

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

МАШИНОСТРОЕНИЯ

(институт)

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Системы управления производственной, промышленной и экологической
безопасностью

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Исследование путей повышения эксплуатационной безопасности
объектов энергетической отрасли

Студент(ка)	<u>В.Г. Алексеев</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Научный руководитель	<u>Т.Ю. Фрезе</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Нормоконтроль	<u>С.В. Грачева</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

Руководитель программы д.п.н., профессор Л.Н.Горина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

«26» мая 2016г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.п.н., профессор Л.Н.Горина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

«26» мая 2016г.

Тольятти 2016

Реферат.

Отчет 107 с., 3 ч., 8 рис., 4 табл., 48 источников.

Исследование путей повышения эксплуатационной безопасности объектов энергетической отрасли.

Ключевые слова: эксплуатация, концепция, экспертиза промышленной безопасности, неразрушающий контроль, техническое диагностирование, мониторинг, пред разрушающее состояние, объект энергетической отрасли, напряженно-деформированное состояние, терминдикаторная краска, информативность.

Объектом исследования являются теплоэнергетическое оборудование ТЭЦ ВАЗа таких элементов как трубопроводы в пределах котла с наружным диаметром 100 мм и более, коллекторы.

Цель работы - разработать метод дистанционной мониторинговой диагностики в системе неразрушающего контроля для повышения эксплуатационной безопасности объектов энергетической отрасли.

В процессе работы проводились теоритические исследования отдельных узлов установок, таких как трубопроводы в пределах котла с наружным диаметром 100 мм и более, коллекторы.

В результате исследования впервые был теоритически опробован метод определения напряженно-деформированного состояния объекта, с помощью термочувствительной краски.

Основные конструктивные и технико-эксплуатационные показатели: высокая достоверность определения напряженно-деформированного состояния объекта

Степень внедрения - теоритическая апробация.

Эффективность метода позволяет оперативно, бесконтактно и дистанционно выявить опасные зоны объекта, которые потенциально являются очагами чрезмерных пластических деформаций и возникновения макротрещин, является высоко оперативным методом, обладающим малыми погрешностями

определения опасных зон, позволяет автоматизировать процессы измерения и обеспечивает возможность использования мониторинговых подходов в съемке и обработке информации, обладает высокой производительностью диагностики предельных состояний контролируемого объекта, имеет высокую информативность при выполнении диагностических операций и обработки полученной информации.

В настоящее время разработанный метод технической мониторинговой диагностики является достаточно дорогостоящим методом, но при этом наиболее эффективным из всех существующих и имеет большую перспективу в будущем, для дальнейших научных разработок и практического применения во многих отраслях промышленности.

СОДЕРЖАНИЕ

Реферат.....	2
Определения.....	6
Обозначения и сокращения.....	10
Введение.....	12
Глава.1 Анализ современного состояния методологии диагностики безопасной эксплуатации опасных производственных объектов энергетической отрасли.....	16
1.1 Зарубежные общества неразрушающего контроля и технической диагностики.....	16
1.2 История создания неразрушающего контроля и технической диагностики.....	20
1.3 Концепция управления Системой неразрушающего контроля и основные направления ее совершенствования.....	24
1.4 Нормативно-правовая база в области неразрушающего контроля.....	27
1.5 Разрушающий и неразрушающий контроль на опасном производственном объекте.....	29
1.6 Анализ необходимости Технического диагностирования.....	32
1.7 Основные причины организации систем диагностического мониторинга на объектах энергетики.....	34
Глава 2 Анализ методов технической диагностики состояния опасных производственных объектов энергетической отрасли.....	38
2.1 Исследование методов и разработка мероприятий по повышению безопасности эксплуатации объекта энергетической отрасли.....	38

2.2 Магнитный.....	38
2.3 Вихретоковый.....	42
2.4 Тепловой контроль.....	44
2.5 Акустико-эмиссионный.....	48
2.6 Недостатки базовых неразрушающих методов контроля.....	53
2.7 Тензоиндикаторный метод контроля.....	54
2.8 Способ определения деформации термочувствительным веществом.....	57
Глава 3 Разработка методики индикации предразрушающего состояния объекта в энергетической отрасли.....	62
3.1 Характеристика производственного объекта.....	62
3.2 Характеристика основного оборудования ТЭЦ ваза.....	64
3.3 Нормативно правовая база по безопасной эксплуатации ТЭЦ ваза.....	69
3.4 Анализ безопасной эксплуатации оборудования на ТЭЦ ваза.....	75
3.5 Анализ существующей диагностики оборудования на ТЭЦ ВАЗа.....	78
3.6 Визуально-оптический контроль и визуальный осмотр.....	80
3.7 Ультразвуковой контроль.....	80
3.8 Магнитопорошковый метод контроля.....	85
3.9 Внедрение предложенного метода диагностики оборудования на ТЭЦ ВАЗа.....	89
Заключение.....	95
Список использованной литературы.....	98

Определения

В настоящей магистерской диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями.

Авария - разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ.

Деформация – изменение размеров, формы и конфигурации тела в результате действия внешних или внутренних сил.

Деаэратор - техническое устройство, реализующее процесс некоторой жидкости (обычно воды или жидкого топлива), то есть её очистки от присутствующих в ней нежелательных газовых примесей.

Единая энергосистема - совокупность объединенных энергосистем, соединенных межсистемными связями, охватывающая значительную часть территории страны при общем режиме работы и имеющая диспетчерское управление.

Инцидент - отказ или повреждение технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, отклонение от установленного режима технологического процесса.

Индикатор - прибор, устройство, информационная система, вещество, объект, отображающий изменения какого-либо параметра контролируемого процесса или состояния объекта в форме, наиболее удобной для непосредственного восприятия человеком визуально, акустически, тактильно или другим легко интерпретируемым способом.

Катастрофа - происшествие, возникшее в результате природной или техногенной чрезвычайной ситуации, повлекшее за собой гибель людей или какие-либо непоправимые последствия в истории того или иного объекта.

Котлоагрегат - котельный агрегат, конструктивно объединённый в единое целое комплекс устройств для получения под давлением пара или горячей воды за счёт сжигания топлива

Напряженно-деформированное состояние - совокупность внутренних напряжений и деформаций, возникающих при действии на материальное тело внешних нагрузок, температурных полей и других факторов.

Наработка - продолжительность или объем работы объекта, измеряемая в часах, мото - часах, гектарах, километрах пробега, циклов включений и др.

Несплошность - нарушение однородности материала, вызывающее скачкообразное изменение его акустических характеристик плотности, скорости звука, волнового сопротивления.

Неразрушающий контроль – это совокупность различных методов, позволяющих измерять и контролировать качество и технические характеристики изделий и конструкций, не внося изменений в их свойства.

Опасные производственные объекты – объекты на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества.

Промышленная безопасность опасных производственных объектов (далее - промышленная безопасность, безопасность опасных производственных объектов) - состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий

Парковый ресурс - наработка однотипных по конструкции, маркам стали и условиям эксплуатации элементов теплоэнергетического оборудования, в пределах которой обеспечивается их безаварийная работа при соблюдении требований действующей нормативной документации

Риск - это возможность возникновения неблагоприятной ситуации или неудачного исхода производственно-хозяйственной или какой-либо другой деятельности.

Система управления промышленной безопасностью - комплекс взаимосвязанных организационных и технических мероприятий, осуществляемых организацией, эксплуатирующей опасные производственные объекты, в целях предупреждения аварий и инцидентов на опасных производственных объектах, локализации и ликвидации последствий таких аварий

Суспензия - смесь веществ, где твёрдое вещество распределено в виде мельчайших частиц в жидком веществе во взвешенном (не осевшем) состоянии.

Технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте, - машины, технологическое оборудование, системы машин и (или) оборудования, агрегаты, аппаратура, механизмы, применяемые при эксплуатации опасного производственного объекта.

Термочувствительные вещество - вещество, меняющие цвет в зависимости от температуры

Топливо-энергетический комплекс - это совокупность отраслей экономики России, связанных с производством и распределением энергии в её различных видах и формах

Теплоэнергетика - отрасль теплотехники, занимающаяся преобразованием теплоты в другие виды энергии, главным образом в механическую и через неё в электрическую

Теплоэлектростанция - (или тепловая электрическая станция) - электростанция, вырабатывающая электрическую энергию за счет преобразования химической энергии топлива в механическую энергию вращения вала электрогенератора (при помощи котельной установки и паровой турбины).

Ультразвук - упругие звуковые колебания высокой частоты.

Чрезвычайная ситуация - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Экспертиза промышленной безопасности - определение соответствия объектов экспертизы промышленной безопасности, предъявляемым к ним требованиям промышленной безопасности;

Эксперт в области промышленной безопасности - физическое лицо, аттестованное в установленном Правительством Российской Федерации порядке, которое обладает специальными познаниями в области промышленной безопасности, соответствует требованиям, установленным федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности, и участвует в проведении экспертизы промышленной безопасности.

Энергетика - отрасль промышленности, охватывающая выработку, передачу и сбыт потребителям электрической и тепловой энергии.

Обозначения и сокращения

ГЭС - Гидроэлектростанция.

НК - Неразрушающий контроль.

EFNDT- Европейская Федерация Неразрушающего Контроля

СССР - Союз Советских Социалистических Республик.

РОНКТД - Российское общество неразрушающего контроля и технической диагностики.

ОСНК - Общественный союз неразрушающего контроля.

СМ - Совет министров.

СУ - Система управления.

АН - Академия наук.

МНПО - Межведомственное научное производственное объединение.

ЧСФР - Чешская Социалистическая Федеративная Республика.

РАН - Российская академия наук.

ФЗ - Федеральный закон.

ВИК - Визуальный и измерительный контроль.

ГОСТ - Государственный стандарт.

ОПО - Опасный производственный объект.

РД - Руководящий документ.

ПБ - Пожарная безопасность.

АЭ - Акустико-эмиссионный.

ВИК -Визуальный измерительный контроль.

ТЭЦ - теплоэлектроцентраль.

ГРЭС - Гидроэлектростанция.

ВАЗ - Волжский автомобильный завод.

УЗК - Ультразвуковой контроль.

ТД -Техническая диагностика.

КВГМ - Котел водогрейный.

ПТВМ - Пиковый теплофикационный водогрейный котел типа.

ТГМ - Тепло генератор.

Гном - Номинальная пар производительность.

Р_о - Давление перегретого пара.

Р_б - Давление в барабане.

Т_о - Температура перегретого пара.

Т_{пит.в.} - Температура питательной воды.

ВВЕДЕНИЕ

Энергетическая отрасль является мощной базой для развития абсолютно всех отраслей народного хозяйства, и от уровня ее развития во многом зависят темпы, масштабы и экономические показатели общественного производства.

Одним из важнейших условий устойчивого развития страны и повышения качества жизни населения - безопасное функционирование соответствующее экологическим требованиям, оснащенного передовыми технологиями топливно-энергетического комплекса.

Большинство объектов энергетики (энергогенерирующие объекты, энергопотребляющие объекты и др.) эксплуатируются в сложных технологических условиях, таких как высокие температура, давление, и являются сложными техническими системами, состоящими из отдельных узлов, деталей, агрегатов, устройств контроля, управления, которые в свою очередь совершенствуются и модернизируются.

Совершенствование конструктивных параметров оборудования, свойств материалов и технологических процессов энергетических производств делает актуальной проблемой по разработке и совершенствованию методик определения качественных свойств материалов технологического оборудования, повышению предельного ресурса эксплуатации высоконагруженных энергетических объектов.

Практика показывает, что основные инциденты и аварии происходят в процессе эксплуатации, оборудования, технических средств по различным причинам: это оборудование, выработавшее свой ресурс, и отсутствие надежных технологических систем и средств защиты, имеет место и низкая производственная дисциплина персонала, недостатки надзора и контроля со стороны контролирующих органов.

Особо важно отметить, что большую роль играет недостаточная и несвоевременная информация о качестве технического состояния

эксплуатируемого объекта в процессе его эксплуатации.

Опыт эксплуатации высоконагруженных промышленных энергетических объектов показывает, что при увеличении надежности и достоверности диагностики технического состояния, своевременной информации о качестве технического состояния эксплуатируемого объекта, в процессе его эксплуатации, позволяет снизить риск аварии, обеспечить промышленную безопасность и прогнозировать ресурс работающего объекта.

Поэтому создание эффективного мониторингового метода, несущего в себе качественную и количественную диагностическую информацию эксплуатационного состояния объекта, позволяющего оценить техническое состояние объекта, выявить области повышенных напряжений и деформаций, рассчитать величину напряжений и деформаций, оценить возможность образования и роста дефектов, является основной целью неразрушающего контроля, имеющей большое значение в безопасной эксплуатации высоконагруженных энергетических объектов[36].

В настоящее время система неразрушающего контроля совершенствуется и берет на вооружение более новые разработки и методики, предлагаемые отечественными и зарубежными компаниями, рассматривает выдвигаемые гипотезы о том, что мониторинговая техническая диагностика определения деформационных свойств объектов в процессе эксплуатации оборудования над базовыми методами превосходит по многим параметрам.

В своей диссертационной работе я ставлю цель изучить и разработать метод дистанционной мониторинговой диагностики в системе неразрушающего контроля для повышения эксплуатационной безопасности объектов энергетической отрасли:

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ современного состояния методологии диагностики безопасной эксплуатации опасных производственных объектов энергетической

отрасли.

2. Исследовать необходимость разработки мониторингового метода технической диагностики опасных производственных объектов энергетической отрасли в сфере неразрушающего контроля.

3. Разработать методику мониторинговой диагностики индикации пред разрушающего состояния объекта в энергетической отрасли.

Научная новизна заключается:

1. Разработана методика постоянного дистанционного мониторинга за деформационным состоянием объекта в процессе его эксплуатации.

2. Получена информация о разрушении материала объекта приблизившегося к предельному напряженно-деформационному состоянию в реальном времени.

3. Проведены и получены расчетные данные о напряженно-деформированном состоянии материала объекта в автоматическом режиме с помощью компьютерных программ «Temper-3d» «ANSYS » «ARAMIS» в режиме реального времени, и выведении их на монитор компьютера в режиме реального времени.

Теоритическая значимость данного исследования заключается в том, что разработанная методика дистанционной мониторинговой диагностики в системе неразрушающего контроля, может быть использована для разработок более новых методик определения деформационных свойств материалов.

Практическая значимость данного исследования заключается в том, что применении данной методики на производстве повысит эксплуатационную безопасность объектов энергетической отрасли, позволит значительно сократить риск аварии промышленных объектов, дать раннюю информацию о приближении разрушения материалов технических устройств,

Положения, выносимые на защиту:

1. Обоснование необходимости разработки дистанционного мониторингового диагностического метода, в процессе эксплуатации

оборудования, позволяющего оценить техническое состояние машины в целом или ее элементов без разборки, а также составить прогноз возможного появления тех или иных неисправностей и времени возникновения отказов, позволяющего своевременно принять меры по устранению выявленных неисправностей.

2. Исследование методов и разработка мероприятий по повышению безопасности эксплуатации объекта энергетической отрасли.

3. Сравнительный анализ базовых методов технической диагностики и предложенных разработок в области неразрушающего контроля на опасных производственных объектах.

4. Разработка методики индикации пред - разрушающего состояния объекта в энергетической отрасли.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Глава 1 Анализ современного состояния методологии диагностики безопасной эксплуатации опасных производственных объектов энергетической отрасли

1.1 Зарубежные общества неразрушающего контроля и технической диагностики

“EFNDT (European Federation for Non Destructive Testing - Европейская Федерация Неразрушающего Контроля)

Была основана в 1998 году на 7-й Европейской конференции по неразрушающему контролю в Копенгагене.

Основная цель EFNDT заключается в объединении ресурсов отдельных национальных обществ и организаций в области НК в Европе, чтобы более весомо и значимо выразить свое мнение от лица профессионального сообщества в индустрии неразрушающего контроля, среди специалистов неразрушающего контроля могли и в обществе в целом.

Для достижения этой цели EFNDT выполняет следующие задачи

- пропагандирует важность исследований в области НК и связанных областях, разработок, обучения, аттестации и аккредитации с целью повышения надежности и безопасности промышленных и других объектов, которые связаны с повседневной жизнедеятельностью людей;

- развивает связи между обществами неразрушающего контроля в Европе и другими организациями, заинтересованными в НК;

- представляет европейское сообщество НК на встречах с Европейской Комиссией и другими профильными органами;

- организует конференции и семинары, в том числе Европейскую конференцию по неразрушающему контролю;
- организует рабочие группы и проводит исследования в области неразрушающего контроля;
- обеспечивает поддержку обучения и сертификации;
- содействует реализации проектов;
- поддерживает систему сертификации персонала и/или организаций в Европе.

EFNDT объединяет более 40 национальных обществ неразрушающего контроля”[6].

В членство EFNDT входят такие общества как:

“Немецкое общество неразрушающего контроля и технической диагностики — DGZFP

DGZFP) - это некоммерческая организация, координирующая всю деятельность связанную с неразрушающим контролем в Германии. В обществе состоят более 500 компаний, среди которых крупнейшие компании-производители оборудования неразрушающего контроля, научно-исследовательские институты, университеты, государственные органы и более 1000 частных международных компаний, занятых в области неразрушающего контроля[2].

Обширная программа обучения и переподготовки персонала ассоциации DGZFP является самой большой в Европе образовательной площадкой отрасли НК.

В 1994 году аккредитована немецким национальным органом сертификации персонала DAKKS, это даёт право выдавать обучающимся международные сертификаты, соответствующие стандартам EN 473 и ISO 9712. DGZFP поощряет международное взаимодействие исследовательских институтов и производителей оборудования НК и поставщиков услуг, организуя международные тематические конференции”[2].

“Итальянское общество неразрушающего контроля — AIPND

Итальянское некоммерческое общество по неразрушающему контролю и мониторингу диагностики AIPND (Associazione Italiana Prove non Distruttive) создано в мае 1979 года в Брешиа, Италия 12 экспертами в области НК.

Три основных цели организации:

- содействие развитию научно-технической базы при помощи информационной поддержки и образовательных программ;
- проверка деятельности специалистов, работающих в отрасли;
- содействие обмену идеями и опытом между членами международных организаций по неразрушающему контролю.

Спонсирует обучающие курсы для школ и университетов.

AIPND регулярно участвует в мероприятиях, организуемых во всем мире: США, Канада, Бразилия, Франция, Белоруссия, Россия, Австрия, Хорватия, Израиль, Великобритания, Китай, Испания, Польша, Чехия и Германия”[3].

“Швейцарское общество неразрушающего контроля — SGZP

Швейцарское общество по неразрушающему контролю является объединением, работающим по гражданскому кодексу Швейцарии. Полноправный член Европейской федерации по неразрушающему контролю (EFNDT).

Цель SGZP заключается в содействии и развитии неразрушающего контроля в Швейцарии и ЕС.

Основные направления деятельности:

- распространение научно-технических знаний и практик по неразрушающему контролю и технической диагностике;
- обучение и подготовка специалистов, профессиональная переподготовка кадров,
- содействие сотрудничеству и обмену опытом между профессионалами, владеющими различными методами неразрушающего контроля;
- поддержка национальных и международных контактов между производителями оборудования НК, поставщиками, компаниями, занимающимися сервисным обслуживанием и услугами по обследованию с применением методов неразрушающего контроля;
- сертификация персонала и аккредитация” [4].

“Австрийское общество неразрушающего контроля является держателем фонда ICNDT (International Committee For Nondestructive Testing) - Международный комитет по неразрушающему контролю.

Некоммерческая организация основана в 1978 году в Австрии.

Миссия организации - быть связующим звеном между бизнесом, промышленностью, учреждениями и обучающими центрами в области НК в Австрии”[5].

РОНКТД (Российское общество неразрушающего контроля) является полным членом Европейской федерации по неразрушающему контролю

Некоммерческая общественная организация РОНКТД (RSNTTD) объединяет специалистов и компании занимающиеся производством,

поставками, сервисом, стандартизацией и научными разработками в области неразрушающего контроля.

Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике зарегистрировано в 1996 году Министерством юстиции Российской Федерации.

Именно РОНКТД является центром для организаций и специалистов, заинтересованных в НК и ТД[6].

1.2 История создания неразрушающего контроля и технической диагностики

“Документированную историю Российского Общества по неразрушающему контролю можно начать с упоминания о том, что в 1937 г.

Под председательством академика В. Ф. Миткевича прошло первое всесоюзное совещание по методам неразрушающего контроля (НК), на котором среди других принятых решений по развитию НК в частности, обращалось особое внимание на необходимость проведения работ в области теории методов электромагнитного контроля.

В качестве следующего значительного события отметим проведенную в ноябре 1958 г. В Москве по инициативе Государственного научно-технического комитета СССР научно-техническую конференцию по методам неразрушающего контроля сварных соединений.

В 1963 г. При Государственном комитете Совета Министров СССР по науке и технике был создан Научный совет по проблеме "Новые процессы сварки и сварные конструкции" под председательством академика Б. Е. Патона. В составе совета начала работать секция по неразрушающим методам контроля

качества сварных соединений под председательством Н. В. Химченко и В. А. Троицкого. Первое заседание Научного совета состоялось 28 сентября 1963 г. в г. Киеве.

В 1970 г. Секцией подготовлен прогноз развития методов и средств неразрушающего контроля сварных соединений и Постановление Государственного комитета СМ СССР по науке и технике, в котором значительное внимание было уделено механизации и автоматизации неразрушающих методов контроля, вопросам стандартизации и подготовке специалистов.

Основные положения этих документов вошли в Постановление СМ СССР "Об ускорении технического прогресса и дальнейшем повышении труда в сварочном производстве" ("Сварка в СССР". Т. 2. М.: Наука, 1981).

РОНКТД в его современном виде является правопреемником Общества СССР по неразрушающему контролю (ОСНК).

ОСНК было создано в 1989) на базе научных советов Академии СССР "Автоматизированные СУ испытаний и диагностики" и "Неразрушающие физические методы контроля" Координационного Совета по проблеме "Неразрушающий контроль" Государственного комитета по образованию СССР комиссий по неразрушающему контролю, комитета стандартов СССР и других общественных, научных и промышленных предприятий.

В сентябре 1989 г. Состоялся Учредительный съезд ОСНК, который принял Устав и утвердил организационную структуру Общества.

Главной задачей ОСНК является развитие творческой активности своих членов безотносительно к их ведомственной или отраслевой принадлежности, удовлетворение их научных и профессиональных интересов в области дефектоскопии и неразрушающего контроля, информационного обеспечения,

эффективное использование кооперации интеллектуальных и производительных сил в ускорении научно-технического прогресса.

ОСНК ставит своей целью также активизацию международных контактов и сотрудничества для комплексного решения проблемы повышения качества и надежности промышленных изделий.

Президентом ОСНК был избран чл.-корр. АН СССР, Генеральный директор МНПО "Спектр" В. В. Клюев.

Для проведения подготовки и аттестации специалистов по неразрушающему контролю была создана сеть центров по подготовке и аттестации специалистов - Международный учебно-научный Центр неразрушающего контроля и технической диагностики при МНПО "Спектр", учебные центры при Институте мостов в Ленинграде, Московском государственном техническом университете им. Баумана в Москве, Институте физики металлов в Екатеринбурге, Томском политехническом институте в Томске, Нижне-Новгородском политехническом институте в Дзержинске, а также в ряде крупнейших учебных и промышленных предприятий.

Программа обучения и аттестации специалистов по неразрушающему контролю и технической диагностике в СССР предусматривала подготовку 500 специалистов III уровня, 10 тысяч II уровня и 100 тысяч I уровня.

По инициативе ОСНК был открыт учебно-научный Центр неразрушающих испытаний при ВУТ в г. Брно (ЧСФР).

В открытии Центра приняли участие представители Итальянского и Канадского обществ неразрушающего контроля, а также представители промышленных и научных организаций ЧСФР, Германии, Болгарии.

Российское общество неразрушающего контроля и технической диагностики является правопреемником ОСНК по обязательствам перед

членами Общества, и договорам о профессиональном сотрудничестве с национальными обществами других стран.

Предусмотрена возможность добровольного членства в Российском обществе неразрушающего контроля и технической диагностики в качестве коллективных членов промышленных, научно-исследовательских и учебных организаций республик, не входящих в состав России.

В соответствии с решением конференции уточнен устав Общества, в текст которого внесены изменения, связанные с новыми условиями осуществления деятельности научно-технических обществ на территории России.

Первый съезд Российского общества неразрушающего контроля и технической диагностики состоялся 6 декабря 1991 г. в г. Москве. На съезде были определены руководящие органы Общества: Центральное правление РОНКТД в составе 67 человек, президиум Центрального правления в составе 27 человек.

В состав бюро центрального правления вошло семь человек, председателем РОНКТД избран чл.-корр. РАН В. В. Клюев. Его заместителями стали чл.-корр. РАН В. Е. Щербинин, Н. П. Алешин, А. К. Гурвич, В. Г. Фирстов. В состав бюро РОНКТД также введены Н. С. Данилин и В. П. Вавилов.

15 ноября 1996 г. Министерство юстиции Российской Федерации зарегистрировало РОНКТД как общероссийскую организацию (свидетельство № 3313). Эта регистрация была связана с тем, что в 1995 г.

Вышел закон РФ об Общественных Организациях.

Одно из требований закона - наличие региональных отделений общественной организации в более чем половине субъектов Российской Федерации.

В результате проведенной работы были созданы региональные отделения РОНКТД в большинстве субъектов Российской Федерации.

Создание отделений - исключительно важное и полезное дело, позволяющее поднять уровень неразрушающего контроля и диагностики в России.

Поэтому работа по созданию отделений РОНКТД продолжается.

РОНКТД было провозглашено открытым обществом для институтов, фабрик и заводов, производств и компаний, отдельных специалистов, заинтересованных в неразрушающем контроле и технической диагностике.

Членами общества являются практически все основные организации нефтяной, газовой, металлургической, аэрокосмической, химической и других отраслей промышленности, транспорта России, а также институты, разрабатывающие средства неразрушающего контроля и диагностики, и их производители, учебные институты и т.д., а также все ведущие специалисты в этой области.

Имеются зарубежные партнеры и индивидуальные члены РОНКТД.

Главная цель РОНКТД - дальнейшее развитие и внедрение методов и средств неразрушающего контроля в промышленности с целью повышения качества промышленной продукции, повышения безопасности промышленных объектов, диагностирования экологических, террористических и других в чрезвычайных ситуаций”[7].

1.3 Концепция управления Системой неразрушающего контроля и основные направления ее совершенствования.

“Активное использование неразрушающего контроля в процессе изготовления, монтажа, строительства, ремонта и эксплуатации технических

устройств, зданий и сооружений позволяет предотвратить внеплановые остановки и аварии, что особенно важно для опасных производственных объектов, так как аварии на них наносят большой вред здоровью и жизни людей, окружающей среде и приводят к значительному материальному ущербу.

Наибольшая эффективность и надежность результатов неразрушающего контроля обеспечивается комплексным подходом к его организации, представляющим собой формирование Системы неразрушающего контроля[8].

В связи с этим возникла необходимость создания Концепции управления Системой неразрушающего контроля.

Концепция предусматривает комплексный подход к вопросам обеспечения качества подготовки персонала и применяемых методических документов, организации процесса контроля, а также состояния и технического уровня используемых средств контроля.

Целью данной Концепции является определение основных задач, структуры и организационной схемы управления, а также основных направлений развития создаваемой единой системы обеспечения эффективности и достоверности неразрушающего контроля”[8].

При разработке концепции использован опыт применения Правил аттестации специалистов неразрушающего контроля, утвержденных Госгортехнадзором России 18.08.92, и результаты работы действующих аттестационных центров и пунктов, а также учтены требования национальных и международных правил и норм[8].

Проект Концепции рассмотрен на Научно - техническом совете Госгортехнадзора России, доработан в соответствии с высказанными замечаниями и одобрен коллегией Госгортехнадзора России[8].

Актуальность совершенствования неразрушающего контроля определяется следующими обстоятельствами:

- отсутствием единой системы организации и управления деятельностью подразделений неразрушающего контроля предприятий и организаций[8];

-образованием многочисленных независимых производственных структур, которые, не имея систем контроля качества, занимаются разработкой и производством средств неразрушающего контроля[8];

-необоснованным применением средств неразрушающего контроля на ряде опасных производственных объектов[8];

-развитием межгосударственных интеграционных процессов, требующих формирования единых требований и критериев оценки персонала и лабораторий неразрушающего контроля[8];

-необходимостью адаптации существующей методической документации по неразрушающему контролю к условиям применения ее на опасных производственных объектах[8];

-отсутствием единого подхода к выбору (назначению) видов, методов и средств контроля, а также к определению общих требований к методической документации по неразрушающему контролю[8];

-отсутствием системного анализа и механизмов принятия решений о целесообразности и возможности использования средств неразрушающего контроля, морально устаревших и не полностью учитывающих новейшие технические, методические и организационные достижения в области неразрушающего контроля[8];

-наличием большого количества методических документов по неразрушающему контролю, разработанных для контроля многочисленных объектов надзора, идентичных по технической и организационно - методической сущности, но имеющих разные индексы и области применения, которые целесообразно сделать едиными[8].

В последние годы возрастает роль неразрушающего контроля при изготовлении, монтаже и ремонте опасных производственных объектов.

Особенно важное значение неразрушающий контроль приобретает при проведении технического диагностирования объектов, отработавших срок службы[9].

1.4 Нормативно-правовая база в области неразрушающего контроля.

Неразрушающий контроль является составной частью экспертизы промышленной безопасности реализуемой в рамках Федерального закона от 21.07.97 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»[10].

Основной законодательной базой в область промышленной безопасности является Федеральный закон от 21.07.97 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»[10].

Настоящий Федеральный закон определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности эксплуатирующих опасные производственные объекты юридических лиц и индивидуальных предпринимателей (далее также - организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты) к локализации и ликвидации последствий указанных аварий[9].

Экспертиза промышленной безопасности отражена в Федеральном законе статьей 13и проводится, согласно приказа Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14 ноября 2013 г. N 538 г.[11].

Экспертиза промышленной безопасности определяет правила проведения экспертизы, требования к оформлению заключения экспертизы и требования к экспертам в области промышленной безопасности[11].

Экспертиза проводится с целью определения соответствия объекта экспертизы предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности и основывается на принципах независимости, объективности, всесторонности и полноты исследований, проводимых с использованием современных достижений науки и техники[12].

Техническое диагностирование, неразрушающий контроль или разрушающий контроль технических устройств, проводится для оценки фактического состояния технических устройств, в следующих случаях:

- при проведении экспертизы по истечении срока службы или при превышении количества циклов нагрузки такого технического устройства, установленных его производителем, либо при отсутствии в технической документации данных о сроке службы такого технического устройства, если фактический срок его службы превышает двадцать лет[11];

- при проведении экспертизы после проведения восстановительного ремонта после аварии или инцидента на опасном производственном объекте, в результате которых было повреждено такое техническое устройство[11];

- при обнаружении экспертами в процессе осмотра технического устройства дефектов, вызывающих сомнение в прочности конструкции, или дефектов, причину которых установить затруднительно[11];

- в иных случаях, определяемых руководителем организации, проводящей экспертизу[11].

Проведение технического контроля проводится в соответствующем порядке аттестованными лабораториями.

По результатам проведения технического диагностирования, неразрушающего контроля, разрушающего контроля технических устройств, обследования зданий и сооружений составляется акт о проведении указанных

работ, который подписывается лицами, проводившими работы, и руководителем проводившей их организации или руководителем организации проводящей экспертизу и прикладывается к заключению экспертизы[11].

Результаты экспертизы могут иметь один из четырех выводов:

- объект экспертизы соответствует требованиям промышленной безопасности[11];

- объект экспертизы не в полной мере соответствует требованиям промышленной безопасности и может быть применен при условии внесения соответствующих изменений в документацию или выполнения соответствующих мероприятий в отношении технических устройств либо зданий и сооружений[11];

- объект экспертизы не соответствует требованиям промышленной безопасности[11];

- по результатам экспертизы технического устройства, зданий и сооружений опасных производственных объектов в заключении экспертизы дополнительно приводятся расчетные и аналитические процедуры оценки и прогнозирования технического состояния объекта экспертизы, включающие определение остаточного ресурса (срока службы) с отражением в выводах заключения экспертизы установленного срока дальнейшей безопасной эксплуатации объекта экспертизы, с указанием условий дальнейшей безопасной эксплуатации[11].

1.5 Разрушающий и неразрушающий контроль на опасном производственном объекте.

Технический контроль подразделяется на разрушающий, повреждающий и неразрушающий методы контроля.

Задачами обоих видов контроля является выявление дефектов и определение пределов прочности и надежности

Разрушающий контроль – это совокупность таких видов контроля, которые требуют отбора проб или вырезки образцов непосредственно из материала объекта, при этом объект остается неработоспособным до восстановления мест отбора проб (образцов)[13].

К разрушающим видам контроля относятся:

– лабораторный химический анализ материала объекта (требует на сверловки определенного объема стружки)[13];

– металлография (исследование структуры металла объекта; требует вырезки шлифов)[13];

– лабораторные механические испытания материала объекта на растяжение, сжатие, изгиб, ударную вязкость (требует вырезки специальных образцов – темплетов)[13].

К повреждающему контролю относятся виды контроля, которые проводятся на объекте, причем сам объект сохраняет свою работоспособность, при этом на месте где был проведен контроль, остаются неустранимые следы, которые не препятствуют эксплуатации[14].

К повреждающим видам контроля, в частности, относятся:

- измерение твердости (твердометрия) вдавливанием специальных инденторов (баббитовые шарики, алмазные наконечники; на поверхности объекта остается вмятина)[15];

- стилоскопирование (оценка марки стали по составу оптического спектра вольтовой дуги, создаваемой между электродом специального прибора – стилоскопа и поверхностью объекта, на которой остается, прижег)[15].

При неразрушающем контроле исследуемый объект остается работоспособным при условии сохранения материала, который подвергался

испытаниям. Данный вид контроля можно разделить на два: неразрушающий физический контроль (с применением технически сложных устройств и приборов), а также визуальный и измерительный контроль.

Из всех видов неразрушающего контроля, применяемых на опасных производственных объектах, лишь один не относится к категории физических – это визуальный и измерительный контроль (ВИК)[15].

“Неразрушающий контроль может реализовываться с помощью поверхностных (обнаруживает поверхностные дефекты) и объемных методов (обнаруживает внутренние дефекты).

Поверхностные виды (методы) неразрушающего контроля – это такие, которые позволяют обнаруживать только дефекты, имеющие выход на доступную для контроля поверхность материала объекта.

Объемные виды (методы) неразрушающего контроля – это такие, которые позволяют обнаруживать преимущественно внутренние дефекты материала, а поверхностные дефекты выявляются, только если они достаточно крупны”[15].

Классификация физических методов контроля в РФ регламентируется ГОСТ 18353-79 [16].

Настоящий стандарт устанавливает классификацию видов и методов неразрушающего контроля. В основу, которой положен физический процесс момента взаимодействия физического поля или вещества с контролируемым объектом до получения первичной информации[16].

“Неразрушающий контроль в зависимости от физических явлений, положенных в его основу, подразделяется на виды:

- магнитный
- электрический

- вихре токовый
- радиоволновый
- тепловой
- оптический
- радиационный
- акустический
- проникающими веществами

Эти методы позволяют обнаруживать не только поверхностные, но и подповерхностные дефекты, залегающие на малой глубине (до 2 мм)” [16].

1.6 Анализ необходимости Технического диагностирования

Техническая диагностика имеет целью получение и анализ информации, позволяющей оценить техническое состояние машины в целом или ее элементов без разборки, а также составить прогноз возможного появления тех или иных неисправностей и времени возникновения отказов[17].

Она позволяет своевременно принять меры по устранению выявленных неисправностей и выполняется опытными слесарями-ремонтниками или механиками в процессе плановых профилактических осмотров, а также перед ремонтами с целью установления подлежащих ликвидации дефектов[17].

Техническим диагностированием называется определение технического состояния объекта[18].

Объектами технического диагностирования в энергетике служат сосуды, аппараты, печи, строительные конструкции, трубопроводы, находящихся под

действием механических или термомеханических нагрузок подлежащие диагностированию.

Задачи технического диагностирования: контроль состояния технических устройств, зданий, сооружений на ОПО, поиск места и определение дефектов которые могут привести к аварии или инциденту, прогнозирование технического состояния технического устройства с целью предотвращения аварии[11].

Таким образом, первой задачей технического диагностирования является контроль технического состояния, т. е. проверка соответствия значений параметров технического устройства требованиям технической документации и определение на этой основе одного из заданных видов технического состояния в данный момент времени[17].

Основными состояниями технического устройства согласно ГОСТ 27.002-89 является[19]:

-исправность - состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации [19],

-неисправность - состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации [19],

- работоспособность - состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации[19],

-неработоспособность - состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные

функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации[19],

-предельное состояние - состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно[19],

Второй задачей технического диагностирования является диагностирование с целью определения мест и, при необходимости, причин и видов дефекта механического узла.

Такое диагностирование называют поиском дефектов.

Анализ состояния исправного механического узла называется диагностированием зарождающихся дефектов, а неисправного - поиском возникшей неисправности [19].

Задача прогнозирования технического состояния в общем случае заключается в следующем: по результатам диагностирования механического узла в предшествующие моменты времени необходимо оценить его работоспособность, в последующие периоды его функционирования [19].

1.7 Основные причины организации систем диагностического мониторинга на объектах энергетики.

Объекты в энергетике, такие как сосуды, аппараты, печи, строительные конструкции, трубопроводы, постоянно находятся под действием термомеханических нагрузок[36].

Неравномерность распределения температурного поля в объекте неизбежно создают перенапряжения в соответствующих областях поверхности, что приводит к повреждаемости материала.

Повреждаемость это процесс необратимых изменений в материале под действием напряжений и деформаций в условиях перепада температур.

Изменяется структура материала в результате деформаций по границам зерен и сдвигов внутри зерен, их дробления, образования двойников, процессов разрыхления в результате образования вакансий и микроскопических разрывов «Рисунок 1».

Особенно интенсивно процессы повреждения идут в поверхностных и подповерхностных слоях объекта, поскольку к ним присоединяется действие эксплуатационных факторов - большие перепады температур, действия внешней среды.

Отмеченные процессы приводят к снижению характеристик кратковременной и длительной прочности, инициируют ползучесть, мало и много цикловую усталость.

Микродефекты при воздействии эксплуатационных факторов превращаются в макро дефекты в виде макроскопических нарушений сплошности материала (макротрещины), вид которых определяется характером действующей нагрузки: усталостной (мало либо много цикловой), статической, длительной статической (приводящей к ползучести в результате действия повышенных температур).

Дефектообразование в результате термической усталости может проявляться в виде изменения формы объекта и образования сетки трещин.

При этом в ряде случаев определяющими факторами являются размах упругопластической деформации, максимальная температура и длительность цикла.

Высокие уровни температур, неравномерное распределение температурного поля в объекте, изменения температур в процессе

производственных циклов, создают в материале объекта высокие термомеханические статические и циклические напряжения, которые могут превысить в определенных зонах объекта предел упругости, что приводит к возникновению пластической деформации.

В зависимости от видов нагружения и рабочих циклов в наиболее напряженных областях могут возникать статические и циклические макротрещины.

Условия возникновения трещин или пластических деформаций предельного значения зависят от знака термонагрузки и уровня пластической деформации.

Максимальная деформация сжатия или растяжения происходит при максимальном значении температуры цикла нагревания или охлаждения.

Это происходит каждый раз при останове работы объекта или запуске (выходе на рабочие параметры).

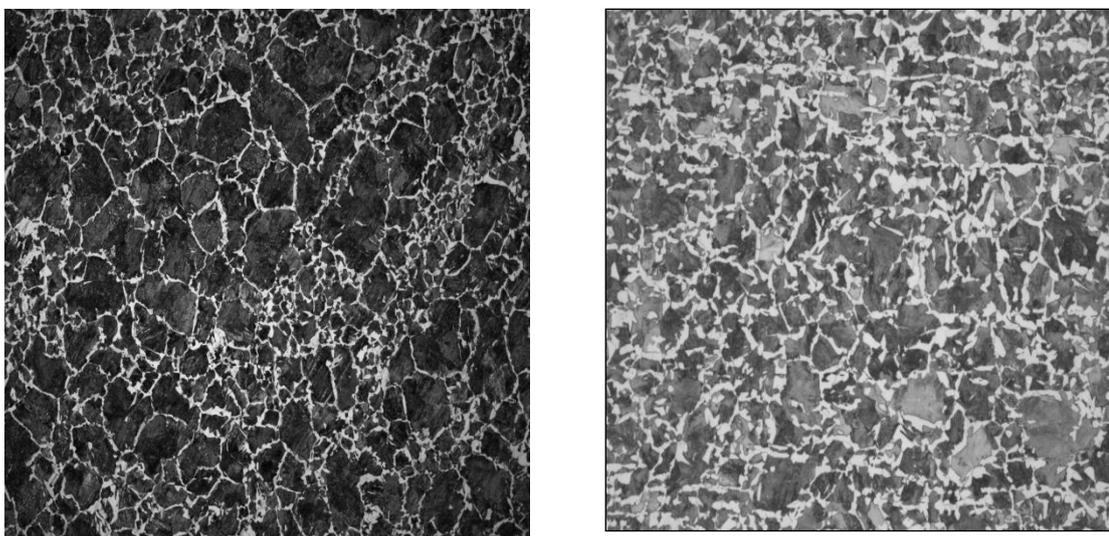
Наибольшие напряжения имеют место в поверхностных слоях конструкции объекта при термоциклическом воздействии.

Величины термических напряжений зависят от многих факторов, включая: условия теплового режима (нагрев, охлаждение, уровня температур цикла), конструкции объекта, физико-механических параметров материала, вида напряженного состояния.

Контроль и измерение параметров распределения температурного поля на поверхности объекта позволяет выявить опасные зоны объекта.

Поэтому создание эффективного способа диагностики эксплуатационного состояния объекта, позволяющего оценить напряжённо-деформированное состояние объекта, выявить области повышенных напряжений и деформаций, рассчитать величину напряжений и деформаций, оценить возможность

образования и роста дефектов является основной целью неразрушающего контроля, имеющей большое значение в безопасной эксплуатации высоконагруженных энергетических объектов.



(a)

(б)

(a)- структура металла в недеформированном состоянии

(б)- структура материала в результате деформации

Рисунок 1- Структура металла.

Глава 2 Анализ методов технической диагностики состояния опасных производственных объектов энергетической отрасли.

2.1 Исследование методов и разработка мероприятий по повышению безопасности эксплуатации объекта энергетической отрасли.

В настоящее время техническая диагностика, имеющая в своем арсенале много физических методов относящихся к средствам неразрушающего контроля, уже не ограничивается задачами дефектоскопии, а ориентируется на определение механических характеристик материалов, в процессе реальной работы оборудования[20].

Задачей определения напряжённо-деформированного состояния в работающих установках с целью оценки их состояния в реальном времени занимаются все ведущие диагностические центры мира, как в России так и за рубежом.

Однако до сих пор эффективность различных методов контроля напряжённо-деформированного состояния остается низкой при их использовании непосредственно на оборудовании[20].

Для определения напряжённо-деформированного состояния в работающих установках с целью оценки их состояния в реальном времени, рассмотрим базовые методы контроля.

2.2 Магнитный

Магнитный, а точнее сказать магнитопорошковый метод контроля проводится согласно ГОСТ Р 55612-2013[22], РД 13-05-2006 « Методические рекомендации о порядке проведения магнитопорошкового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на

опасных производственных объектах»[21].

Специалисты, осуществляющие магнитопорошковый контроль, должны быть аттестованы по правилам аттестации персонала в области неразрушающего контроля (ПБ 03-440-02), утвержденными постановлением Госгортехнадзора России от 23.01.02 г. № 3, зарегистрированным Министерством юстиции Российской Федерации 17 апреля 2002 г., регистрационный № 3378[23].

При выполнении работ специалисты должны руководствоваться ГОСТ 12.2.003[24], ГОСТ 12.3.002[25], и соблюдать противопожарную безопасность по ГОСТ 12.1.004[26].

Магнитопорошковый контроль проводят с целью выявления поверхностных и подповерхностных дефектов в стальных ферромагнитных конструкциях и деталях технических устройств и сооружений[21].

В отрасли энергетики магнитопорошковый метод применяется при проведении экспертизы промышленной безопасности на технических устройствах, эксплуатируемых на опасных объектах энергетики, согласно Федерального закона 116 от 20 июня 1997 года¹⁶ о промышленной безопасности опасных производственных объектов по статье о технических устройствах подлежащих экспертизе промышленной безопасности.

Принцип магнитопорошкового метода заключается в нанесении магнитного порошка или магнитопорошковой суспензии на заранее подготовленную очищенную поверхность.

С поверхности, подвергаемой магнитопорошковому контролю, удаляют масло, смазку, пыль, шлаки, продукты коррозии, окалину и другие загрязнения, а также лакокрасочное покрытие и другое защитное или защитно-декоративное покрытие, если его толщина превышает 30-40 мкм[21].

После того как поверхность подготовлена ее намагничивают с помощью трансформаторов.

В результате магнитные линии обтекают намагниченный объект контроля, а там где есть трещина или дефект линии изменяют свое расположение, возникают поля рассеивания, после нанесения магнитного порошка или суспензии в местах трещин или дефектов материал порошка скапливается в этих местах «Рисунок 2»

И в дальнейшем при помощи дефектоскопов выявляют трещины, коррозии, и другие повреждения, влияющие на безопасную эксплуатацию.

После проведения исследования намагниченный объект размагничивают для предотвращения влияния магнитного поля на погрешность приборов, аппаратов, датчиков которые используются при эксплуатации объекта.

Магнитопорошковый метод относится к индикаторным (не измерительным) методам неразрушающего контроля.

Он не позволяет определять глубину и ширину поверхностных дефектов, размеры подповерхностных дефектов и глубину их залегания[21]. Магнитопорошковым контролем не могут быть проконтролированы элементы конструкций и детали:

- из неферромагнитных сталей, цветных металлов и сплавов[21];
- на поверхности, которых не обеспечена необходимая зона для намагничивания и нанесения магнитного индикатора, а также если зона контроля недоступна для осмотра[21];
- с существенной магнитной неоднородностью материала[21];
- с несплошностями плоскости которых составляют с направлением намагничивающего поля угол менее 30° [21];

- сварные швы, выполненные немагнитным электродом[21].

Кроме того данный метод требует полной остановки технологической линии

Исходя из изученного метода можно сделать вывод, что данный метод контроля не может быть применим для обеспечения определения напряжённно-деформированного состояния в работающих установках, является с точки зрения безопасности для специалистов вредным так как специалист проводя обследования, попадает в электромагнитное поле создаваемое оборудование для контроля что в последствии сказывается на его состоянии.

Существует опасность повреждение глаз специалиста, при проведении магнитопорошкового контроля на темных поверхностях используются люминесцентные магнитные индикаторы с последующим ультрафиолетовым облучением.



Рисунок 2 – Скапливание порошка на месте дефекта.

2.3 Вихретоковый

Вихретоковый метод в области неразрушающего контроля осуществляется в соответствии с РД 13-03-2006 «Методические рекомендации о порядке проведения вихретокового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах»[27].

Специалисты, осуществляющие вихретоковый контроль, должны быть аттестованы по правилам аттестации персонала в области неразрушающего контроля (ПБ 03-440-02), утвержденными постановлением Госгортехнадзора России от 23.01.02 г. № 3, зарегистрированным Министерством юстиции Российской Федерации 17 апреля 2002 г., регистрационный № 3378[23].

При выполнении работ специалисты должны руководствоваться ГОСТ 12.2.003 [24], ГОСТ 12.3.002 [25], и соблюдать противопожарную безопасность по ГОСТ 12.1.004 [26],

Вихретоковый контроль проводят в целях выявления поверхностных и подповерхностных дефектов в металлических конструкциях и деталях.

Вихретоковый метод основан на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящем объекте контроля этим полем.

По поверхности обследуемого объекта передвигается индуктивная катушка так называемая вихретоковым преобразователем, индуктивная катушка создает электромагнитное поле за счет импульсного тока, который возбуждает вихревые токи в электромагнитном объекте.

Электромагнитное поле, созданное вихревыми токами, отражается в катушке преобразователя наводят в ней ЭДС, при попадании трещины, раковины или другого дефекта изменяется их электрическое сопротивление.

Регистрация параметров сопротивления дает информацию о дефектах в структуре материала объекта.

Дальнейшее определение дефекта выявляется с помощью дефектоскопа. Достоинством этого метода является то, что обследование можно проводить без контакта с обследуемым объектом.

При вихретоковом контроле могут быть выявлены:

- ковочные, штамповочные, шлифовочные трещины, надрывы волосяны, поры, неметаллические и шлаковые включения, в элементах конструкций и деталях; [27]

- трещины, возникшие в элементах конструкций и деталях при эксплуатации технических устройств и сооружений[27]

Вихретоковым методом невозможно воспользоваться, если конструкция объекта состоит из разнородных элементов магнитных или электрических свойств, если поверхность покрыта электропроводящими материалами или в самом дефекте находятся электропроводящие материалы, или поверхность покрыта коррозией.

Вихретоковый метод также ориентирован на определение уже существующих дефектов и не дает представления о физика - механических свойствах и структуры материала объекта, соответствие геометрических размеров предусмотренных нормативными актами.

2.4 Тепловой контроль

Тепловой метод в области неразрушающего контроля осуществляется в соответствии с РД 13-04-2006 «Методические рекомендации о порядке проведения теплового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах»[28].

Тепловой контроль проводят лаборатории прошедшие аттестацию по правилам ПБ03-372-00[29].

Специалисты, осуществляющие тепловой контроль, должны быть аттестованы по правилам аттестации персонала в области неразрушающего контроля (ПБ 03-440-02), утвержденными постановлением Госгортехнадзора России от 23.01.02 г. № 3, зарегистрированным Министерством юстиции Российской Федерации 17 апреля 2002 г., регистрационный № 3378 [23].

При выполнении работ специалисты должны руководствоваться ГОСТ 12.2.003[24], ГОСТ 12.3.002[25], и соблюдать противопожарную безопасность по ГОСТ 12.1.004[26].

При работе с электроустановками должны руководствоваться Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок (ПОТРМ-016-2001, РД 153-34.0-03.150-00)[30].

Тепловой контроль проводится не только для выявления дефектов, но и для определения их характеристик и параметров, оценки соответствия объекта нормативной документации.

Существует два вида теплового контроля пассивный и активный, активный контроль проводят, если на обследуемом объекте не достаточно температуры или она вообще отсутствует, в этом случае температуру создают с помощью внешних источников[28].

“Пассивный вид теплового контроля можно использовать непосредственно в процессе эксплуатации технического устройства, то есть когда необходимая температура достигнута непосредственно за счет самого теплоносителя.

Тепловой контроль необходимо проводить при перепадах температур внутри самого объекта с наружным воздухом, в пределах десяти градусов Цельсия, при таких температурах создается необходимое тепловое поле.

В тепловой контроль включаются качественные и количественные оценки состояния обследуемого объекта.

Качественный анализ применяют для оперативного контроля и оценки состояния объекта по его температурным полям и выявления температурных аномалий, их местоположение, соответствие одному из факторов или это скрытый дефект, конструктивный элемент.

При количественном анализе определяется численное количество дефектов и характеристику температурного поля.

Количественный анализ состоит из двух показателей анализа, абсолютного и относительного.

При абсолютном определяются абсолютные значения.

При относительном количественном анализе, производят сопоставления значений определенных технической документацией на обследуемый объект или вычисленных теоритически к значениям получившимися при обследовании”[28].

“Тепловой контроль выполняют в соответствии с технологическими картами или технологическими инструкциями, разработанными на основе настоящих методических рекомендаций, и учитывающими их требования.

В технологической инструкции (карте) должен быть приведен порядок выполнения операций проверки работоспособности и настройки аппаратуры, проведения контроля и оценки качества объекта, с указанием особенностей эксплуатации применяемой аппаратуры и конкретных параметров контроля.

При разработке технологических инструкций (карт) учитываются:

- технические паспорта на объекты контроля;
- инструкции заводов изготовителей;
- эксплуатационные документы на средства контроля;
- национальные и международные стандарты;
- информационные письма разработчиков и изготовителей технических устройств и сооружений.

Технологические инструкции (карты) разрабатывают специалисты неразрушающего контроля не ниже второго уровня квалификации, аттестованные в установленном порядке на выполнение теплового контроля соответствующих технических устройств и сооружений.

Технологическая инструкция (карта) по тепловому контролю регламентирует технологию и параметры контроля, необходимые расчеты, анализ температурных полей и форму протокола с результатами проведенного контроля и рекомендациями”[28].

“Технологическая инструкция (карта) определяет:

- используемые технические средства теплового контроля;
- порядок проверки работоспособности и настройки аппаратуры;
- условия проведения контроля;

- последовательность проведения измерений температуры поверхности объекта контроля и определение погрешности и измерений;
- регистрацию дополнительных параметров о состоянии поверхности, окружающей и внутренней среды;
- обработку результатов контроля;
- обнаружение скрытых дефектов контролируемых объектов и определение их параметров;
- порядок расчета характеристик объекта контроля;
- порядок расчета частичных и общих тепло потерь;
- соответствие качества контролируемого объекта нормативной технической документации и не обходимые рекомендации”[28].

Основным прибором для проведения теплового контроля является тепловизор, тепловые сканеры.

Тепловизор – это прибор теплового вида неразрушающего контроля, предназначенный для анализа различных объектов на распределение температуры[31].

Принцип работы тепловизора заключается в преобразовании теплового излучения попадающего в объектив инфракрасной камеры в цифровой сигнал, который потом передается на экран монитора в виде картинка, где разным температурам соответствуют разные цвета.

Контроль начинают проводить с определения коэффициента излучения поверхности зон объекта, определяют зоны расположения элементов, отличающихся по теплофизическими характеристиками самого объекта, которые могут повлиять на результаты обследования, уточняют параметры объекта на соответствие нормативно технической документации[28].

Объект разбивают на зоны, по которым настраивают тепловизор.

После чего проводят тепловой контроль.

По результатам обследования проводится обработка термограмм, производят необходимые расчеты, анализируют результаты, готовые результаты заносятся в протокол.

Тепловой контроль является наиболее успешным контролем по выявлению и определению несплошности материалов, таких как трещины, пористости.

Выявлению изменений физико-механических свойств материалов в объектах контроля, по изменению теплопроводности, теплоемкости, коэффициенту теплопередачи высоконагруженных промышленных энергетических объектов.

Основной недостаток теплового контроля является зависимость от температуры окружающей среды.

В случаях проведения технической диагностики при отрицательных температурах окружающей среды, коэффициент излучения отраженного тепла зафиксированный тепловизором будет с погрешностями и информация о состоянии материала объекта не точной, что в последствии может привести к аварии[28].

2.5 Акустико-эмиссионный

Акустико-эмиссионный метод определения физико-механических свойств объектов разработан и направлен для реализации проведения неразрушающего контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов эксплуатирующийся на опасных производственных объектах, с

целью обнаружение, определение координат и слежение (мониторинг) за источниками акустической эмиссии, связанными с несплошностями на поверхности или в объеме стенки объекта контроля, сварного соединения и изготовленных частей и компонентов. [32]

Все индикации, вызванные источниками АЭ, должны быть при наличии технической возможности оценены другими методами неразрушающего контроля.

АЭ метод может быть использован также для оценки скорости развития дефекта в целях заблаговременного прекращения испытаний и предотвращения разрушения изделия.

Регистрация АЭ позволяет определить образование свищей, сквозных трещин, протечек в уплотнениях, заглушках и фланцевых соединениях[32].

АЭ контроль технического состояния обследуемых объектов проводится только при создании в конструкции напряженного состояния, инициирующего в материале объекта работу источников АЭ[32].

Для этого объект подвергается нагружению силой, давлением, температурным полем и т.д.

Выбор вида нагрузки определяется конструкцией объекта и условиями его работы, характером испытаний и приводится в «Программе работ по АЭ контролю объектов» [32].

В энергетической отрасли данный метод применим для контроля емкостного, колонного, реакторного, теплообменного оборудования агрессивных жидкостей сосудов, котлов, аппаратов, технологических трубопроводов, трубопроводов пара и горячей воды и их элементов[32].

Направление акустико-эмиссионного метода, регистрация акустических волн, происходящих во время эксплуатационной деформации объекта в реальном времени, и оценки реального влияния обнаруженного дефекта на объект[32].

Преимуществами акустико-эмиссионного контроля заключается в обнаружении и регистрации только что развивающихся дефектов, что позволяет определить их влияние на дальнейшую эксплуатацию и определить степень опасности[32].

Обладание высокой степенью чувствительности к распространяющемуся акустическому полю.

Возможность контролировать всю площадь объекта при использовании нескольких преобразователей, необходимых для обеспечения контроля всего объекта.

На проведение акустико-эмиссионного контроля не влияет разнородность материалов, из которых сконструирован объект.

Необходимостью проведения дополнительных методов контроля в случае обнаружении дефекта, так как акустико-эмиссионный метод не позволяет определить размеры дефекта, или на поверхности объекта нанесено защитное покрытие, которое препятствует распространению акустической волны[32].

Началом проведения исследования является обследование объекта составление технологической карты, в которой указываются места установки преобразователей, свойства материалов из которых состоит объект, для определения коэффициента затухания волн, сопротивление материалов[32].

После составления технологической карты в определенных местах устанавливаются преобразователи и нагружают объект согласно его технической принадлежности, в процессе нагрузок происходит напряжение в структуре

материала из которого сделан объект и возникают упругие механические колебания, которые распространяются по всему объекту волнообразно, их и называют акустическими волнами, а воспроизводство и распространение называется эмиссией, распространение волн по объекту улавливается преобразователями.

В преобразователях сигнал преобразуется из волнового в электрический и передается в блок анализа информации, где информация анализируется и строится график зависимости нагрузки от коэффициента затухания волны.

В зоне где нет нарушения целостности материала график показывает ровную зависимость с повышением нагрузки, так как волна в однородной среде распространяется и затухает плавно без помех, в той зоне где есть дефект происходит разнородность среды и нарушается скорость волны в зависимости от самой среды быстрее или медленнее, и на графике видно всплеск, этот всплеск говорит о том что в этой зоне находится дефект[32].

Дефекты делят на четыре класса:

- источник I класса - пассивный источник[32];
- источник II класса - активный источник[32];
- источник III класса - критически активный источник[32];
- источник IV класса - катастрофически активный источник[32].

В последующим анализируя графики, определяется классификация найденного дефекта по классификационному расчету, и определяют действия обслуживающего персонала к техническому устройству

Источник I класса (пассивный) - регистрируют для анализа динамики его последующего развития[32].

Источник II класса (активный) [32]:

- регистрируют и следят за развитием ситуации в процессе выполнения данного контроля[32];

- отмечают в отчете и записывают рекомендации по проведению дополнительного контроля с использованием других методов[32].

Источник III класса (критически активный) [32]:

- регистрируют и следят за развитием ситуации в процессе выполнения данного контроля[32];

- предпринимают меры по подготовке возможного сброса нагрузки[32].

Источник IV класса (катастрофически активный) [32]:

- производят немедленное уменьшение нагрузки до 0 либо до величины, при которой класс источника АЭ снизится до уровня II или III класса[32];

- после сброса нагрузки проводят осмотр объекта и при необходимости контроль другими методами[32].

Каждый более высокий класс источника АЭ предполагает выполнение всех действий, определенных для всех источников более низких классов[32].

Существенными недостатками акустико-эмиссионного контроля являются не точность выделения сигналов акустико-эмиссионных из помех, происходящих от внешних источников [32].

В случаях года дефект мал и не значителен, но, он начал развиваться, амплитуда сигнала мала, возникает проблема выделения необходимого сигнала из множества присутствующих посторонних сигналов [32].

2.6 Недостатки базовых неразрушающих методов контроля

На сегодняшний день считается не достаточным применение традиционных схем контроля, за состоянием технического устройства, которые обеспечивают предупреждение и предотвращение разрушения технического устройства, так как эти схемы имеют, по мнению преподавателя Томского государственного университета И.Н. Каневского и профессора Е.Н. Сальникова ряд общих недостатков которые можно сформулировать так:

1. Результаты исследования базовыми методами контроля имеют косвенные измерения свойств объектов, не имеющих непосредственного значения в реальном времени при эксплуатации объекта. Связь между эксплуатационными свойствами объекта и измерениями должна подтверждается ежедневно, что очень важно при стареющем оборудовании[33].

2. Исследования в основном показывают качественные результаты, а не количественные, и поэтому они не могут дать возможности измерения разрушающих нагрузок, ответить на вопрос, сколько осталось до разрушения[33].

3. Обычно испытания требуют исследования на предварительно подготовленных образцах для сопоставления с исследованиями в рабочих условиях с дальнейшим анализом и определением работоспособности, в тех случаях, когда результаты анализа расходятся, и методика не позволяет дальнейшие исследования, в таких случаях возможна ошибочная оценка результатов испытаний[33].

Исходя из выводов правильно будет искать новый метод в мониторинговой диагностики, сочетающие в себе различные методики определяющие факторы, влияющие на повреждаемость технических устройств.

Комплексное внедрение методов определяющих состояние объектов позволит наряду с повышением выявления мест повреждения, измерять напряжённо-деформированное состояние, отслеживать их текущее состояние и выявлять участки наиболее подверженные опасности разрушения.

2.7 Тензоиндикаторный метод контроля

Для исследования повышения безопасности эксплуатации и обеспечение высокой степени надежности технических устройств на энергетических объектах я исследую предложенный метод ранней диагностики оборудования.

Одним из таких является метод предложенный группой авторов изобретенного метода, Васильевым Игорем Евгеньевичем, Ивановом Валерием Ивановичем, Махутовым Николаем Андреевичем и Ушаковым Борис Николаевичем.

Зарегистрированным в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам за номером № 2403564 С 2[34]

Предложенный метод заключается в том, что устройство для диагностики предельного состояния и раннего предупреждения об опасности разрушения материалов, изделий, основывается на системе акустико-эмиссионной диагностики, причем в наиболее нагруженных зонах конструкции устанавливаются наборы хрупких тензоиндикаторов, настроенные на заданный уровень пороговой деформации, меньший или равный предельно допустимой, для безопасной эксплуатации конструкции[34].

Базой для разработки данного метода послужил акустика - эмиссионным метод контроля, включающая преобразователи акустической эмиссии со встроенными предусилителями электрического сигнала, линии связи, аналого-

цифровой преобразователь, цифровой блок регистрации сигналов акустической эмиссии (АЭ), системный контроллер, кабель интерфейсной связи, персональный компьютер[34].

Работы по исследованию объекта начинают, со стационарной установки пьезоэлектрических приемников и между ними наклеивается тензоиндикатор.

Тензоиндикатор представляет собой фольгу выполненную из алюминия и обработанную электрохимическим способом путем анодирования в 20% водном растворе серной кислоты в промежутки времени от 30 до 60 минут температуре раствора 20 градусов и плотности тока 4-6 А/дм²[35] .

Для повышения чистоты проводимых экспериментов алюминиевая фольга вначале наклеивается на образцы, а потом уже подвергалась анодированию, чтобы при наклеивании не произошло самопроизвольного трещинообразования , и достижения необходимой толщины фольги в пределах 400-600 мкм/м, что позволит повысить их чувствительность.

Принцип работы заключается в следующем, сигналы после преобразования и усиления с пьезоэлектрических приемников, поступают в аналоговый блок где происходит их усиление и фильтрация от посторонних частот, с входными результатами в цифровом преобразователе сигналы от пьезоэлектрических приемников преобразуются в цифровые, и в цифровой форме поступают в блок событий, где происходит сравнение значений поступивших сигналов со значениями заданными технической документацией.

Как только деформация в объекте превышает значения пороговой деформации на поверхности тензоиндикатора образуется картина трещин отражающая силовое поле наибольших главных деформаций на поверхности конструкции.

Используя характеристики тензочувствительности тензоиндикаторов и график изменения численности трещин в оксидной пленке от уровня деформаций в подложке, можно с погрешностью, не большей 10-15%, произвести оценку значений наибольших главных деформаций (напряжений) на поверхности исследуемой конструкции в области распространения трещин в хрупком тензоиндикаторе[34].

Оксидные тензоиндикаторы могут быть использованы для проведения исследований в области упругих и упругопластических деформаций (от 400 до 4000 мкм/м) при температурах от -200°С до +200°С в различных средах (вода, масло, жидкий азот и др.), имеют достаточно простую технологию изготовления и в течение длительного времени (не менее 10 лет) сохраняют свои характеристики стабильными[34].

Процесс записи данных и ее хранение ведется постоянно в режиме реального времени, что позволяет вести постоянный контроль за изменениями происходящими с техническим устройством в процессе его эксплуатации.

Как утверждают разработчики предлагаемое ими устройство путем дистанционного стационарного мониторинга уровня наибольших деформаций в наиболее нагруженных зонах конструкции позволяет с высокой степенью надежности проводить диагностику их загруженности и в случае достижения предельно допустимого состояния сигнализировать об опасности разрушения материалов и изделий[34].

По мнению авторов Сергеева Борис Петровича, Шелобкова Валерия Ивановича, Иванова Валерия Ивановича разработанного ими способа определения напряжённо-деформированного состояния объекта в режиме онлайн, недостатком данного способа связан с тем, что тензоиндикаторы позволяют индцировать только тот уровень деформации, при котором происходит однократное разрушение применяемого индикатора[36].

Для индикации других уровней деформации необходимо использовать дополнительные индикаторы, что существенно усложняет процесс контроля. Кроме того, индицируется деформация только того локального места, где нанесено хрупкое покрытие[36].

2.8 Способ определения деформации термочувствительным веществом

Я предлагаю использовать для внедрения в производство метод определения деформационных свойств, заявленный кандидатом технических наук Сергиевым Борис Петровичем, Шелобковым Валерием Ивановичем, Ивановым Валерий Ивановичем, патент : № 2494434 С1 от 07.06.2012 [36] способ объектов.

“Изобретение относится к области управления промышленной безопасностью и технической диагностики, в частности к контролю напряженно-деформированного состояния таких объектов, как сосуды, аппараты, печи, строительные конструкции, трубопроводы, находящихся под действием механических и/или термомеханических нагрузок, с использованием анализа распределения температурных полей на поверхности объекта и связанного с ними распределения механических напряжений”[36].

Они утверждают, что “предлагаемый способ измерения деформации материала объекта свободен от недостатков известных способов.

Заявляемый способ позволяет предотвращать разрушение диагностируемых материалов и объектов в широком диапазоне деформаций путем дистанционного мониторинга физических полей (температур и деформаций), связанных с уровнем деформаций (напряжений) и позволяет

определить уровень деформаций и определить степень приближения их к предельному значению, не превышая его в наиболее нагруженных зонах объекта” [36].

“С целью устранения недостатков известных решений в предлагаемом способе картину распределения температуры на поверхности контролируемого объекта получают по изменению цвета термочувствительного вещества, зарегистрированному с помощью цифровых оптических средств, и используя предварительно полученные номограммы, регистрируют распределение температур на поверхности контролируемого объекта, на основании которого выполняют расчет напряженно-деформированного состояния, выделяют зоны повышенных напряжений и деформаций для дальнейшего мониторинга указанных зон”[36].

Принцип заявленного изобретения заключается в нанесении термочувствительного вещества в частности термочувствительной краски на поверхность исследуемого объекта, “термочувствительная краска таких марок как:

- Ag_2HgI_4 критическая температура 50°C , цвет меняется от желтого к тёмно-коричневому[36].,

- NH_4VO_3 критическая температура 240°C , цвет меняется от белого к черному[36].,

- $\text{PbS}+4\text{BaO}_2$ критическая температура 340°C , цвет меняется от черного к белому[36]..

При использовании смеси термочувствительных веществ возможно многократное изменение цвета - свыше 10 изменений[36]..

Диапазон изменения температур, которые могут быть определены терм

индикаторами, лежат в диапазоне $+30^{\circ}\text{C}$ $+1600^{\circ}\text{C}$ [36].

Паспортная точность терм индикаторов составляет $\pm 2^{\circ}\text{C}$ $\pm 5^{\circ}\text{C}$, что вполне достаточно для требуемой оценки температуры для последующих расчетов деформаций[36].

Возможно использование как необратимых, так и обратимых терм индикаторов, которые могут изменять цвет как в одну, так и в другую сторону изменения температуры. достаточно для требуемой оценки температуры для последующих расчетов деформаций”[36].

После нанесения лакокрасочного индикатора с помощью цифровых оптик телевизионных средств регистрируется изменение цвета индикатора в соответствии с изменением температуры объекта, по зарегистрированным цветовым снимкам, согласно предварительно полученной температурной карте, определяют температурное поле на поверхности объекта, на основании которого выполняют расчет напряженно-деформированного состояния, выделяют зоны повышенных напряжений и деформаций, для дальнейшего мониторинга указанных зон [36].

Расчеты напряженно-деформированного состояния выполняются с применением метода конечных элементов к зарегистрированному распределению температур по поверхности объекта, для чего предварительно разбивают контролируемую поверхность на отдельные элементы и выбирают аппроксимирующую функцию в виде, например, равномерного распределения температуры на отдельном элементе[37].

Расчеты производятся с помощью компьютерных программ которые устанавливаются в компьютеры, на которые поступают данные от цифровых оптик телевизионных средств. Используется программа теплотехнического расчета «Tempreg-3d» позволяющая рассчитать теплопередачу[38], и механику

разрушения материалов[39], далее программа «ANSYS» «ARAMIS» в системе метода конечного элемента анализа [40], получаем искомое поле деформаций контролируемого объекта возможность образования трещин в объекте контроля [41].

Результаты, проведенные компьютерными программами, показываются на экране монитора в режиме реального времени, что обеспечивает получение достоверной, оперативной информации о текущем состоянии материалов эксплуатируемого объекта, на основании которой оперативным персоналом прогнозируются и принимаются решения о дальнейшей эксплуатации оборудования.

Разработчики данного способа мониторинга диагностики говорят что данный способ позволяет уменьшить риск аварии промышленных объектов, поскольку позволяет выявить области, в которых материал объекта претерпел существенную деформацию и приблизился к предельному состоянию или превзошел его[36].

Способ имеет следующие преимущества:

- позволяет оперативно, бесконтактно и дистанционно выявить опасные зоны объекта, которые потенциально являются очагами чрезмерных пластических деформаций и возникновения макротрещин [36];

- является высоко оперативным методом, обладающим малыми погрешностями определения опасных зон [36];

- позволяет автоматизировать процессы измерения и обеспечивает возможность использования мониторинговых подходов в съемке и обработке информации [36];

- обладает высокой производительностью диагностики предельных

состояний контролируемого объекта [36];

- имеет высокую информативность при выполнении диагностических операций и обработки полученной информации[36].

Глава 3 Внедрение методики индикации пред - разрушающего состояния объекта в энергетической отрасли.

3.1 Характеристика производственного объекта

ТЭЦ ВАЗа — одна из крупнейших теплоэлектростанций в Европе, вырабатывает до 40 процентов электрической и 30 процентов тепловой энергии от всей производимой в Самарском регионе[42].

ТЭЦ ВАЗа обеспечивает энергоснабжение, отопление и горячее водоснабжение Волжского автомобильного завода, Автозаводского района Тольятти и коммунальной зоны. На ТЭЦ работают с полной нагрузкой 11 турбоагрегатов, 14 паровых энергетических котлов, 14 пиковых водогрейных котлов, основные сведения о ТЭЦ ВАЗа «Таблица 1»

Она связана линиями электропередач напряжением 220 кв. с Единой Европейской энергосистемой России, передавая ей избыточную мощность, которая в два раза превышает потребности Автозаводского района Тольятти[42].

Строительство ТЭЦ ваза было начато в 1966 году в первую очередь для обеспечения нужд гиганта автомобильной промышленности СССР — Волжского Автозавода. Уже в ноябре 1967 года начался отпуск тепла потребителям от водогрейных котлов. В декабре 1969 года пущено первое энергетическое оборудование[42].

За время работы станции проведена масштабная реконструкция и модернизация оборудования: внедрена новая технология сжигания газа (ступенчатое сжигание), позволившая снизить выбросы окислов азота на 40–50 процентов, реконструкция системы оборотного водоснабжения, деаэраторов

подпитки цикла и теплосети и другие мероприятия, направленные на совершенствование технологий и улучшение условий труда энергетиков[42].

В 2003 году на ТЭЦ ВАЗа была модернизирована турбина № 1, которая работала на станции с 1969 года и за свои 34 года жизни выработала примерно 11 миллиардов квт/ч электрической энергии. Модернизация турбины проводилась ради увеличения отпуска тепла для «GM-АвтоВАЗ» и новых производственных мощностей АвтоВАЗа (выпуск автомобиля «Лада-Калина») [42].

Таблица 1- Основные сведения о ТЭЦ ВАЗа

№	Наименование показателя	Значение показателя
1	Установленная электрическая мощность	1172 МВт
2	Установленная тепловая мощность	3903 Гкал/ч
3	Располагаемая тепловая мощность	3513 Гкал/ч
4	Основное топливо	газ
5	Резервное топливо	мазут
6	Количество сотрудников	594 человек
7	Основные потребители	ОАО «АВТОВАЗ», ОАО «ТЕВИС», ОАО «Овощевод»

3.2 Характеристика основного оборудования ТЭЦ ваза.

В котельном цехе ТЭЦ ваза установлено четырнадцать энергетических паровых котла: котлоагрегатов типа ТГМ-84А (ст.№ № 1, 2, 3) и ТГМ-84Б (ст. № № 4÷9), котлоагрегатов типа ТГМЕ-464 (ст. № № 10÷14) «Талица 2» [42].

Котельный агрегат типа ТГМ-84 вертикально-водотрубный, однобарабанный П-образной компоновки с естественной циркуляцией. Состоит из топочной камеры, являющейся восходящим газоходом, и опускной конвективной шахты[42].

Номинальная пар производительность котлов $G_{ном}=420$ т/ч, давление перегретого пара $P_0=140$ кгс/см², давление в барабане $P_б=155$ кгс/см², температура перегретого пара $t_0=550^{\circ}\text{C}$, температура питательной воды $t_{пит.в.}=230^{\circ}\text{C}$ [42].

На котлах типа ТГМ-84А ст. № 1÷3 по типу котлов ТГМ-84Б ст. № 4÷9 произведена реконструкция:

- подняты нижние коллектора настенного пароперегревателя;
- крепление конвективного пароперегревателя вместо охлаждаемых опорных балок и переведено на охлаждение питательной водой труб подвесной системы.
- топочная камера котлов типа ТГМ-84 оборудована 6-ю газо-мазутными горелками типа ТКЗ (ЦКТИ), установленными в два яруса (в виде 2-х треугольников в ряд, вершинами верх, на фронтальной стенке). Горелки нижнего яруса (четыре штуки) установлены на отметке 7200 мм, верхнего яруса (две штуки) на отметке 8700 мм. Горелки вихревые, однопоточные с центральной раздачей газа, предназначены для отдельного сжигания газа и мазута[42].

Котельный агрегат типа ТГМЕ-464 имеет П-образную компоновку и состоит из топочной камеры и опускной конвективной шахты, соединённых в верхней части горизонтальным газоходом.

Номинальная пар производительность котлов $G_{ном}=500$ т/ч, давление перегретого пара $P_o=140$ кгс/см², давление в барабане $P_b=162$ кгс/см², температура перегретого пара $t_o=550$ °С, температура питательной воды $t_{пит.в.}=230$ °С[42].

Все стены топочной камеры, горизонтального газохода и конвективной шахты выполнены из газ плотных панелей. Котел предназначен для работы под наддувом[42].

Для организации ступенчатого сжигания газа на котлах ТГМЕ-464 по рекомендации «донор ГРЭС» проведена реконструкция газовых насадок с целью увеличения мощности нижнего яруса горелок в 1,5 раза и снижения мощности верхнего яруса горелок на 50 % номинальной мощности. Производительность горелки по газу:

- верхний ярус – 2480 нм³/ч;

- ижний ярус – 7450 нм³/ч.

Давление газа перед горелками при номинальной производительности 3260 мм вод. Ст [42].

Таблица 2 - Энергетические котлоагрегаты

Тип котлоагрегата	Паро-производительность, т/ч	Завод-изготовитель котлов	Год ввода в эксплуатацию	Структура сжигаемого топлива	Давление перегретого пара, кгс/см ²	Температура перегретого пара, °С
ТГМ-84	420	ТКЗ	1969	Газ прир., мазут	140	550
ТГМ-84	420	ТКЗ	1970	Газ прир., мазут	140	550
ТГМ-84	420	ТКЗ	1970	Газ прир., мазут	140	550
ТГМ-84	420	ТКЗ	1970	Газ прир., мазут	140	550
ТГМ-84	420	ТКЗ	1971	Газ прир., мазут	140	550
ТГМ-84	420	ТКЗ	1971	Газ прир., мазут	140	550
ТГМ-84	420	ТКЗ	1975	Газ прир., мазут	140	550
ТГМ-84	420	ТКЗ	1976	Газ прир., мазут	140	550
ТГМ-84	420	ТКЗ	1979	Газ прир., мазут	140	550
ТГМЕ-464	500	ТКЗ	1982	Газ прир., мазут	140	550
ТГМЕ-464	500	ТКЗ	1983	Газ прир., мазут	140	550
ТГМЕ-464	500	ТКЗ	1984	Газ прир., мазут	140	550
ТГМЕ-464	500	ТКЗ	1987	Газ прир., мазут	140	550

В зданиях пиковых котельных установлено четырнадцать пиковых водогрейных котлов. В пиковой котельной № 1 установлено шесть водогрейных котлов типа ПТВМ-100 (ст. № № 1÷6), в пиковой котельной № 2 установлено четыре водогрейных котлов типа ПТВМ-100 (ст. № № 7÷10), в пиковой котельной № 3 установлено два водогрейных котла типа ПТВМ-180 (ст. № № 11, 12) и два котла типа КВГМ-180-150-2 (ст. № № 13, 14) [42].

Пиковый теплофикационный водогрейный котел типа ПТВМ-100 (ст. № № 1÷10) предназначен для покрытия, как пиковых нагрузок так и основных в системах централизованного теплоснабжения и представляет собой прямоточные водотрубные котлоагрегаты, с принудительной циркуляцией[42].

Тепловая производительность 100 Гкал/ч. Рабочее давление по сетевой воде от 10÷25 кгс/см². Расход воды при пиковом режиме: номинальный 2140 т/ч, минимальный 1500 т/ч. Расход воды при теплофикационном режиме: номинальный 1235 т/ч, минимальный 800 т/ч. Гидравлическое сопротивление при пиковом режиме 0,96 кгс/см², при теплофикационном режиме 2,15 кгс/см²[42].

Компоновка котла башенная. Вода в котле нагревается за один цикл, т. е. кратность циркуляции равна единице. Топочная камера предназначена для сжигания высокосернистого мазута и природного газа[42].

Подача воздуха в каждую горелку на котлах производится вентилятором типа Ц-9-57 с производительностью 10 000 м³/ч, с напором 160 мм вод. ст, мощностью электродвигателя 10 кВт и числом оборотов эл. двигателя 1 450 об/мин. Вентиляторы установлены на нулевой отметке и имеют общий всасывающий короб[42].

Для создания тяги и отвода продуктов горения топлива на котлах ПТВМ-100 установлено по два дымососа типа Д-15,5х2у, с производительностью 100 000 м³/ч и напором 160 мм вод. ст.

Пиковый теплофикационный водогрейный котел типа ПТВМ-180 (ст. № № 11÷12) тепловой производительностью 180 Гкал/ч. Рабочее давление по сетевой воде 16 кгс/см². Расход воды при теплофикационном режиме: номинальный 3860 т/ч. Гидравлическое сопротивление 1,06 кгс/см²[42].

Котел оборудован двадцатью газо-мазутными горелками, производительностью 1265 м³ по газу и 1 115 кг/ч по мазуту каждая. Конструкция горелки предусматривает периферийный подвод газа и механический распыл мазута. Газ к горелке по газопроводу $d_u=80$ мм подходит к газ раздающему кольцу[42].

Тепловая нагрузка котла регулируется путем изменением давления топлива перед горелками. Когда возможности регулирования изменением давления исчерпаны, изменяется число работающих горелок. В зависимости от тепло производительности котла поддерживается давление топлива, давление воздуха перед горелками и содержание кислорода в дымовых газах в соответствии с режимной картой[42].

Пиковый теплофикационный водогрейный котел типа КВГМ-180-150-2 (ст. № № 13) тепловой производительностью 180 Гкал/ч. Максимальное давление по сетевой воде на входе 25 кгс/см². Расход воды через котел: номинальный 4420 т/ч, минимальный 3700 т/ч. Гидравлическое сопротивление 1,5 кгс/см².

Котел водотрубный, прямоточный Т-образной сомкнутой компоновки.

Котел типа КВГМ-180-150-2 оборудован восемью газо-мазутными горелками, установленными на боковых стенах топки в два яруса, по две горелки в каждом ярусе. Производительности горелки по мазуту 2640 кг/ч, по газу 2860 м³/ч[42].

Номинальное давление газа перед горелкой 0,26 кгс/см².

Номинальное давление воздуха перед горелкой 180 кгс/м².

Каждая горелка оборудована мазутной форсункой паро-механического распыливания и запальным защитным устройством.

Тепловая нагрузка котла регулируется путём изменением давления топлива перед горелками.

Когда возможности регулирования изменением давления исчерпаны, изменяется количество работающих горелок.

В зависимости от тепло производительности котла, поддерживается давление топлива, давление воздуха перед горелками и содержание кислорода в дымовых газах в соответствии с режимной картой[42].

3.3 Нормативно правовая база по безопасной эксплуатации ТЭЦ ваза

Основными Федеральными законами регулирующими безопасную работу ТЭЦ ваза являются:

Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов"[10].

Настоящий Федеральный закон определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности эксплуатирующих опасные производственные объекты юридических лиц и индивидуальных предпринимателей (далее также - организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты) к локализации и ликвидации последствий указанных аварий[10].

Согласно, которому при регистрации в государственном реестре, определяется к какому классу опасности относится данный объект, на основании обоснования безопасности опасного производственного объекта, обоснования безопасности опасного производственного объекта составляется в проектной документации опасного производственного объекта при строительстве или реконструкции.

Контрольные и надзорные функции в области промышленной безопасности осуществляют Федеральные органы исполнительной власти.

Статьей №7 настоящего закона устанавливаются обязательные требования к техническим устройствам, применяемым на опасном производственном объекте, и формы оценки их соответствия, если техническим регламентом не установлена иная форма оценки соответствия технического устройства, применяемого на опасном производственном объекте, обязательным требованиям к такому техническому устройству, оно подлежит экспертизе промышленной безопасности[10]:

- до начала применения на опасном производственном объекте[10];

по истечении срока службы или при превышении количества циклов нагрузки такого технического устройства, установленных его производителем[10];

- при отсутствии в технической документации данных о сроке службы такого технического устройства, если фактический срок его службы превышает двадцать лет[10];

- после проведения работ, связанных с изменением конструкции, заменой материала несущих элементов такого технического устройства, либо восстановительного ремонта после аварии или инцидента на опасном производственном объекте, в результате которых было повреждено такое техническое устройство [10].

Определены требования к организациям эксплуатирующим опасные производственные объекты, к работникам занятых на опасных производственных объектах.

Статье №13 предписывается проведение экспертизы промышленной безопасности, в которой определяются документы подлежащие экспертизе промышленной безопасности, организации имеющие право на проведение экспертизы промышленной безопасности, и требования к организациям.

Назначение руководителя и эксперта для ее проведения, их обязанности в подготовке и проведении экспертизы промышленной безопасности.

Экспертизе промышленной безопасности подлежит декларация промышленной безопасности, в декларации отражается всесторонняя оценка риска аварии и связанной с ней угрозы; анализ достаточности принятых мер по предупреждению аварий, по обеспечению готовности организации к эксплуатации опасного производственного объекта в соответствии с требованиями промышленной безопасности, а также к локализации и ликвидации последствий аварии на опасном производственном объекте, разработку мероприятий, направленных на снижение масштаба последствий аварии и размера ущерба, нанесенного в случае аварии на опасном производственном объекте[11].

Так же Федеральный закон определяет ответственность организаций и лиц нарушивших законодательство в области промышленной безопасности.

Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике»,

Настоящий Федеральный закон устанавливает правовые основы экономических отношений в сфере электроэнергетики, определяет полномочия органов государственной власти на регулирование этих отношений, основные права и обязанности субъектов электроэнергетики при осуществлении деятельности в сфере электроэнергетики (в том числе производства в режиме

комбинированной выработки электрической и тепловой энергии) и потребителей электрической энергии[43].

В законе статьей №28 определено Государственное регулирование безопасности в сфере электроэнергетики. Целями государственного регулирования безопасности в сфере электроэнергетики являются обеспечение ее надежного и безопасного функционирования и предотвращение возникновения аварийных ситуаций, связанных с эксплуатацией объектов электроэнергетики и энергетических установок потребителей электрической энергии[43].

В состав мер государственного регулирования безопасности в сфере электроэнергетики входят принятие нормативных правовых актов, устанавливающих обязательные требования надежности и безопасности, принятие технических регламентов, устанавливающих обязательные требования к продукции, осуществление федерального государственного энергетического надзора, в том числе с участием субъектов оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике[43].

В целях обеспечения безопасности производства работ на объектах электроэнергетики работники, непосредственно занятые на работах, связанных с обслуживанием указанных объектов, проходят в установленном порядке обязательные периодические медицинские осмотры, а также по требованию работодателей пред-сменные медицинские осмотры для установления факта употребления алкоголя, наркотического средства или психотропного вещества[43].

Федеральный закон от 27 июля 2010 г. N 190-ФЗ "О теплоснабжении"

1. Настоящий Федеральный закон устанавливает правовые основы экономических отношений, возникающих в связи с производством, передачей, потреблением тепловой энергии, тепловой мощности, теплоносителя с

использованием систем теплоснабжения, созданием, функционированием и развитием таких систем, а также определяет полномочия органов государственной власти, органов местного самоуправления по регулированию и контролю в сфере теплоснабжения, права и обязанности потребителей тепловой энергии, теплоснабжающих организаций, тепло сетевых организаций [44].

2. Отношения, связанные с горячим водоснабжением, осуществляемым с использованием открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения), регулируются настоящим Федеральным законом, за исключением отношений, связанных с обеспечением качества и безопасности горячей воды[44].

3. К отношениям, связанным с производством, передачей, потреблением горячей воды при осуществлении горячего водоснабжения с использованием открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения), применяются положения настоящего Федерального закона, регулирующие производство, передачу, потребление теплоносителя, если иное не предусмотрено настоящим Федеральным законом[44].

Контроль и надзор в сфере безопасной эксплуатации на объектах теплоснабжения согласно федеральному закону осуществляют Федеральные органы исполнительной власти.

На ТЭЦ ваза разработан план локализации аварийных ситуаций, в котором проанализированы и методом моделирования воспроизведены возможные аварийные ситуации способные привести к разрушению зданий, сооружений, технологического оборудования, поражению людей, аварии, способные оказать отрицательное воздействие на окружающую природную среду.

Постановление Правительства РФ от 26 июля 2007 г. N 484 "О выводе объектов электроэнергетики в ремонт и из эксплуатации" [45].

Настоящие Правила определяют условия и порядок временной остановки работы объектов электроэнергетики, осуществляемой в целях проведения комплекса технических мероприятий, направленных на поддержание или восстановление исправного состояния указанных объектов либо на изменение технико-экономических показателей состояния этих объектов (далее - вывод в ремонт), а также условия и порядок окончательной остановки работы таких объектов, осуществляемой в целях их ликвидации или консервации на срок более 1 года (далее - вывод из эксплуатации) [45].

Согласно постановления в отношении генерирующего объекта, включая входящее в его состав оборудование, функционирующего в режиме комбинированной выработки электрической и тепловой энергии, заявка на вывод из эксплуатации подается только в части производства электрической энергии[45].

Вывод в ремонт и из эксплуатации объектов диспетчеризации осуществляется по согласованию с системным оператором (субъектом оперативно-диспетчерского управления в соответствующей технологически изолированной территориальной электроэнергетической системе) (далее - системный оператор) [45].

Планный ремонт объектов диспетчеризации производится в соответствии с годовым и месячными графиками ремонта, утвержденными системным оператором.

Годовой график ремонта разрабатывается и утверждается системным оператором на основании результатов рассмотрения предложений собственников и иных законных владельцев объектов диспетчеризации о выводе в ремонт указанных объектов, подаваемых в уполномоченные диспетчерские центры не позднее 30 июля года, предшествующего планируемому [45].

Месячный график ремонта утверждается системным оператором не позднее 24 числа месяца, предшествующего планируемому [45].

Вывод в ремонт объекта диспетчеризации, не предусмотренного месячным графиком ремонта (далее - внеплановый ремонт), осуществляется в случае:

-автоматического отключения оборудования действием устройств релейной защиты, автоматики и противоаварийной автоматики или вследствие отключения оборудования дежурным работником при возникновении неисправности, а также вследствие отключения устройств релейной защиты, автоматики и противоаварийной автоматики дежурным работником в случае их неисправности или ложных (излишних) срабатываний указанных устройств:

- наступления обстоятельств, вызванных необходимостью выполнения работ для предотвращения повреждения оборудования и аварийных отключений[45];

- возникновения в процессе эксплуатации объектов диспетчеризации причин, которые невозможно было предвидеть заранее и которые требуют проведения незамедлительно ремонтных работ[45].

3.4 Анализ безопасной эксплуатации оборудования на ТЭЦ ваза

В 2003 году на турбоустановке ПТ-65/75-130/13 ст. № 1 была проведена замена базовых узлов, в результате чего был продлен ресурс на 220 000 часов. С учетом продления, достижение индивидуального ресурса турбоустановки установлен на 2030 год «Таблица 3» [42].

В 2004 году на турбоустановке Т-100-130 ст. № 3 была проведена замена базовых узлов, в результате чего был продлен ресурс на 220 000 часов. С

учетом продления, достижение индивидуального ресурса турбоустановки установлен на 2029 год[42].

В 2005 году на турбоустановке ПТ-65/75-130/13 ст. № 2 была проведена замена базовых узлов, в результате чего был продлен ресурс на 220 000 часов. С учетом продления, достижение индивидуального ресурса турбоустановки установлен на 2035 год[42].

В 2006 году проведена экспертиза промышленной безопасности турбины Т-100-130 ст. № 6. По ее результатам АО «УРАЛ ОРГРЭС» продлевает парковый ресурс турбины (продление паркового ресурса корпусных деталей, проточной части и пар перепускных труб) до 2014 года[42].

В 2006 году на турбоустановке Т-100/120-130-3 ст. № 7 была проведена замена базовых узлов, в результате чего был продлен ресурс на 220 000 часов. С учетом продления, достижение индивидуального ресурса турбоустановки установлен на 2034 год[42].

В 2007 году проведена экспертиза промышленной безопасности турбины Т-100-130 ст. № 5. По ее результатам АО «УРАЛ ОРГРЭС» продлевает парковый ресурс турбины (продление паркового ресурса корпусных деталей, проточной части и пар перепускных труб) до 2014 года[42].

В 2011 году проведена экспертиза промышленной безопасности турбины Т-100/120-130-3 ст. № 8. По ее результатам АО «УРАЛ ОРГРЭС» продлевает парковый ресурс турбины (продление паркового ресурса корпусных деталей, проточной части и пар перепускных труб) до 2022 года[42].

В 2011 году на турбоустановке Т-100-130 ст. № 4 была проведена замена базовых узлов, в результате чего был продлен ресурс на 220 000 часов. С учетом продления, достижение индивидуального ресурса турбоустановки установлен на 2046 год[42].

Таблица 3- Нарботка энергетических котлов с момента ввода в эксплуатацию

Тип котла	Год ввода	Наработка, ч (на 01.01.2012)	Парковый ресурс работы	Год достижения паркового ресурса	Индивидуальный ресурс, ч	Назначенный межремонтный ресурс, ч	Наработка с последнего капитального ремонта, ч
ТГМ-84	1969	276587	-	2016	-	40800	24891
ТГМ-84	1970	272315	-	2017	-	40800	15511
ТГМ-84	1970	263480	-	2019	-	40800	3486
ТГМ-84	1971	253888	-	2020	-	40800	24934
ТГМ-84	1971	249370	-	2020	-	40800	33940
ТГМ-84	1975	226995	-	2025	-	40800	18267
ТГМ-84	1976	224362	-	2025	-	40800	22697
ТГМ-84	1979	192832	-	2031	-	40800	26141
ТГМ Е-464	1982	182351	-	2033	-	40800	15066
ТГМ Е-464	1983	172887	-	2034	-	40800	6230
ТГМ Е-464	1984	160971	-	2036	-	40800	24032
ТГМ Е-464	1991	114037	-	2045	-	40800	859

3.5 Анализ существующей диагностики оборудования на ТЭЦ ВАЗа

Основанием для проведения экспертизы промышленной безопасности в части ТД и ОСС являются:

- требования статей 7, 9, 13 Федерального закона «О промышленной безопасности производственных объектов» 116 – ФЗ от 21.07 1997 года с изменениями [10].

- приказ Ростехнадзора от 14.11.2013 N 538 (ред. От 03.07.2015) "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности Требования «Правил проведения экспертизы промышленной безопасности» (Общие положения, пункт 5) [11].

Программа технического диагностирования на ТЭЦ ВАЗа разработана в соответствии с требованиями РД 10-577-03 «Типовая инструкция по контролю металла и продлению срока службы основных элементов котлов, турбин и трубопроводов тепловых электростанций » [46].

Согласно РД 10-577-03 рассчитывается и определяется парковый ресурс основных элементов энергооборудования.

Парковый ресурс - наработка однотипных по конструкции, маркам стали и условиям эксплуатации элементов теплоэнергетического оборудования, в пределах которой обеспечивается их безаварийная работа при соблюдении требований действующей нормативной документации[46].

Возможность продления срока эксплуатации паропровода сверх паркового ресурса основывается на положительных результатах обследования (в том числе неразрушающего контроля, лабораторных исследований) и расчетных оценок остаточного ресурса «Таблица 4»[46].

Техническая диагностика на ТЭЦ ВАЗа элементов теплоэнергетического оборудования таких как трубопроводы в пределах котла с наружным диаметром 100 мм и более, коллекторы, для определения дальнейшей эксплуатации, в пределах которой обеспечивается их безаварийная работа проводится с применением методов:

- визуально
- оптического
- ультразвукового контроля
- магнитопорошкового контроля.

Таблица 4 -Значения паркового ресурса коллекторов котлов в зависимости от расчетных параметров эксплуатации и примененных марок стали.

Марка стали коллектора котла	Расчетная температура пара в коллекторе, °С	Парковый ресурс коллекторов котла, тыс. ч
12мх	£ 510	300
12мх	511 - 530	250
15хм	£ 530	300
12х1мф	£ 545	200
12х1мф	> 545	150
15х1м1ф	£ 545	200

3.6 Визуально-оптический контроль и визуальный осмотр

Визуально-оптический контроль и визуальный осмотр - наиболее доступный и простой метод обнаружения поверхностных дефектов деталей, Визуально-оптический контроль проводится согласно РД 03-606-03 «Инструкция по визуальному и измерительному контролю» [47].

Визуальный контроль применяется для обнаружения самых явных дефектов конструкций и материалов. Внешний осмотр исследуемого объекта на предмет дефектов производится, как с применением оптических средств, так и без них [47].

Главный недостаток визуального контроля заключается в ограниченности такого метода, поскольку он позволяет исследовать и выявить только видимые на поверхности объекта дефекты[47].

3.7 Ультразвуковой контроль

Ультразвуковой контроль проводится на ТЭЦ ВАЗа для определения несплошности и выявления дефектов в сварных швах трубопроводов.

Ультразвуковой контроль проводится согласно гост Р 55724-2013 контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые[48].

При УЗК сварных соединений применяют следующие способы (варианты методов) контроля: эхо-импульсный, зеркально-теневого, эхо-теневого, эхо-зеркальный, дифракционный[48].

Принцип работы данного метода заключается в распространении акустических волн в твердом теле, и отражения волн от границ дефекта в материале или от границы самого материала «Рисунок 3»[48].

Для УЗК сварных соединений используют следующие средства контроля:

-УЗ импульсный дефектоскоп или аппаратно-программный комплекс (далее дефектоскоп);

- преобразователи (ПЭП, ЭМАП) по ГОСТ Р 55725 или не стандартизированные преобразователи (в том числе - многоэлементные), аттестованные (калиброванные) с учетом требований ГОСТ Р 55725;

- меры для настройки и проверки параметров дефектоскопа.

Дополнительно могут быть использованы вспомогательные приспособления и устройства для соблюдения параметров сканирования, измерения характеристик выявленных дефектов, оценки шероховатости и другие[48].

Для проведения контроля поверхность соединения, по которой перемещают преобразователь, не должна иметь вмятин и неровностей, с поверхности должны быть удалены брызги металла, отслаивающиеся окалина и краска, загрязнения контролируемая поверхность должна иметь частоту поверхности не менее R_z40 мкм[48].

Контролируемый объект должен быть освобожден от рабочей среды[48].

Преобразователи настраиваются с помощью мерных пластин на необходимые параметры, устанавливаются на объекте с помощью клеящих смазок и перемещаются по объекту. Перемещение может быть продольным или поперечным «Рисунок 4»[48].

“Основные параметры контроля:

- частота ультразвуковых колебаний;
- чувствительность;
- положение точки выхода луча (стрела) преобразователя;
- угол ввода луча в металл;
- погрешность измерения координат или погрешность глубиномера;
- мертвая зона;
- разрешающая способность;
- угол раскрытия диаграммы направленности в плоскости падения волны;
- шаг сканирования.

Основными измеряемыми характеристиками выявленной несплошности являются:

- соотношение амплитудной и/или временной характеристики принятого сигнала и соответствующей характеристики опорного сигнала;
- эквивалентная площадь несплошности;
- координаты несплошности в сварном соединении;
- условные размеры несплошности;
- условное расстояние между несплошностями;
- количество несплошностей на определенной длине соединения”[48].

Измеряемые характеристики, используемые для оценки качества конкретных соединений, должны быть регламентированы технологической документацией на контроль[48].

В качестве условных размеров выявленной несплошности могут быть использованы: условная протяженность ΔL ; условная ширина ΔX ; условная высота ΔH «Рисунок 5» [48].

Условное расстояние Δl между несплошностями измеряют по расстоянию между крайними положениями преобразователя.

При этом крайние положения задаются в зависимости от протяженности несплошностей:

- для компактной несплошности $\Delta L \leq L_0$, где L_0 - условная протяженность ненаправленного отражателя, залегающего на той же глубине, что и несплошность), за крайнее принимают положение преобразователя, при котором амплитуда эхо-сигнала максимальна[48];
- для протяженной несплошности $\Delta L > L_0$ за крайнее принимают положение преобразователя, при котором амплитуда эхо-сигнала соответствует заданному уровню чувствительности[48].

Не соответствуют требованиям УЗК сварные соединения, в которых измеренное значение хотя бы одной характеристики выявленного дефекта больше браковочного значения этой характеристики, заданного в технологической документации[48].

К основным недостаткам ультразвукового метода контроля, исходя из проведенного исследования можно отнести:

- требование ровной, гладкой поверхности изделия, для проведения сканирования[48];
- невозможность определения характера дефекта и его реальных размеров[48]
- отсутствие объективного результата сканирования, в связи погрешностями аппаратуры особенно при выполнении контроля в ручном режиме[48]

- необходимость остановки оборудования и освободить его от рабочей среды для проведения сканирования[48].

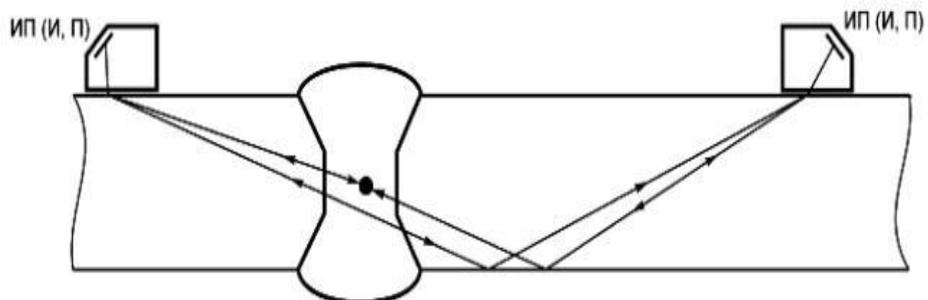


Рисунок 3- отражения волн.

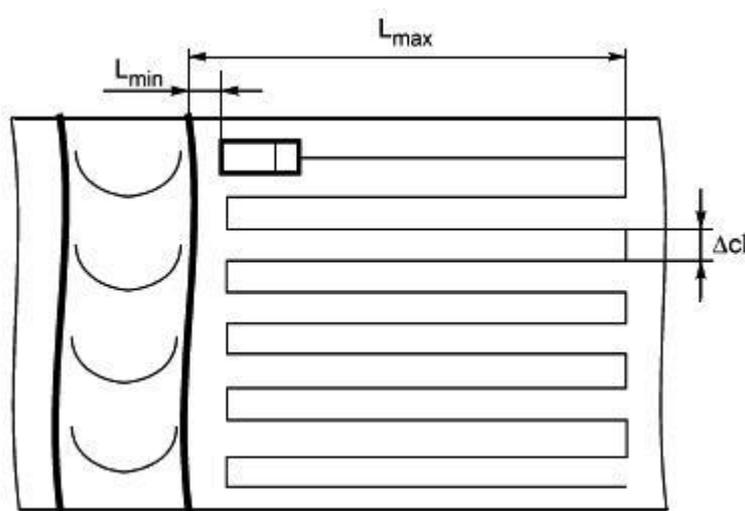


Рисунок 4– продольно-поперечного сканирования.

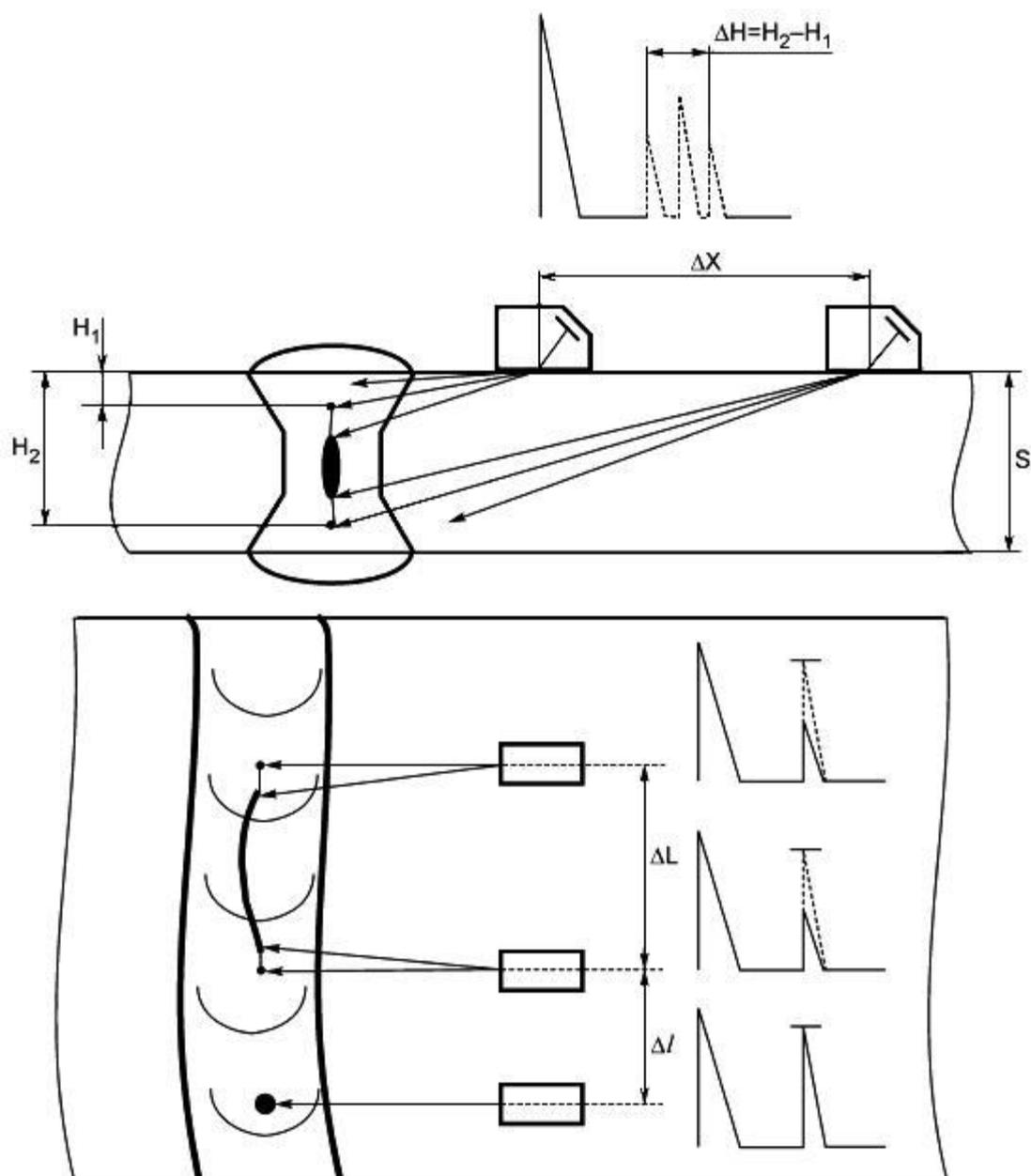


Рисунок 5 - Измерение условных размеров дефектов.

3.8 Магнитопорошковый метод контроля

Магнитопорошковый метод контроля проводится на ТЭЦ ваза для определения несплошности и выявления дефектов в материалах трубопроводов, котлах, коллекторах.

Магнитный, а точнее сказать магнитопорошковый метод контроля проводится согласно РД 13-05-2006 « Методические рекомендации о порядке проведения магнитопорошкового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах» [21].

Специалисты, осуществляющие магнитопорошковый контроль, должны быть аттестованы по правилам аттестации персонала в области неразрушающего контроля (ПБ 03-440-02), утвержденными постановлением Госгортехнадзора России от 23.01.02 г. № 3, зарегистрированным, Министерством юстиции Российской Федерации 17 апреля 2002 г., регистрационный № 3378 [23].

При выполнении работ специалисты должны руководствоваться ГОСТ 12.2.003 [24], ГОСТ 12.3.002 [25], и соблюдать противопожарную безопасность по ГОСТ 12.1.004 [26].

Принцип, магнитопорошкового метода заключается в нанесении магнитного порошка или магнитопорошковой суспензии на заранее подготовленную очищенную поверхность,

С поверхности, подвергаемой магнитопорошковому контролю, удаляют масло, смазку, пыль, шлаки, продукты коррозии, окалину и другие загрязнения, а также лакокрасочное покрытие и другое защитное или защитно-декоративное покрытие, если его толщина превышает 30-40 мкм.[21]

После того как поверхность подготовлена ее намагничивают с помощью трансформаторов.

В результате магнитные линии обтекают намагниченный объект контроля, а там где есть трещина или дефект линии изменяют свое расположение, возникают поля рассеивания, после нанесения магнитного порошка или суспензии в местах трещин или дефектов материал порошка

скапливается в этих местах «Рисунок 2». И в дальнейшем при помощи дефектоскопов выявляют трещины, коррозии, и другие повреждения, влияющие на безопасную эксплуатацию.

После проведения исследования намагниченный объект размагничивают для предотвращения влияния магнитного поля на погрешность приборов, аппаратов, датчиков которые используются при эксплуатации объекта.

Магнитопорошковый метод относится к индикаторным (не измерительным) методам неразрушающего контроля. Он не позволяет определять глубину и ширину поверхностных дефектов, размеры подповерхностных дефектов и глубину их залегания[21].

Магнитопорошковым контролем не могут быть проконтролированы элементы конструкций и детали:

- из неферромагнитных сталей, цветных металлов и сплавов;
- на поверхности которых не обеспечена необходимая зона для намагничивания и нанесения магнитного индикатора, а также если зона контроля недоступна для осмотра[21];
- с существенной магнитной неоднородностью материала[21];
- с несплошностями, плоскости которых составляют с направлением намагничивающего поля угол менее 30° [21];
- сварные швы, выполненные немагнитным электродом[21].

Кроме того данный метод требует полной остановки технологической линии

Исходя из изученного метода можно сделать вывод, что данный метод контроля не может быть применим для обеспечения определения напряжённо-деформированного состояния в работающих установках, является с точки

зрения безопасности для специалистов вредным, так, как специалист, проводя обследования, попадает в электромагнитное поле создаваемое оборудование для контроля, что в последствии сказывается на его состоянии.

Существует и опасность повреждение глаз специалиста, при проведении магнитопорошкового контроля, на темных поверхностях используются люминесцентные магнитные индикаторы с последующим ультрафиолетовым облучением.

Исследовав и проанализировав условия эксплуатации оборудования и методы диагностики которые используются на ТЭЦ ВАЗа, я пришел к выводу что они не достаточны для безопасной эксплуатации ТЭЦ, потому что данные методы не позволяют отслеживать поведение материалов в условиях жесткой термоцикличности, при которых оборудование эксплуатируется на ТЭЦ.

Данные методы контроля используются в определенных интервалах времени между исследованиями, что уже является не достаточно для безопасной эксплуатации, потому что даже при незначительном изменении таких факторов как температура или давление рабочей среды на прямую оказывают влияние на физико-механические свойства материала оборудования, в котором они происходят.

Поэтому внедрение эффективного метода, несущего в себе качественную и количественную диагностическую информацию эксплуатационного состояния объекта, позволяющего оценить техническое состояние объекта, выявить области повышенных напряжений и деформаций, рассчитать величину напряжений и деформаций, оценить возможность образования и роста дефектов, на мой взгляд, будет иметь большое значение в безопасной эксплуатации ТЭЦ ВАЗа.

3.9 Внедрение предложенного метода диагностики оборудования на ТЭЦ ВАЗа.

Мной предложен комплексный метод, определяющий состояние объектов, который позволяет наряду с повышением выявления мест повреждения, измерять напряженно-деформированное состояние, отслеживать их текущее состояние и выявлять участки, наиболее подверженные опасности разрушения.

Такой метод запатентован кандидатом технических наук Сергиевым Борисом Петровичем, Шелобковым Валерием Ивановичем, Ивановым Валерием Ивановичем, патент: № 2494434 С1 от 07.06.2012 «способ определения деформационных свойств объектов» [36].

Изобретение относится к области управления промышленной безопасностью и технической диагностики, в частности к контролю напряженно-деформированного состояния таких объектов, как сосуды, аппараты, печи, строительные конструкции, трубопроводы, находящихся под действием механических и/или термомеханических нагрузок, с использованием анализа распределения температурных полей на поверхности объекта и связанного с ними распределения механических напряжений[36].

Они утверждают, что предлагаемый способ измерения деформации материала объекта свободен от недостатков известных способов. Заявляемый способ позволяет предотвращать разрушение диагностируемых материалов и объектов в широком диапазоне деформаций, путем дистанционного мониторинга физических полей (температур и деформаций), связанных с уровнем деформаций (напряжений) и позволяет определить уровень деформаций и определить степень приближения их к предельному значению, не превышая его в наиболее нагруженных зонах объекта[36].

С целью устранения недостатков известных решений, в предлагаемом способе картину распределения температуры на поверхности контролируемого объекта, получают по изменению цвета термочувствительного вещества, зарегистрированному с помощью цифровых оптических средств, и используя предварительно полученные номограммы, регистрируют распределение температур на поверхности контролируемого объекта, на основании которого выполняют расчет напряженно-деформированного состояния, выделяют зоны повышенных напряжений и деформаций для дальнейшего мониторинга указанных зон [36].

Принцип, заявленного изобретения заключается в нанесении термочувствительного вещества, в частности термочувствительной краски, на поверхность исследуемого объекта.

Термочувствительная краска таких марок как:

- Ag_2HgI_4 , критическая температура 50°C , цвет меняется от желтого к тёмно-коричневому[36],

- NH_4VO_3 , критическая температура 240°C , цвет меняется от белого к черному[36],

- $\text{PbS}+4\text{BaO}_2$ критическая температура 340°C , цвет меняется от черного к белому[36].

При использовании смеси термочувствительных веществ возможно многократное изменение цвета - свыше 10 изменений. Температуры, которые могут быть определены терм индикаторами, находятся в диапазоне $+30^\circ\text{C} \div +1600^\circ\text{C}$. Паспортная точность термоиндикаторов составляет $\pm 2^\circ\text{C} \div \pm 5^\circ\text{C}$, что вполне достаточно для требуемой оценки температуры для последующих расчетов деформаций[36].

Возможно, использование как необратимых, так и обратимых терм индикаторов, которые могут изменять цвет как в одну, так и в другую сторону, изменения температуры достаточно для требуемой оценки температуры для последующих расчетов деформаций [36].

После нанесения лакокрасочного индикатора, с помощью цифровых оптик телевизионных средств регистрируется изменение цвета индикатора в соответствии с изменением температуры объекта. По зарегистрированным цветовым снимкам, согласно предварительно полученной температурной карте, определяют температурное поле на поверхности объекта, на основании которого выполняют расчет напряженно-деформированного состояния, выделяют зоны повышенных напряжений и деформаций для дальнейшего мониторинга указанных зон[36].

Расчеты напряженно-деформированного состояния выполняются с применением метода конечных элементов к зарегистрированному распределению температур по поверхности объекта, для чего предварительно разбивают контролируемую поверхность на отдельные элементы и выбирают аппроксимирующую функцию в виде, например, равномерного распределения температуры на отдельном элементе. [36]

Расчеты производятся с помощью компьютерных программ, которые устанавливаются в компьютеры, на которые поступают данные от цифровых оптик телевизионных средств.

Используется программа теплотехнического расчета «Temp-3d», позволяющая рассчитать теплопередачу «Рисунок 6» [38] и механику разрушения материалов[39], далее - программа ANSYS в системе метода конечного элемента анализа [40], позволяющая получить искомое поле деформаций контролируемого объекта «Рисунок 7» и показать возможность образования трещин в объекте контроля «Рисунок 8».

Данный способ мониторинга диагностики позволяет уменьшить риск аварии промышленных объектов, поскольку позволяет выявить области, в которых материал объекта претерпел существенную деформацию и приблизился к предельному состоянию или превзошел его[36].

Внедрение предложенного метода мониторинговой диагностики оборудования является более эффективным, и имеет следующие преимущества:

- позволяет оперативно, бесконтактно и дистанционно выявить опасные зоны объекта, которые потенциально являются очагами чрезмерных пластических деформаций и возникновения макротрещин[36];

- является высоко оперативным методом, обладающим малыми погрешностями определения опасных зон[36];

- позволяет автоматизировать процессы измерения и обеспечивает возможность использования мониторинговых подходов в съемке и обработке информации[36];

- обладает высокой производительностью диагностики предельных состояний контролируемого объекта[36];

- имеет высокую информативность при выполнении диагностических операций и обработки полученной информации[36].

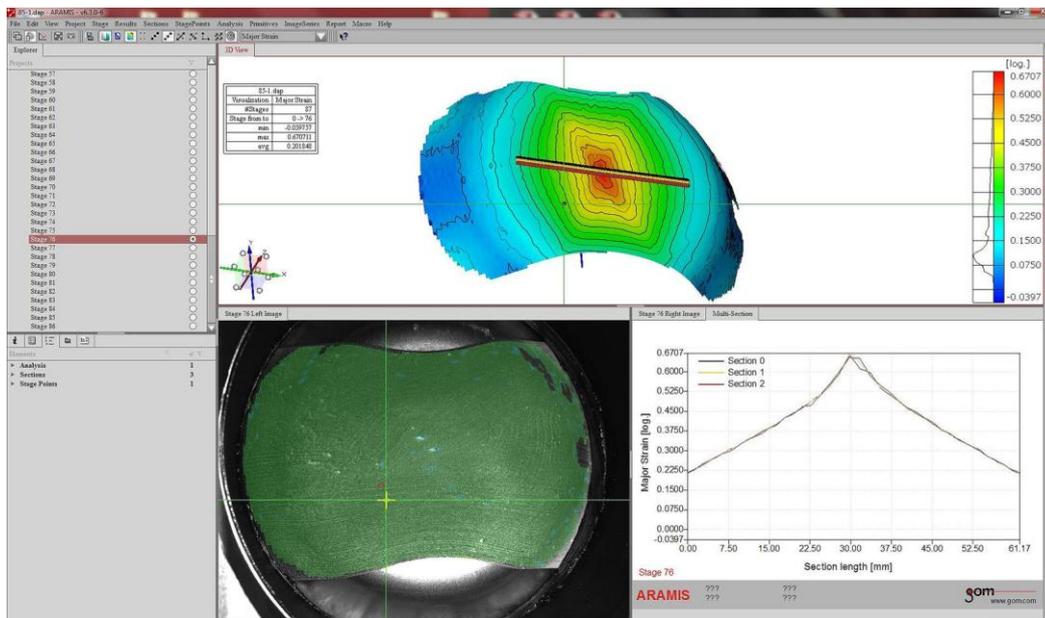


Рисунок 6 - поле теплопередачи

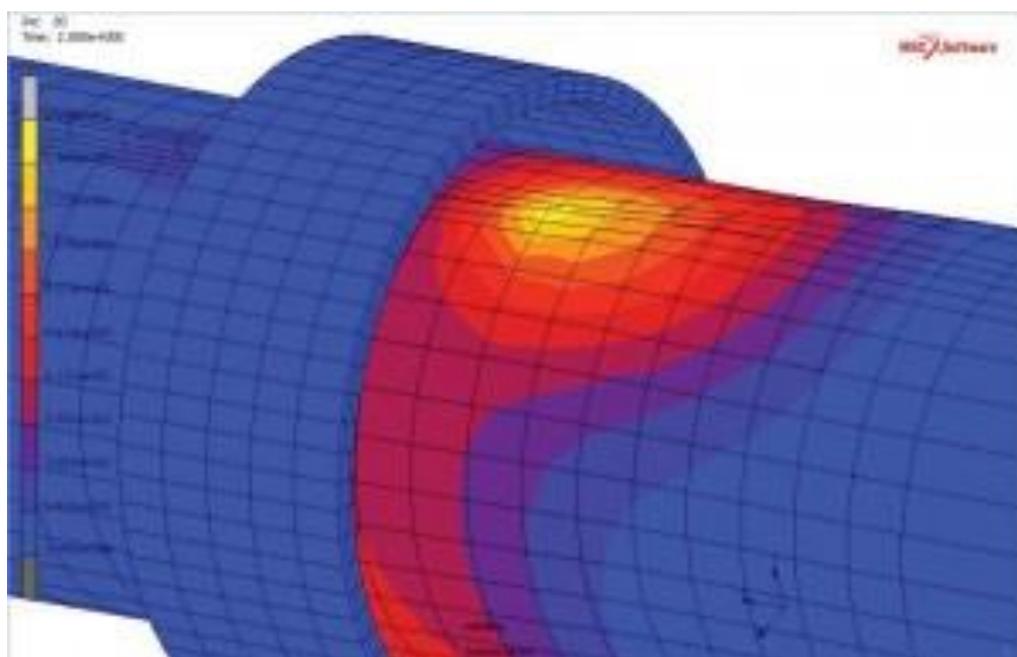


Рисунок 7 - поле деформации

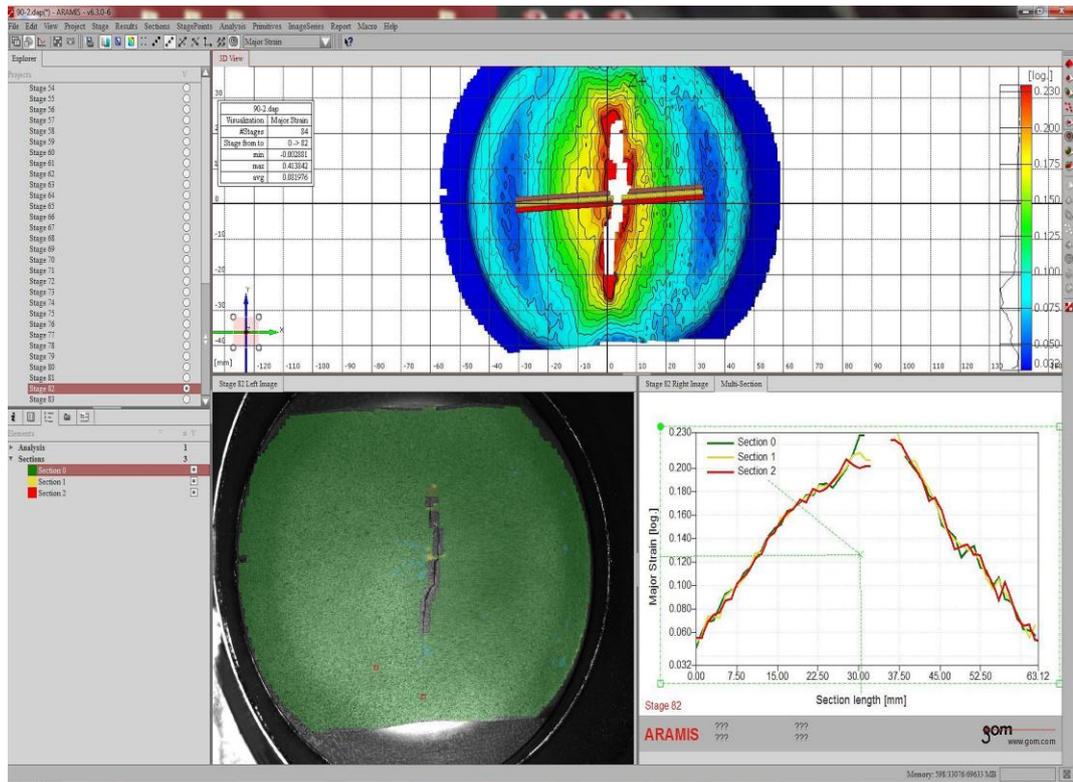


Рисунок 8 - разрушение материала

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследуя и анализируя современное состояние методологии диагностики безопасной эксплуатации опасных производственных объектов энергетической отрасли я пришел к выводу, что современная диагностическая методология включает в себя базовые методы определения физико-механических свойств материалов, это такие как:

- магнитный
- электрический
- вихре токовый
- радиоволновый
- тепловой
- оптический
- радиационный
- акустический
- проникающими веществами

Эти методы позволяют обнаруживать не только поверхностные, но и подповерхностные дефекты, залегающие на малой глубине (до 2 мм).

В процессе исследования выяснил, что все базовые методы диагностики имеют общие недостатки, которые не в полной мере обеспечивают безопасную эксплуатацию.

К таким недостаткам относятся:

- результаты исследования базовыми методами контроля имеют косвенные измерения свойств объектов, не имеющих непосредственного

значения в реальном времени при эксплуатации объекта. Связь между эксплуатационными свойствами объекта и измерениями должна подтверждаться ежедневно, что очень важно при стареющем оборудовании[33],

- исследования в основном показывают качественные результаты, а не количественные, и поэтому они не могут дать возможности измерения разрушающих нагрузок, ответить на вопрос сколько осталось до разрушения[33],

- обычно испытания требуют исследования на предварительно подготовленных образцах для сопоставления с исследованиями в рабочих условиях с дальнейшим анализом и определением работоспособности, в тех случаях когда результаты анализа расходятся, и методика не позволяет дальнейшие исследования, в таких случаях возможна ошибочная оценка результатов испытаний[33].

Особо необходимо отметить связь между эксплуатационными свойствами объекта и измерениями должна подтверждаться ежедневно, так как высокие уровни температур, неравномерное распределение температурного поля в объекте, изменения температур в процессе производственных циклов, создают в материале объекта высокие термомеханические статические и циклические напряжения, которые могут превысить в определенных зонах объекта предел упругости, что приводит к возникновению пластической деформации. В зависимости от видов нагружения и рабочих циклов в наиболее напряженных областях могут возникать статические и циклические микро- и макротрещины, что неизбежно может привести к аварии на опасном объекте[36].

Разработан новый метод технической диагностики определения напряженно-деформированного состояния таких объектов, как сосуды, аппараты, печи, строительные конструкции, трубопроводы, находящихся под

действием механических и/или термомеханических нагрузок с помощью термоиндикаторных красок.

Данный метод позволяет уменьшить риск аварии промышленных объектов, поскольку позволяет выявить области, в которых материал объекта претерпел существенную деформацию и приблизился к предельному состоянию или превзошел его на начальных стадиях.

Способ имеет следующие преимущества:

- позволяет оперативно, бесконтактно и дистанционно выявить опасные зоны объекта, которые потенциально являются очагами чрезмерных пластических деформаций и возникновения макротрещин[36];

- является высоко оперативным методом, обладающим малыми погрешностями определения опасных зон[36];

- позволяет автоматизировать процессы измерения и обеспечивает возможность использования мониторинговых подходов в съемке и обработке информации[36];

- обладает высокой производительностью диагностики предельных состояний контролируемого объекта[36];

- имеет высокую информативность при выполнении диагностических операций и обработки полученной информации[36].

В настоящее время разработанный метод технической мониторинговой диагностики является достаточно дорогостоящим методом, но при этом наиболее эффективным из всех существующих и имеет большую перспективу в будущем, для дальнейших научных разработок и практического применения во многих отраслях промышленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс] (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11-ФКЗ)

Режим доступа [/http://base.consultant.ru/cons/cgi/online](http://base.consultant.ru/cons/cgi/online).

2 Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. [Электронный ресурс] Официальный сайт. Немецкое общество неразрушающего контроля и технической диагностики.

Режим доступа <http://www.dgzfp.de>

3 Associazione Italiana Prove non Distruttive [Электронный ресурс] Официальный сайт. Итальянское общество неразрушающего контроля.

Режим доступа <http://www.aipnd.it>

4 Schweizerische Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung [Электронный ресурс] Официальный сайт. Швейцарское общество неразрушающего контроля.

Режим доступа <http://www.sgzp.ch>

5 Österreichische Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung [Электронный ресурс] Официальный сайт. Австрийское общество неразрушающего контроля

Режим доступа <Http://www.oegfzp.at>

6 РОНКТД [Электронный ресурс] Официальный сайт. Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностики.

Режим доступа <Http://www.ronktd.ru/international-activity/efndt/>

7 Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД) [Электронный ресурс]/Официальный сайт. Статья о истории создания.

Режим доступа <http://www.ronktd.ru/about/history/>

8 Концепция управления Системой неразрушающего контроля и основные направления ее развития [Электронный ресурс] /утв. Госгортехнадзором РФ 28.08.1999

9 Иванов Е.А. Документы Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. Неразрушающий контроль [Электронный ресурс] Е.А. Иванов, Б.А. Красных, В.С. Котельников, Н.А. Хапонен, В.И. Сидоров, А.С. Печеркин, О.В. Покровская, Н.Н. Коновалов, Н.Н. Вадковский, В.П. Шевченко, Ю.Н. Козин Серия 28 Выпуск 1 система неразрушающего контроля. Аттестация лабораторий Сборник документов 2-е издание, исправленное и дополненное Москва ЗАО НТЦ ПБ 2009

Режим доступа Http://snipov.net/database/c_4294956133

10 Российская Федерация федеральный закон от 20 июня 1997 года116 [Электронный ресурс] «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» принят Государственной Думой20 июня 1997 года

Режим доступа/<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>.

11 Приказ Ростехнадзора От 14 ноября 2013 г. N 538 [Электронный ресурс] Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила проведения Экспертизы промышленной безопасности" Зарегистрировано в Минюсте России 26 декабря 2013 г. N 30855

Режим доступа /<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

12 Афанасьев Д.А. Алгоритм проведения экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс] Д.А. Афанасьев, В.В. Мельников, О. В. Сафронов, статья. Электронный журнал «Наука и безопасность»

<http://www.pamag.ru/src/algorithm-provedeniya-ecspertizi-pb.pdf>

13 Кашубский Н. В. Методы неразрушающего контроля. [Электронный ресурс] Н. В. Кашубский, А. А. Сельский, А. Ю. Смолин А. А. Кузнецов, В. И. Афанасов электронный учебно-методический комплекс по дисциплине Мультимедийное обучающее электронное издание СФУ г. Красноярск 2009

Режим доступа /http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/1588/u_manual.pdf

14 Барыбин Д.А. Разрушающий и неразрушающий контроль на опасном производственном объекте [Электронный ресурс] Д.А. Барыбин, Ю.В. Абель, Серия «Естественные и Технические науки», Изд-во «научные технологии» № 9-10 2014

15 Конспект лекций по дисциплине «Введение в направление» [Электронный ресурс] Файловый архив для студентов

Режим доступа /<http://www.studfiles.ru/preview/2828113/>

16 Гост 18353-79. Государственный стандарт союза ССР. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов [Электронный ресурс] (введен в действие постановлением госстандарта ссср от 11.11.1979 n 4245)

Режим доступа <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

17 Ершов Д. Ю. Статья Техническое диагностирование и методы контроля механических узлов в машиностроении [Электронный ресурс] Д. Ю. Ершов Научный журнал «Молодой учёный» — 2013. — №4. — С. 62-64.

Режим доступа // <http://www.moluch.ru/archive/51/6463/>

18 Бирюкова П.П. Система неразрушающего контроля. Виды (методы) и технология неразрушающего контроля. Термины и определения [Электронный ресурс] П.П. Бирюкова (разделы 1, 2), В.П. Вавилов (раздел 12), В.А. Воронков (разделы 1, 2, 4), Ю.А. Глазков (раздел 7), А.И. Евлампиев (раздел 8), В.Г. Засецкий (раздел 11), В.И. Иванов (разделы 1, 2, 3, 9, 10, 12), Н.Н. Коновалов (разделы 1, 2), Ю.В. Ланге (раздел 4), Л.А. Соколова (раздел 6), Ф.Р. Соснин (разделы 3, 10, 12), М.В. Филинов (раздел 6), В.Е. Шатерников (раздел 5), В.П. Шевченко (разделы 1, 2), Г.С. Шелихов (раздел 7) Справочное пособие. Серия 28. Выпуск 4 / Колл.авт. - М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003.

Режим доступа /<http://www.znaytovar.ru/gost/2/PosobieSistema>.

19 ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике основные понятия. Термины и определения [Электронный ресурс] утв. Постановлением Госстандарта СССР от 15.11.1989 N 3375) Дата введения 01.07.90

Режим доступа /<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

20 Анализ напряженно-деформированного состояния технологического трубопровода [Электронный ресурс] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» Институт природных ресурсов. Направление 131000 «Нефтегазовое дело». Кафедра транспорта и хранения нефти и газа. Отчет по практике

Режим доступа /<http://bibliofond.ru/view.aspx?Id=793863> Вид работы:

21 РД 13-05-2006 «Методические рекомендации о порядке проведения магнитопорошкового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах» [Электронный ресурс]

Режим доступа /<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

22 ГОСТ Р 55612-2013. Национальный стандарт Российской Федерации. Контроль неразрушающий магнитный. Термины и определения" [Электронный ресурс] утвержден и введен в действие Приказом Росстандарта от 06.09.2013 N 1029-ст)

Режим доступа /<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

23 ПБ 03-440-02 Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля [Электронный ресурс] / утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 23.01.02 г. № 3, зарегистрированным Министерством юстиции Российской Федерации 17 апреля 2002 г., регистрационный № 3378.

Режим доступа /<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

24 ГОСТ12.2.003-91 Оборудование производственное Общие требования безопасности [Электронный ресурс] утв. Постановлением Госстандарта СССР от 06.06.1991 N 807.

Режим доступа /<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

25 ГОСТ 12.3.002-75 Система стандартов безопасности труда процессы производственные Общие требования безопасности [Электронный ресурс] " (введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 25.04.1975 N 1064) "Изменение N 2 ГОСТ 12.3.002-75 "Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности" (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 23.11.1990 N 2911)

Режим доступа /<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

26 ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность Общие требования. [Электронный ресурс] утв. Постановлением Госстандарта СССР от 14.06.1991 N 875 (ред. От 01.10.1993)

Режим доступа /<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

27 РД-13-03-2006 «Методические рекомендации о порядке проведения вихретокового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах» [Электронный ресурс] Приказ Ростехнадзора от 13.12.2006 N 1072 "Об утверждении и введении в действие руководящих документов" (вместе с "Методическими рекомендациями о порядке проведения вихретокового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах).

Режим доступа /<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

28 РД-13-04-2006 Методические рекомендации порядке проведения теплового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах [Электронный ресурс] утверждены приказом федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 13 декабря 2006 г. N 1072. Введены в действие с 25 декабря 2006 года

Режим доступа <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

29 ПБ03-372-00 Правила аттестации и основные требования лабораториям неразрушающего контроля [Электронный ресурс] Утверждены Постановлением Госгортехнадзора России от 2 июня 2000 г. N 29. Зарегистрированы Минюстом России 25.07.2000 за №2324

Режим доступа /<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

30 Пот. РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок [Электронный ресурс] Утверждены Постановлением Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 5 января 2001 г. N 3. Приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 27 декабря 2000 г. N 163. Согласовано Федерация Независимых Профсоюзов России, письмо от 27 ноября 2000 г. N 109/123. Госэнергонадзор Минэнерго России 22 декабря 2000 года. Правила вводятся в действие с 1 июля 2001.

Режим доступа /<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

31 Приборы неразрушающего контроля Тепловизор. [Электронный ресурс] Неразрушающий контроль Техно-НТД

Режим доступа /<http://t-ndt.ru/index.php?id=1457>

32 ПБ 03-593-03. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов. [Электронный ресурс] Постановление Госгортехнадзора РФ от 09.06.2003 N 77 "Об утверждении Правил организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов" (Зарегистрировано в Минюсте РФ 19.06.2003 N 4778) утвержден Госгортехнадзор России от 2003-06-09. Регистрация Минюста России № 4778 19.06.2003

Режим доступа /<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

33 Каневский И.Н. Неразрушающие методы контроля [Электронный ресурс] учебное пособие. И.Н. Каневский, Е.Н. Сальников-Владивосток издательство ДВГТУ, 2007 -243с.

Режим доступа/<https://docviewer.yandex.ru/>

34 Устройство для диагностики предельного состояния и раннего предупреждения об опасности разрушения материалов и изделий [Текст] патент №2403564 С2 Российская Федерация МПК G01N29/14 Автор(ы): Васильев Игорь Евгеньевич (RU), Иванов Валерий Иванович (RU), Махутов Николай Андреевич (RU), Ушаков Борис Николаевич (RU). Учреждение Российской академии наук Институт Машиноведения им. Академика А.А. Благонравова РАН (RU) Заявка: 2009100183/28, 11.01.2009 Опубликовано: 10.11.2010

35 Способ изготовления тензорезисторных чувствительных элементов [Текст] патент №2231021 Российская Федерация G01B7/16 Автор (ы): Тихоненков В.А. (RU), Тихоненков Е.В. (RU) Ульяновский государственный технический университет заявка: 2003115063/28, 20.05.2003 Опубликовано: 20.06.2004

36 Способ управления промышленной безопасностью и диагностики эксплуатационного состояния промышленного объекта [Текст]: пат. 2494434 Рос. Федерация: МПК G05B17/00 G01N25/72 G01B11/16 Сергиев Борис Петрович, Шелобков Валерий Иванович, Иванов Валерий Иванович; заявитель и патентообладатель. Закрытое акционерное общество "ГИАП-дистцентр"- N 2012123508/08 заявл. 07.06.2012; опубл. 27.09.201

37 Самарский А.А Вычислительная теплопередача [Текст]/ А.А Самарский П.Н. Вабищевич. - М.: Едиториал-УРСС, 2002. – 784 с.

38 Temper-3D теплотехнические расчеты в соpуright [Электронный ресурс] © 2015 Temper-3d

Режим доступа /<http://www.temper3d.ru>

39 Сиратори М. Вычислительная механика разрушения [Текст]/ М Сиратори , Т. Миеси, Х. Мацусита - М.: Мир, 1986. - 334 с.

40 Басов К.А. Геометрическое моделирование [Текст]/ К.А. Басов ANSYS и LMS Virtual Lab. - М.: ДМК Пресс, 2006. – 240 с.

41 Монастырский А.В. Особенности моделирования возникновения трещин в отливках на примере СКМ ЛП [Текст] А.В. Монастырский, А.Ф. Смыков «полигонсофт». Литейное производство. - 2010, - № 12. – 36 с.

42 Проект схемы теплоснабжения городского округа Тольятти на период с 2013 по 2027 год [Электронный ресурс] Официальный портал. Мэрия городского округа Тольятти

Режим доступа <https://yadi.sk/d/L6cuaaalBqsAQ>

43 Российская Федерация Федеральный закон от 26 марта 2003 г. N 35-ФЗ "Об электроэнергетике" [Электронный ресурс] Принят Государственной Думой 21 февраля 2003 года. Одобрено Советом Федерации 12 марта 2003 года

Режим доступа /<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

44 Российская Федерация Федеральный закон от 27 июля 2010 г. N 190-ФЗ "О теплоснабжении" [Электронный ресурс] Принят государственной Думой 9 июля 2010 года. Одобрено Советом Федерации 14 июля 2010 года

Режим доступа /<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

45 Постановление Правительства РФ от 26 июля 2007 г. N 484 "О выводе объектов электроэнергетики в ремонт и из эксплуатации" [Электронный ресурс] Утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 26 июля 2007 г. N 484

Режим доступа /<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

46 РД 10-577-03 Типовая инструкция по контролю металла и продлению срока службы основных элементов котлов, турбин и трубопроводов тепловых

электростанций [Электронный ресурс] утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 18 июня 2003 г. N 94

Режим доступа /<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

47 РД 03-606-03 «Инструкция по визуальному и измерительному контролю» [Электронный ресурс] Постановление от 11 июня 2003 г. N 92 об утверждении "инструкции по визуальному и измерительному контролю" утверждена постановлением Госгортехнадзора России от 11.06.2003 N 92. Зарегистрировано в Минюсте РФ 20 июня 2003 г. N 4782

Режим доступа /<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>

48 Гост Р 55724-2013. Национальный стандарт Российской Федерации. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые [Электронный ресурс] утв. И введен в действие Приказом Росстандарта от 08.11.2013 n 1410-ст

Режим доступа /<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online>