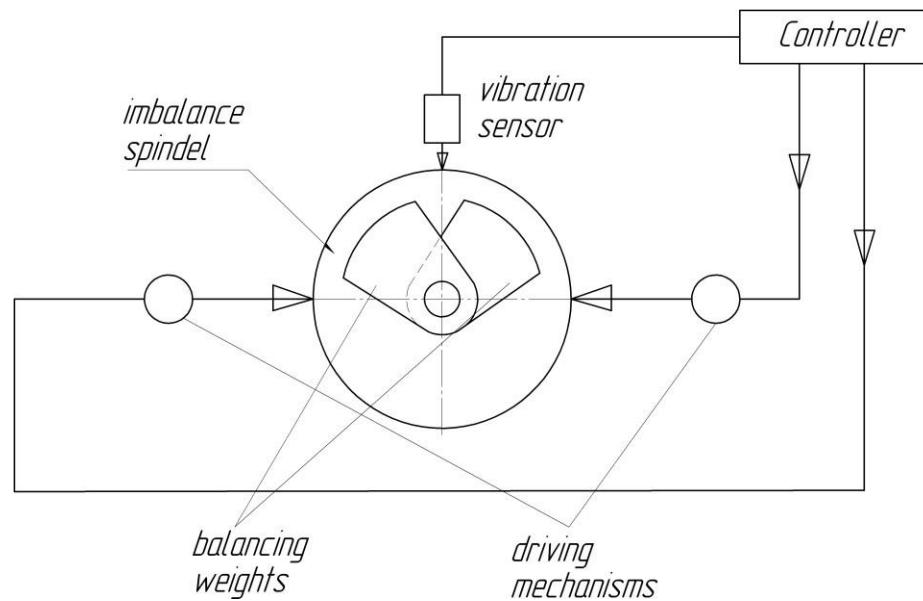


Fig. 3. Basic scheme of active OBD.

Although the development of active OBDs is underway for quite some time, and many schemes and principles of operation were patented, only a few of them made it to industrial application. An example is the “LORD Corporation” company’s on-line balancing device (fig. 4).

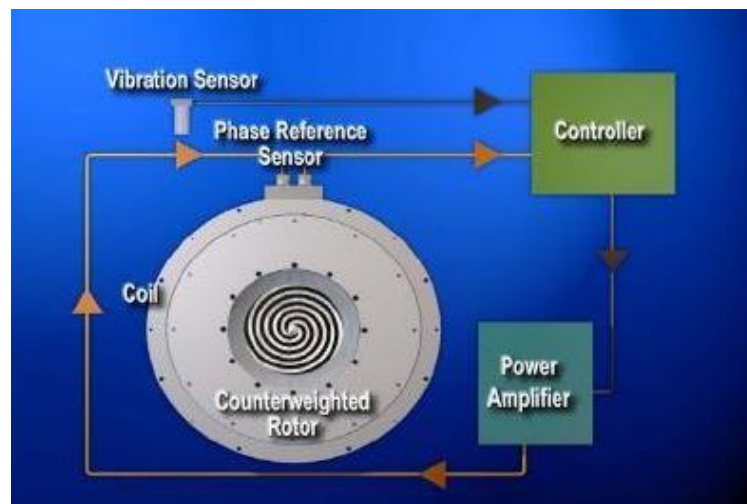


Fig. 4. The “LORD Corporation” company’s on-line balancing device

One of the constraints to the development of active OBDs was the lack of relatively cheap high-performance control systems. That’s why such OBDs were rather bulky and expensive. Now, thanks to development of computer technology, this limit virtually ceased to exist. Today it is easy to find sensors and high-speed controllers for processing signals from the sensors and generating control signals, as well as driving mechanisms for

moving balancing weights. That's why further development of these devices is a very prospective line in designing vibration protection for equipment.

References

1. Gorbunov B.I., Gusev V.G. Balancing devices of abrasive wheel grinder – M., «Engineering». 1976.
2. Hayes S.V., Kaliszer H.A. A new method for centrifugal balancing of spindles revolving in their own bearings. Advances in machine tool design and research. Proceedings of the 5 th international M.T.D.R. conference university of Birmingham, 1964, p. 89-116.
3. Pertrukha P.G., Kolosov U.A., Smirnov U.I. Stand for balancing of grinder wheel. «Machines and tools», 1972, №1, pp 26-27.
4. Kravchenko V.I. Selection parameters of ball automatic device to nomograms// Journal of engineering. 1983. - №7. – pp 27-28.
5. Chong-Won Lee Mechatronics in Rotating Machinery//7th IFToMM-Conference on Rotor Dynamics, Vienna, Austria, 25-28 September 2006
6. Branislav Hredzak, Guoxiao Guo Adjustable Balancer With Electromagnetic Release of Balancing Members//IEEE transactions on magnetics, vol. 42, no. 5, may 2006
7. Haitao OU, Yupu YANG, Measurement and Control Technology, 2000,19(3):51-53 (In Chinese).
8. Changhe Li, Suoxian Yuan, Shichao Xiu etc. new technology and new technology, 2004,5:29-31
9. (In Chinese).
10. Ji-guang HAN , Gui-cheng WANG. Journal of Xuzhou Normal University(Natural ScienceEdition), 2007,25(1):65-68 (In Chinese).

FUZZY CONTROL MODES MODELLING OF THE AUTOMATED PUMPING STATION OF THE OIL AND GAS TRANSPORTATION SYSTEM

Sagdatullin A.

Ufa State Oil Technical University, Sterlitamak

*Scientific adviser: Elena Muravyova, Doctor of Technical Sciences,
Automated technology and information systems dept., Branch of Ufa State
Oil Technical University, Sterlitamak, Russian Federation*

INTRODUCTION

Pumps and pump plants of collection systems, seam pressure maintenance, transportation and preconditioning of oil are important objects in the oil and gas sector, as they provide:

- collection and primary preconditioning of wells on the booster pump plant (BPP), in close proximity to the automated group measuring units (AGMU);
- preconditioning of process water on the initial water separation installation (IWSI) and its further pumping on to cluster pump plants (CPP);
- providing metrological indicators of measuring units of product quantity and quality of wells at each stage;
- transportation of commercial oil from the oil preconditioning unit (OPU) into the main pipelines by means of oil-pumping plants (OPP) located at distances up to 15 km.

Consequently, the problem of energy saving and higher efficiency of pump plants of collection system, seam pressure maintenance, transportation and preconditioning is topical. The solution of this problem is possible through the development and application of new automation systems for the above mentioned processes because analysis of the traditional schemes of processes control at refining and petrochemical enterprises based on proportional-integral-differential (PID) controllers showed that at the most complicated control objects the traditional PID controllers are not sufficiently effective owing to a number of features of these processes progress.

CONCEPTUAL MODEL OF BOOSTER PUMPING STATION

The process diagram of said pump plant incorporates two asynchronous electric motors (AM), the frequency converter, microprocessor controller, centrifugal pumps (main P-1 and standby P-2), pipe fittings and tank (E-3).

The programmable logic controller is the basis of BPP automation system and it performs both mathematical and logical operations being needed to either control the oil transport process or to control (PID controller), depending on the dynamics of the plant operation processes progress. However, PID controllers which are the basis of automated electric drives systems with frequency converters, cannot provide high quality control by nonlinear technological processes which include BPP objects. Consequently, energy consumption increases and energy-saving effect is greatly reduced due to the introduction of VFD. Figure 1 shows a booster pump plant conceptual model.

Input variables are: Q_6 – flow rate through valve 6 (Figure 1) of incoming emulsion to tank from BPP-1s, Q_{17} – flow rate through valve 17 of the incoming emulsion to the tank from POGP-1, Q_{18} – flow rate through valve 18 of the incoming emulsion to the tank from tank VST-1, ω_{out1} – angular velocity at the outlet of the main pump, ω_{out2} – angular velocity of the output standby pump, Q_{Σ} – total flow rate of the oil emulsion incoming to the BPP.

BPP output variables are: the liquid level in the tank L_{E3} ; Q_{out1} , P_{out1} – the flow rate and pressure respectively on the outlet of the main pump $P-1$; Q_{out2} , P_{out2} – the flow rate and pressure respectively on the outlet of the standby pump $P-2$; $f_1(*)$ and $f_2(*)$ – the conversion function P_{out1} and P_{out2} depending on Q_{out1} and Q_{out2} , Q_1 , Q_2 – feedback channels, composed of separate flow rate values Q_{out1} and Q_{out2} on pump $P-1$ and $P-2$ outlets.

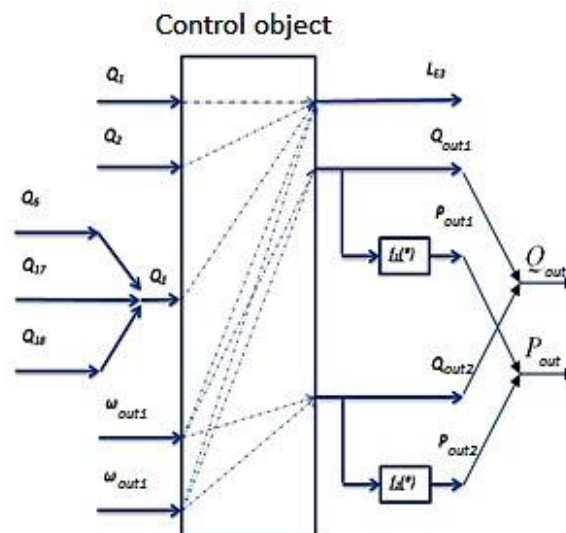


Fig. 1. Booster pump station conceptual model, where: Q_{out} , P_{out} – flow rate and pressure at the BPP outlet, made up of individual flow rates Q_1 , Q_2 and pressure values P_1 , P_2 – on pumps $P-1$ and $P-2$ outlets

The dependence of the pump pressure head and flow rate on the angular velocity of the motor is described by the following nonlinear expression:

$$H = \frac{H_F}{\omega_N^2} \omega^2 - S_F Q^2, \quad (1)$$

where H_F – hypothetical static pressure head, m; S_F – hypothetical hydraulic pump resistance, s^2/m^5 ; Q – pump feed (amount of fluid pumped by the pump per unit of time), m^3/s ; ω and ω_N – current and nominal rotational speed of the pump shaft, respectively. Figure 1 shows that output function $L_{E3} = f(Q_6, Q_{17}, Q_{18}, Q_1, Q_2, \omega_{out1}, \omega_{out2})$ is a function of seven arguments whereas functions $P_{out1} = f_1(\omega_{out1}, \omega_{out2})$, $P_{out2} = f_2(\omega_{out1}, \omega_{out2})$, $Q_{out1} = f_3(\omega_{out1}, \omega_{out2})$ and $Q_{out2} = f_4(\omega_{out1}, \omega_{out2})$ are those of two arguments. Therefore the pump plant in question can be characterized as a multilinked nonlinear control object with dimension equal to three.

It follows that the booster pump plant controlled parameters are: the level in the tank L_{E3} , pressure (P_{out1}, P_{out2}) and flow rate (Q_{out1}, Q_{out2}) on output pipelines. The level in the BPP tank should be maintained at 2.5 meters (tank height is 5 m, length is 10.2 m and a capacity is $200 m^3$).

LOGICAL DIAGRAM OF PUMPING STATION PROCESS CONTROL

In order to improve the control quality of the pump plant the prerequisite is fast response of the electric motor speed and controlled valves displacement to external interferences and ensuring certain preset values of controlled parameters (flow rate, pressure head and level).

The continuous variation of the oil supply to this pump plant leads to oscillations in oil pressure and flow rate in the pipeline, which reduces the process control quality. In consequence of which PID controllers require periodic and time-taking adjustment the consequence of which being that operating costs of the control system tend to increase. Energy efficiency and control process quality to boost it is suggested to use a multi-dimensional discrete logic controller, whose input and output variables are represented by a set of terms of rectangular shape of the membership function, i.e. discrete terms.

Consequently, according to this expression the parameter value L_{E3} is maintained at 2.5 m level with error of ± 0.25 m and to compensate the other control loops for parameter L_{E3} into production rules consequents certain discrete terms $L_{E3\kappa1} \div L_{E3\kappa16}$ are introduced. The production rules system relating to controlled parameters L_{E3}, Q_{out}, P_{out} , is built using the similar structure.

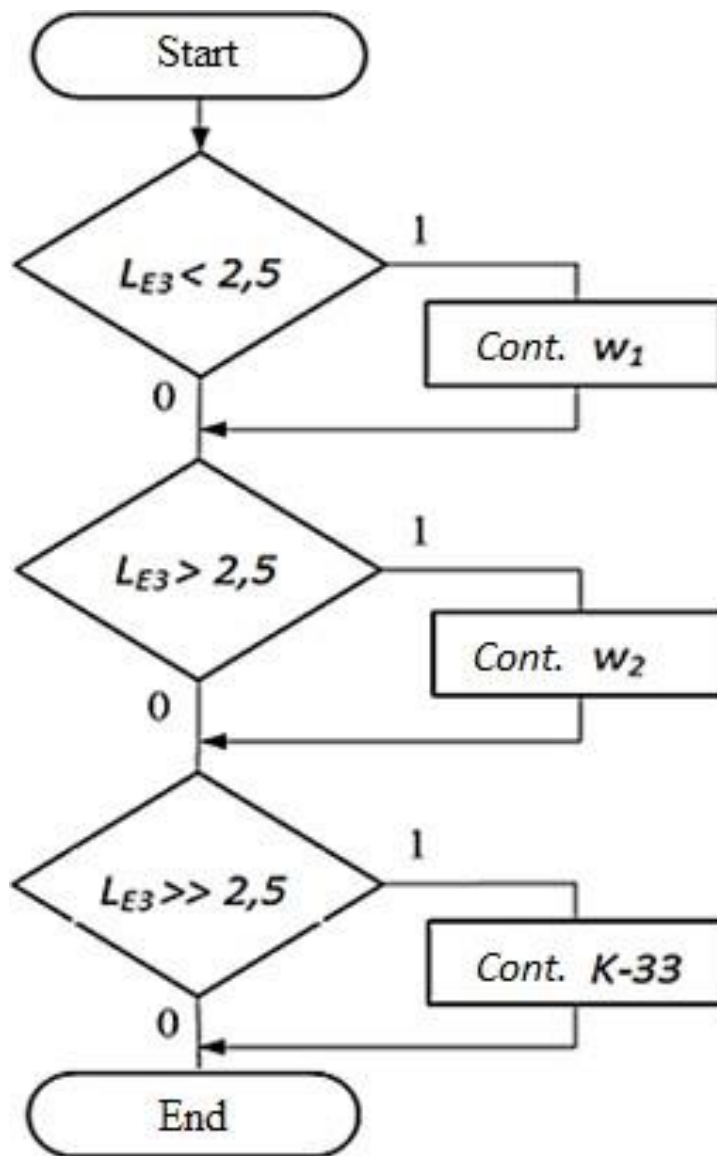


Fig. 2. Logical diagram of pump station control process

CONCLUSION

In this paper, the electric pumping station control system is proposed based on three-dimensional fuzzy logic controller, whose input and output variables are represented by a set of rectangular shape membership functions terms. This system enables to stabilize the oil level at 2.5 m with an absolute error ± 0.2 m, as well as to improve the preconditioning quality of oil emulsion on oil preconditioning plant.

Literature References

1. Vasilyev V.I., Ilyasov B.G. Intelligent control systems. Theory and Practice: Textbook. – M.: Radiotekhnika, 2009. – 392 p.
2. Muravyova E.A., Kayashev A.I., Gabitov R.F. The precise logic controller for process control. RF patent № 2445669. Published on: 3/20/2012. Bulletin. Number 8.
3. Leonenkov A.V. Fuzzy Simulation in MATLAB and Fuzzy TECH.-SPb.: BHV-Petersburg, 2005. – 736 p.
4. A. M. Sagdatullin, A. I. Kayashev, A. A. Emekeev, Russia patent no. 140350, application № 2013151910/07 (080943), The unit for soft start and control of operating modes of the group high-voltage asynchronous motors (in Russian), Published in 10.05.2014, Bull. No. 13.
5. A. M. Sagdatullin, A. A. Emekeev, E. A. Muraveva, “The system-integrative approach to the automation of design and control of oil and gas deposits development,” (in Russian) Oil Industry, 2015, no. 3. pp. 92-95.
6. Artur Sagdatullin, Alexander Emekeev, Elena Muravyova. Intellectual Control of Oil and Gas transportation system by Multidimensional Fuzzy Controllers with Precise Terms // Applied Mechanics and Materials. Vol. 756 (2015). pp. 633-639. (2015) Trans Tech Publications, Switzerland doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.756.633.
7. A. M. Sagdatullin, “Optimization of oil and associated gas transportation processes by Automated electric drive introduction,” Proceedings from WSPC’ 2013: WEST-SIBERIAN PETROLEUM CONFERENCE. Innovative technologies in oil and gas industry: the book of science papers of 7th Annual Science-Technical Conference of TSOGU SPE Student Chapter. Tyumen, Russian Federation, 2013, May 17-19, pp. 55–56.

Научное издание
**Ресурсоэффективные системы
в управлении и контроле:
взгляд в будущее**


*Сборник научных трудов
IV Международной конференции школьников, студентов,
аспирантов, молодых ученых*

Издано в авторской редакции

Компьютерная верстка *О.В. Гальцева*

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**
Подписано к печати 10.11.2015. Формат 60x84/8. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 34,7. Уч.-изд. л. 31,4.
Заказ 1264 Тираж 100 экз.

Национальный исследовательский Томский
политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета
сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS
EN ISO 9001:2008

ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru