

Открытое акционерное общество  
«Системы и технологии обеспечения безопасности»

# «ТЕХДИАГНОСТИКА»

Специализированный центр по диагностированию оборудования на объектах  
сероводородсодержащих нефтегазовых месторождений  
и газоперерабатывающих заводов ОАО «Газпром»



№ 30 - 01317  
№ 30 - 01747

ИНСПЕКЦИЯ  
ISO/IEC 17020



Экспертная организация Единой системы оценки соответствия на объектах, подконтрольных  
Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору

**МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ОЦЕНКИ  
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И СРОКА БЕЗОПАСНОЙ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ**

# УСЛОВНОЕ ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА



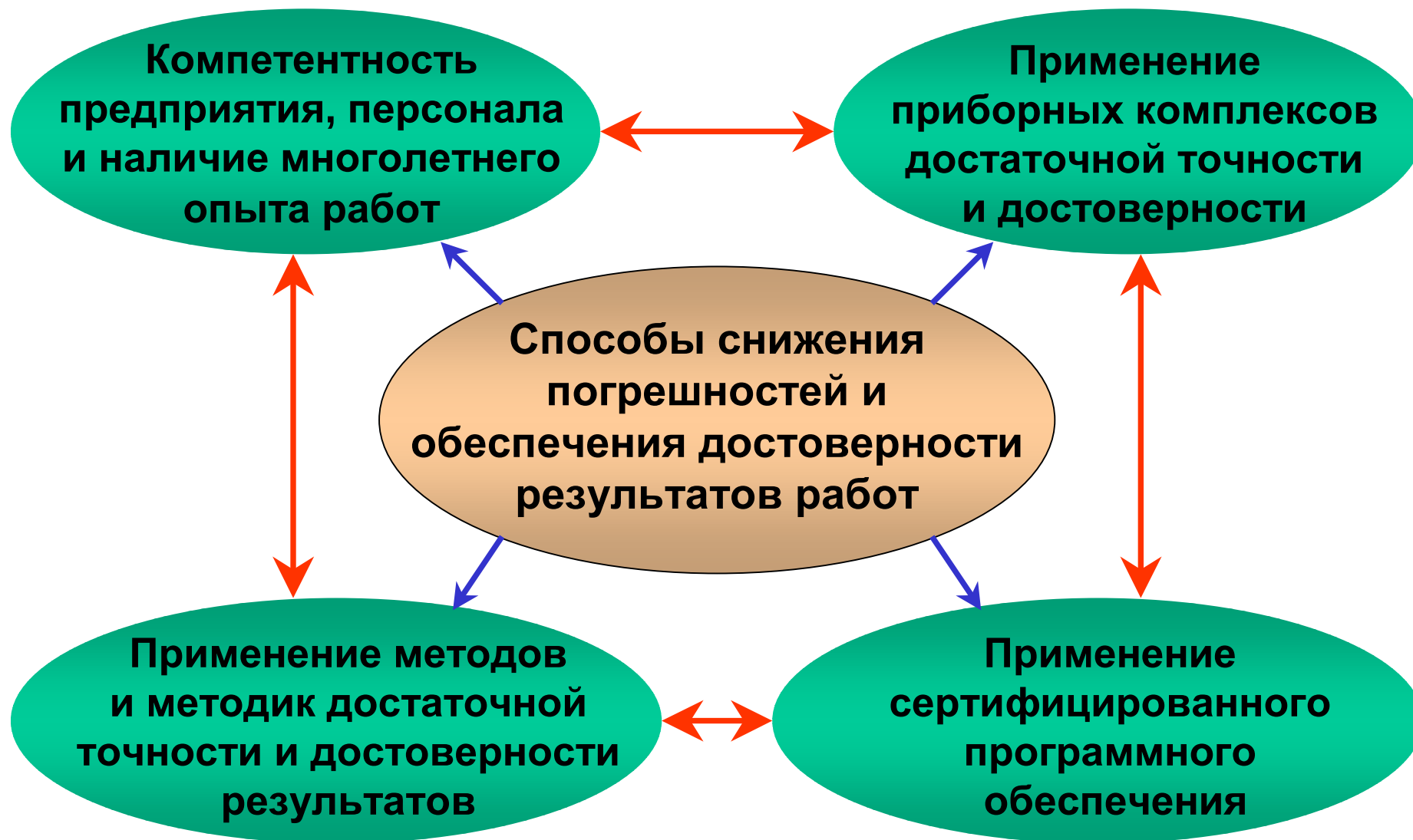
# ОПЫТ РАБОТ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ (ТС) И РЕСУРСА

| Этапы работ                                                                                                          | Методы                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Определение исходных ( $h_0$ ), промежуточных ( $h_{1 \div (i-1)}$ ) значений параметров ТС и наработки ( $t_{ki}$ ) | Анализ технической документации – проектной, исполнительной, ремонтной, эксплуатационной, результатов ранее выполненных освидетельствований, промежуточных контролей, диагностирований и т.д.                    |
| Определение текущих ( $h_i$ ) значений параметров ТС                                                                 | Неразрушающие, повреждающие и разрушающие методы контроля ТС                                                                                                                                                     |
| Определение параметров нагрузок и воздействий                                                                        | Анализ эксплуатационной документации, методы экспериментальной механики                                                                                                                                          |
| Определение возможных предельных состояний (ПС)                                                                      | Анализ повреждений, нагрузок, воздействий и критериальных характеристик металла                                                                                                                                  |
| Определение критериев $[h]$ оценки ТС                                                                                | Анализ нормативных требований и ограничений, расчетно-экспериментальные методы оценки прочности, надежности и живучести по критериям возможных ПС                                                                |
| Определение временных $h_i(t)$ закономерностей изменения параметров ТС                                               | Аппроксимация исходных ( $h_0$ ), промежуточных ( $h_{1 \div (i-1)}$ ) и текущих ( $h_i$ ) значений параметров ТС и определение параметров математических закономерностей $h_i(t)$ их изменения                  |
| Прогнозирование остаточного ресурса ( $\tau$ )                                                                       | Экстраполяция $h_i(t)$ и определение времени до достижения текущих значений ( $h_i$ ) критериев $[h]$                                                                                                            |
| Определение срока и условий безопасной эксплуатации до очередного диагностического обследования                      | Анализ нормативных требований по безопасности и определение ресурса безопасной эксплуатации с учетом достоверности прогнозирования $\tau$ , объема контроля ТС и тяжести последствий возможных ресурсных отказов |

## МЕХАНИЗМЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

| Механизм повреждения                                           | Возможные предельные состояния                                                                                                           | Параметры и критерии оценки ТС                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Коррозионное (эрозионное) изнашивание                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- вязкое разрушение;</li> <li>- потеря герметичности</li> </ul>                                   | Фактическая и отбраковочная (расчетная) толщина стенки по критерию статической прочности                             |
| Изменение механических характеристик металла                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрушение (вязкое, хрупкое)</li> </ul>                                                         | Скорость изменения и оценка фактических свойств на прогнозируемый период эксплуатации                                |
| Сероводородное коррозионное растрескивание                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- возникновение макротрещин и хрупкое разрушение</li> </ul>                                       | Фактическая и допустимая величина условных трещиноподобных повреждений по критерию сопротивления хрупкому разрушению |
| Сдвиг критической температуры хрупкости (охрупчивание металла) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- хрупкое разрушение</li> </ul>                                                                   | Фактическая и допустимая величина условных трещиноподобных повреждений с учетом температуры хрупкости                |
| Циклическое нагружение                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- усталостное растрескивание, возникновение макротрещин и хрупкое разрушение</li> </ul>           | Фактическое и допустимое число циклов нагружения                                                                     |
| Ползучесть металла                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- недопустимое формоизменение;</li> <li>- деформационное старение и хрупкое разрушение</li> </ul> | Фактическая и отбраковочная (расчетная) толщина стенки по критерию длительной прочности                              |

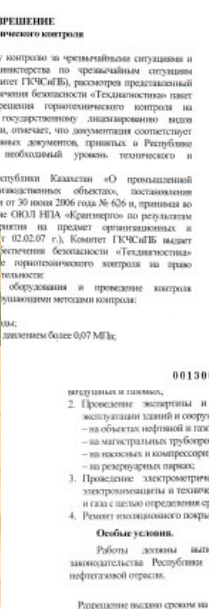
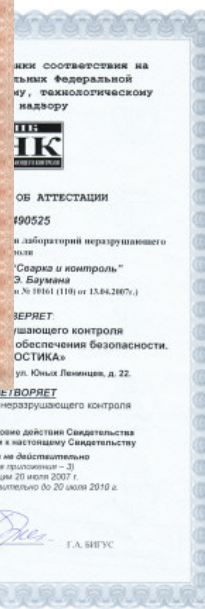
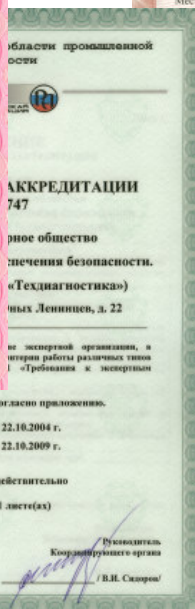
## ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ДОСТОВЕРНОСТИ



# КОМПЕТЕНТНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ



ОАО «Системы и технологии  
обеспечения безопасности  
«Техдиагностика»



отдельных трубопроводов, применяемых на объектах химической, нефтегазовой, пищевой промышленности, литейных, производственных, работающих со взрывчатыми веществами, а также на объектах, связанных с транспортированием опасных грузов, аппаратов насосов, компрессоров



# КОМПЕТЕНТНОСТЬ ПЕРСОНАЛА: АТТЕСТАЦИЯ



Квалификационные удостоверения специалистов НК



Сдача теоретических экзаменов по НК

Компетентность персонала в области неразрушающего контроля обеспечивается не только аттестацией в Независимом органе, но и ежегодным двухмесячным внутрипроизводственным обучением с последующей аттестацией согласно Системы менеджмента качества предприятия.

В ОАО «Техдиагностика» работают более 80 специалистов II уровня квалификации, в т.ч. 16 специалистов со стажем работы более 10 лет, 20 - со стажем более 5 лет и 7 специалистов со стажем работы более 3 лет. Также на предприятии работают 4 специалиста III уровня квалификации.

# КОМПЕТЕНТНОСТЬ ПЕРСОНАЛА: ВНУТРИПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ



**Практические занятия  
дефектоскопистов**



**Контроль стычных узлов**



**Изучение технологии  
работы с твердомерами**



**Проверка результатов работ**



**Теоретические занятия по НК**

# МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ

Предприятие укомплектовано современным диагностическим оборудованием для проведения неразрушающего контроля всеми основными методами НК, специалисты предприятия подготовлены и аттестованы минимум на II квалификационный уровень НК по ПБ 03-440-02. Основные методы контроля и оборудование:

- визуальный и измерительный - эндоскопы Olympus и ВД-8 и т.д.
- акустические методы (ультразвуковой, акустико-эмиссионный) - дефектоскопы Epoch IIb, USN-52 и д.р., толщиномеры DME DL, DMS и д.р., сканирующая УЗ система Canon M500/600, акустико-эмиссионный комплекс A-Line 32D DDM;
- магнитные методы (магнитопорошковый, магнитоанізотропный) - дефектоскопы Magnaflux Y-6, сканер-дефектоскоп «Комплекс 2.05» и д.р.;
- контроль проникающими веществами (капиллярный, течеискание) - комплекты капиллярной дефектоскопии Sherwin, установка контроля герметичности HBP-1;
- вихретоковый - дефектоскопы ED-400, УН-В «Locator» и д.р.
- тепловой (тепловизионный) - тепловизор Thermo Tracer TH5104;
- вибродиагностика - виброанализаторы ТК-81, IRD FastTrak, «Топаз» и д.р.

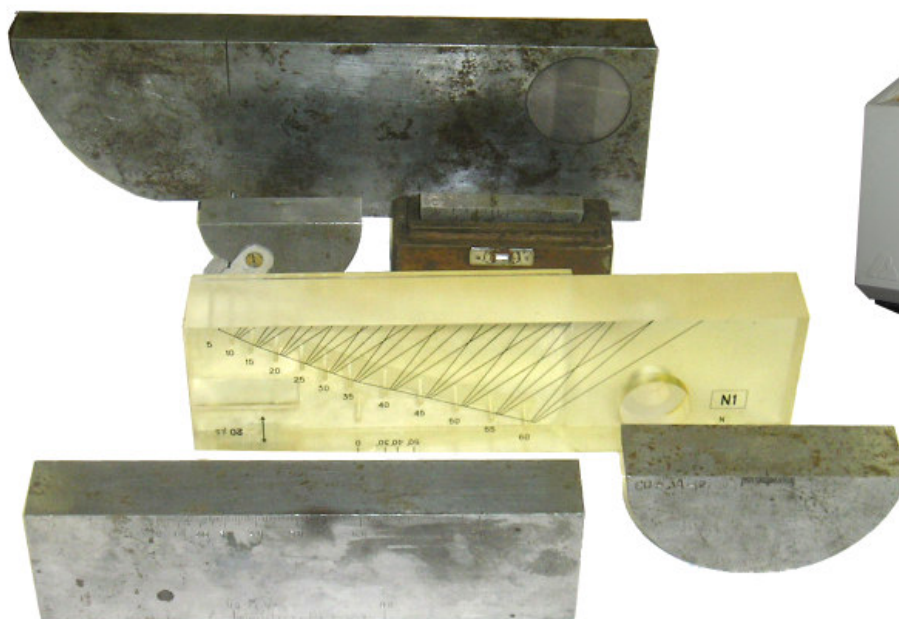
Также персонал предприятия прошел обучение и аттестован на проведение разрушающего контроля, в т.ч.:

- испытания на растяжение;
- испытания на ударный изгиб;
- металлографические и фрактографические исследования;
- измерение твердости переносными и стационарными твердомерами;
- спектральный анализ химического состава металла.

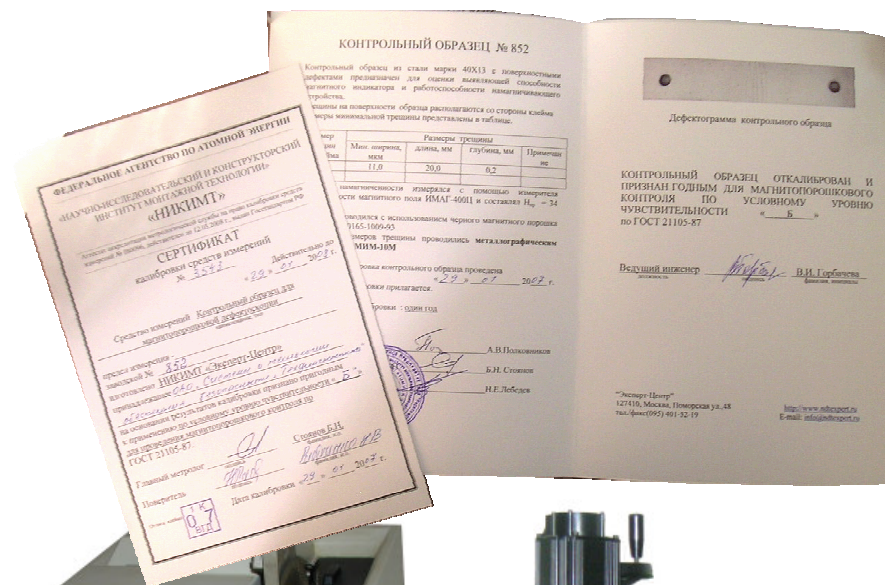
# ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ: ЭТАЛОНЫ И КАЛИБРОВОЧНЫЕ ОБРАЗЦЫ

Обеспечение достоверности результатов измерений осуществляется путем ежесменной настройки диагностического оборудования с использованием как государственных образцов, так и стандартных образцов предприятия (СОП).

СОПы имеют искусственные дефекты с документированными метрологическими характеристиками



Комплект международных и государственных образцов для УЗК



Предприятие оснащено оборудованием для изготовления требуемых для контроля стандартных образцов



# ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ: КАЛИБРОВКА ОБОРУДОВАНИЯ

Помимо государственной поверки, в необходимых случаях силами специалистов метрологической лаборатории ОАО «Техдиагностика» проводится внутрипроизводственная поверка и калибровка приборов, средств измерения и другого диагностического оборудования.

Для поверки ультразвуковых дефектоскопов применяется специализированный поверочный стенд ГСУ УП-10ПУ.



Поверка толщиномеров проводится с применением образцовых мер с плоскодонным отражателем волны (комплект КМД-4).

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ: ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

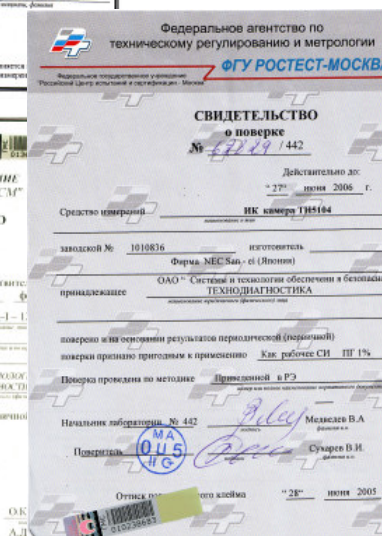
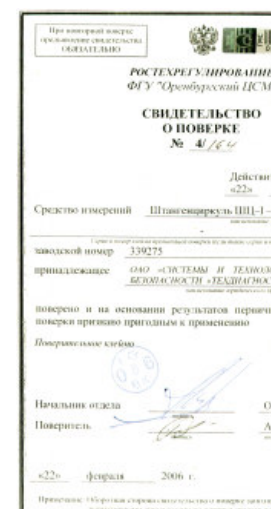
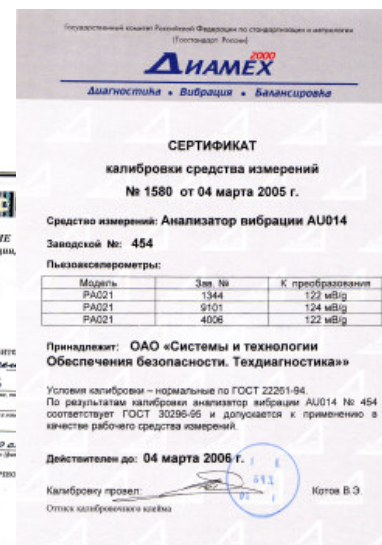


Все средства измерения, используемые Лабораторией неразрушающего контроля, имеют сертификаты об утверждении типа средств измерений и внесении в Государственный реестр средств измерений.

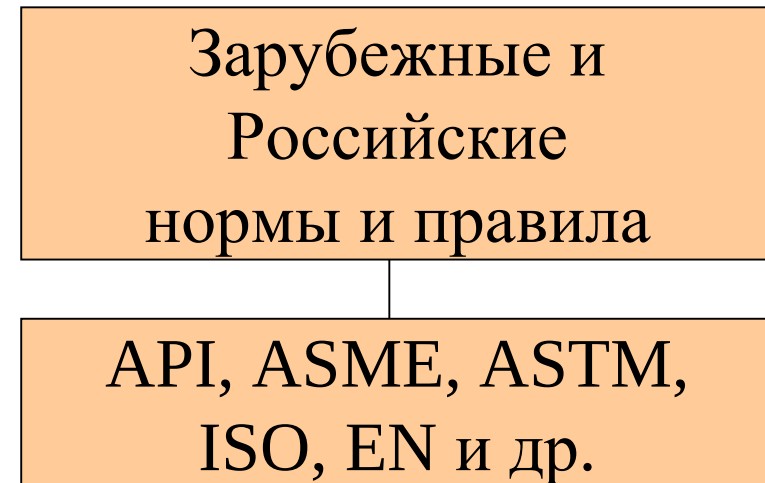
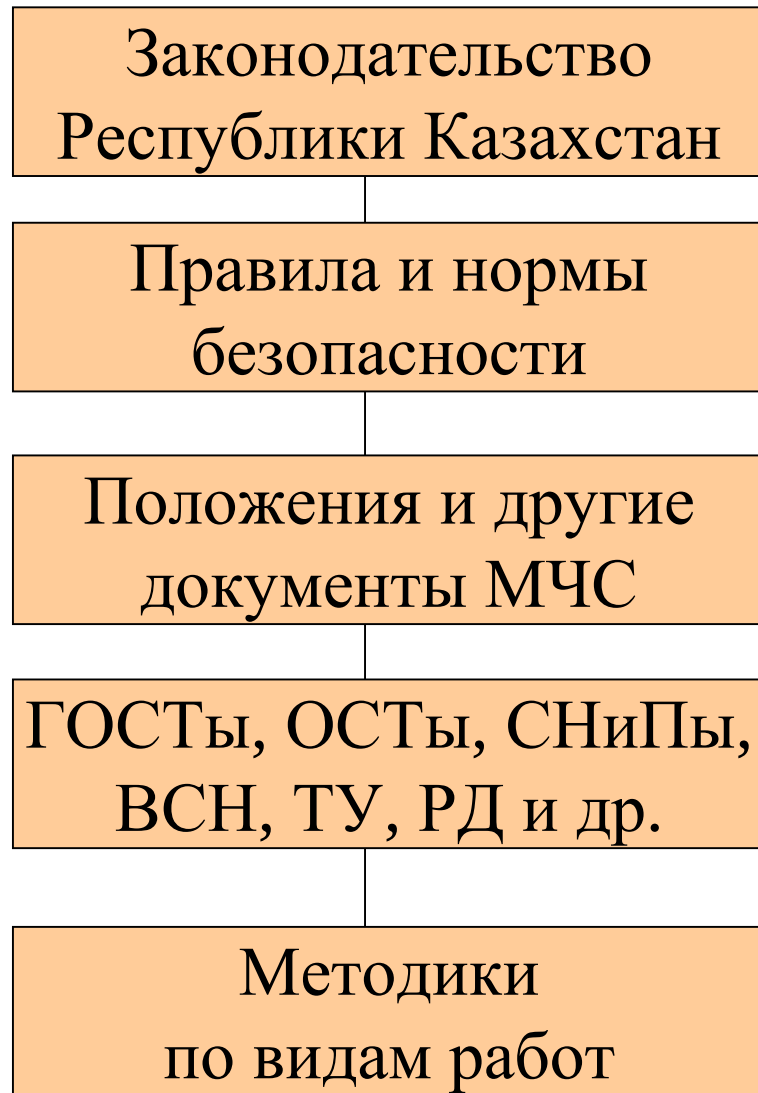
Все приборы проходят процедуру ежегодной метрологической поверки.



Метрологическая поверка приборов выполняется в территориальном отделении Госстандарта РФ - ФГУ «Оренбургский ЦСМиС», а также в других организациях, имеющих право поверки средств измерений, зарегистрированных в Реестре аккредитованных метрологических служб, область аккредитации которых соответствует поверяемому оборудованию.



# НОРМАТИВНОЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ



# ПРИМЕНЯЕМЫЕ ВИДЫ НК: УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ



Ультразвуковой дефектоскоп  
"ЕРОСН IIIВ"

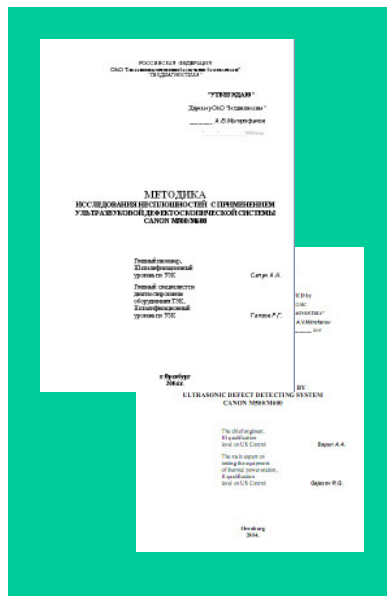


Портативный  
дефектоскоп с функцией  
толщиномера A1212 «Мастер»



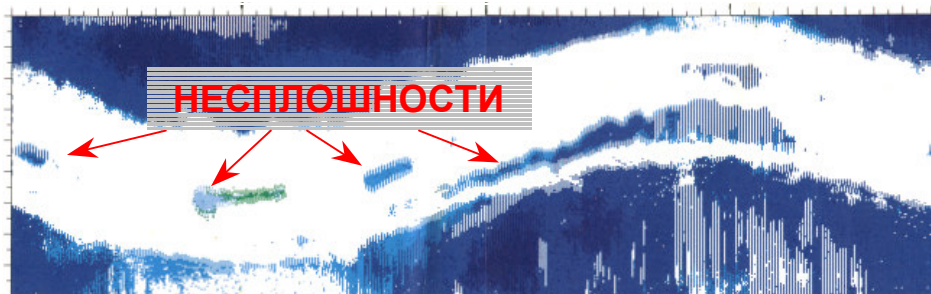
Комплект диагностического  
оборудования в автомобиле УАЗ

# ПРИМЕНЯЕМЫЕ ВИДЫ НК: УЛЬТРАЗВУКОВОЕ СКАНИРОВАНИЕ



Ультразвуковое сканирование  
штуцерного узла  
(УКПГ-10, Оренбурггазпром)

Дефектограмма сварного шва вварки  
штуцера тангенциальной конструкции



Автоматизированная ультразвуковая сканирующая система Canon M500/600, используемая специалистами ОАО «Техдиагностика» при проведении диагностических работ, позволяет обеспечить требуемое качество и достоверность результатов ультразвукового контроля. Хранение параметров и результатов УЗ контроля на сменных носителях информации позволяет проводить периодический контроль оборудования с неизменными настройками с целью мониторинга состояния оборудования



Работа самоходного сканера (сканирование обечайки)  
(колонна регенерации амина, КПК, КРО BV)

# ПРИМЕНЯЕМЫЕ ВИДЫ НК: ВИХРЕТОКОВЫЙ, МАГНИТОПОРОШКОВЫЙ, КАПИЛЛЯРНЫЙ И ВИЗУАЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ



Вихретоковый контроль



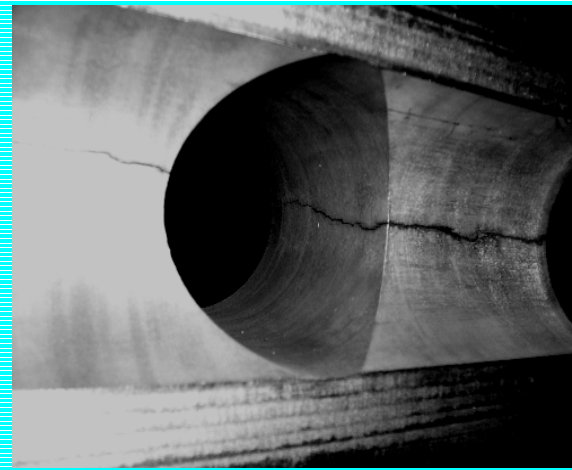
Капиллярный контроль



Магнитопорошковый контроль



Визуальный и измерительный контроль внутренней поверхности трубок теплообменника



Дефекты, выявленные капиллярным и магнитопорошковым контролем

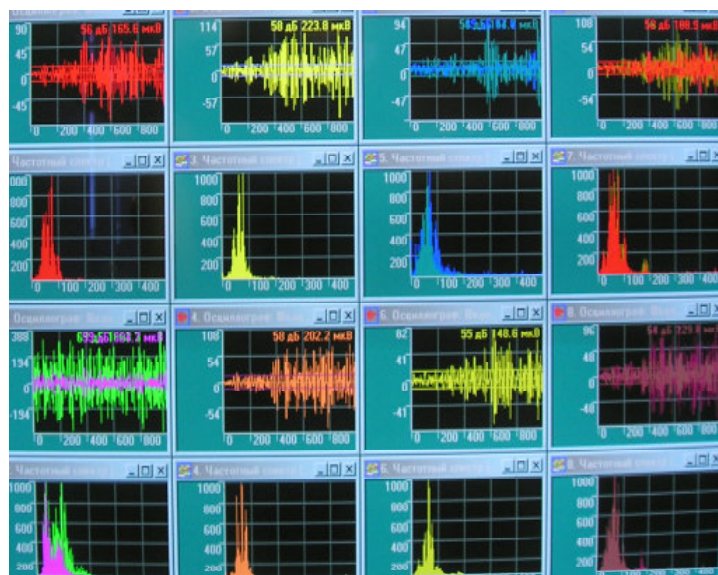
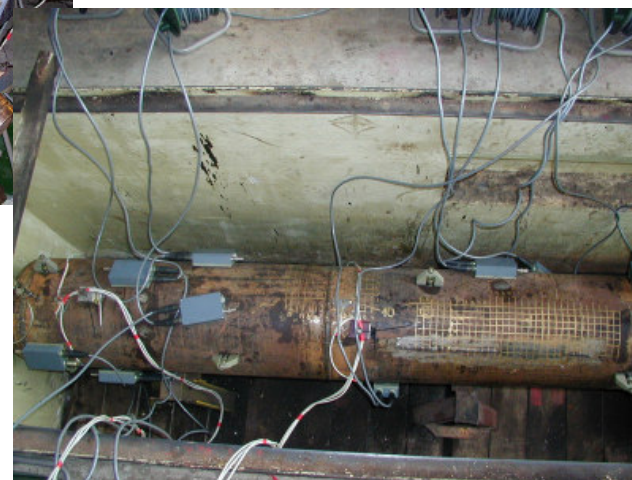
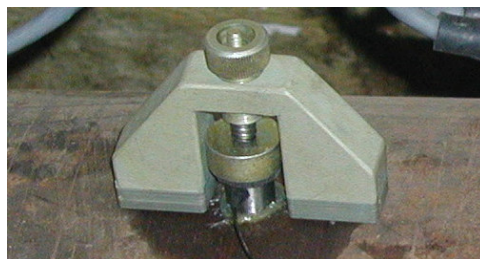
# ПРИМЕНЯЕМЫЕ ВИДЫ НК: АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫЙ КОНТРОЛЬ



Цифровой акустико-эмиссионный комплекс A-Line 32D DDM применяется специалистами ОАО «Техдиагностика» для выполнения неразрушающего контроля объектов, где применение других методов НК трудоемко или невозможно - теплообменных аппаратов установок охлаждения газов, блоков разделения воздуха, а также в качестве сопровождения пневматических испытаний избыточным давлением.

В целях повышения качества и достоверности акустико-эмиссионного контроля, расчетно-экспериментальный центр ОАО «Техдиагностика» регулярно проводит различные исследовательские работы по оптимизации схем расстановки

датчиков АЭ, фильтрации АЭ сигналов и выявлению акустических волн, излучаемых различными дефектами металла оборудования.



# ПРИМЕНЯЕМЫЕ ВИДЫ НК: ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ



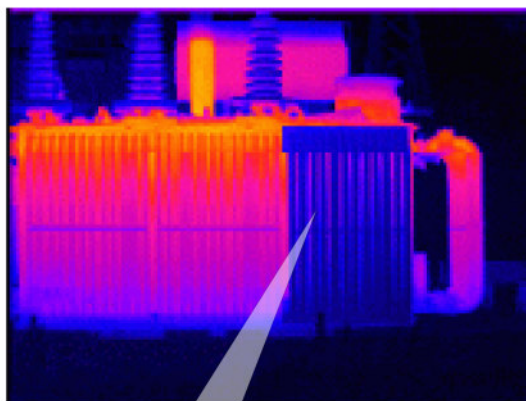
| Характеристика                 | Единица измерения | Величина     |
|--------------------------------|-------------------|--------------|
| Диапазон измеряемых температур | °C                | -40 ... +800 |
| Чувствительность               | °C                | 0,1          |
| Угол зрения по горизонтали     | градус            | 21,5         |
| Угол зрения по вертикали       | градус            | 21,5         |
| Пространственное разрешение    | радиан            | 0,002        |
| Частота кадровой развертки     | Гц                | 22           |
| Спектральный диапазон          | мкм               | 3 ... 5,3    |

Пирометрический преобразователь изображения  
Thermo Tracer (NEC san-ei, Япония)

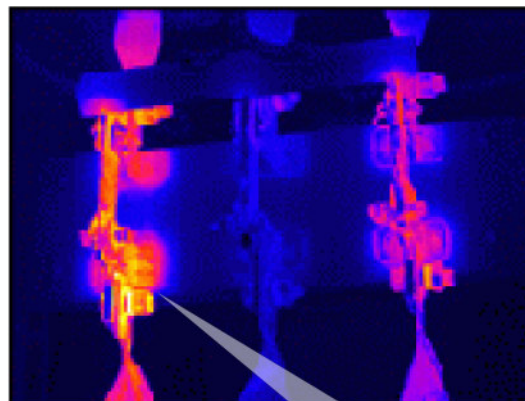


Проведение теплового контроля

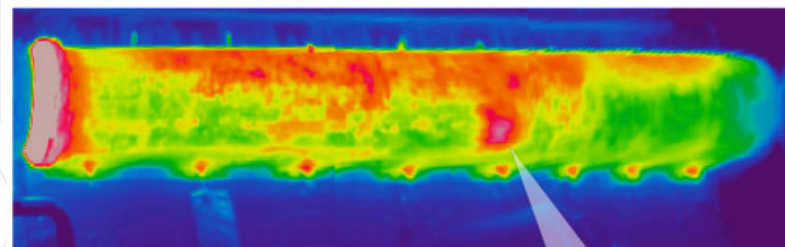
Визуальное проявление перегрева участка коллектора отсутствует



Нарушение циркуляции масла через радиатор трансформатора



Нагрев болтового соединения рубильника



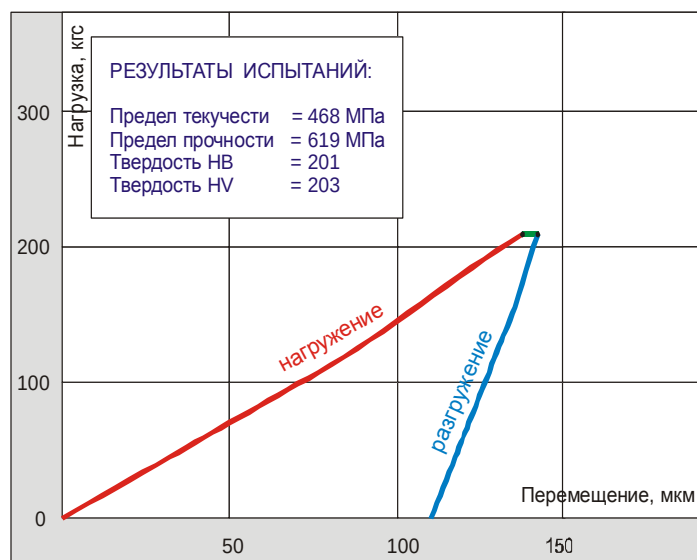
Участок перегрева выхлопного коллектора газомотокомпрессора

Образцы дефектов, выявляемых тепловым контролем

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК, ТВЕРДОМЕТРИЯ



**ПИМ-ДВ1 - прибор для определения механических характеристик материалов методом вдавливания индентора и результаты испытаний**



**Стационарный твердомер HBRV-187,5**



**Определение твердости металла оборудования при помощи переносного твердомера EQUOtip**



**Для измерения твердости ОАО «Техдиагностика» использует различные приборы, реализующие методы Бринелля, Роквелла, Виккерса, Лейба и UCI**

# СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МЕТАЛЛА

Безобразцовый экспресс-анализ химического состава металла элементов оборудования производится без вывода оборудования из эксплуатации и позволяет выявить несоответствие материального исполнения требованиям проекта и нормативно-технической документации

Предприятие  
"ТЕХДИАГНОСТИКА"  
460047, г.Оренбург,  
ул. Юных Ленинцев, 22  
Телефон 63-84-07  
Телефакс 62-94-41

## Протокол № 584

Наименование прибора: SPECTROPORT-F, зав. номер: 8284/96, изготовитель: SPECTRO Analytical Instruments GmbH  
Дата проведения анализа: 17 августа 2007 г., объект контроля: элементы ФА и КГ скважины № 103 СПХГ "Совхоз



| Элементы ФА и КГ | Сталь типа                 | C     | Si   | Mn   | P     | S     | Cr    | Mo    | Ni    | Al    | Cu   |
|------------------|----------------------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| ТД-103-1         | 25ХГЛ ГОСТ 977-88          | 0.22  | 0.51 | 1.17 | 0.015 | 0.030 | 1.09  | 0.044 | 0.13  | 0.065 | 0.18 |
| ТД-103-2         | 25ХГЛ ГОСТ 977-88          | 0.23  | 0.51 | 1.09 | 0.033 | 0.017 | 1.16  | 0.051 | 0.21  | 0.075 | 0.16 |
| ТД-103-3         | 06Х20Н8МЗД2Л ТУ26-16-43-77 | 0.052 | 0.95 | 0.64 | 0.018 | 0.026 | 19.12 | 2.90  | 8.50  | 0.058 | 1.82 |
| ТД-103-4         | 25ХГЛ ГОСТ 977-88          | 0.25  | 0.51 | 1.11 | 0.039 | 0.039 | 1.05  | 0.058 | 0.15  | 0.066 | 0.12 |
| ТД-103-5         | 15Л ГОСТ 977-88            | 0.11  | 0.27 | 0.51 | 0.004 | 0.032 | 0.13  | 0.047 | 0.099 | 0.017 | 0.12 |
| ТД-103-6         | 25ХГЛ ГОСТ 977-88          | 0.22  | 0.36 | 1.03 | 0.017 | 0.014 | 1.26  | 0.056 | 0.36  | 0.054 | 0.17 |
| ТД-103-7         | 30Л ГОСТ 977-88            | 0.28  | 0.27 | 0.60 | 0.036 | 0.032 | 0.31  | 0.063 | 0.33  | 0.042 | 0.21 |
| ТД-103-8         | 30Л ГОСТ 977-88            | 0.27  | 0.51 | 0.49 | 0.029 | 0.022 | 0.21  | 0.056 | 0.13  | 0.050 | 0.19 |
| ТД-103-9         | 35ХГСЛ ГОСТ 977-88         | 0.27  | 0.78 | 1.31 | 0.026 | 0.031 | 0.85  | 0.050 | 0.32  | 0.033 | 0.12 |
| ТД-103-10        | 30Л ГОСТ 977-88            | 0.32  | 0.42 | 0.48 | 0.038 | 0.036 | 0.22  | 0.049 | 0.11  | 0.026 | 0.12 |
| ТД-103-11        | 30Л ГОСТ 977-88            | 0.37  | 0.51 | 0.60 | 0.028 | 0.036 | 0.15  | 0.046 | 0.054 | 0.054 | 0.11 |
| ТД-103-12        | 25ХГЛ ГОСТ 977-88          | 0.20  | 0.49 | 0.93 | 0.015 | 0.023 | 1.06  | 0.044 | 0.13  | 0.054 | 0.16 |
| ТД-103-13        | 20Л ГОСТ 977-88            | 0.27  | 0.51 | 0.63 | 0.025 | 0.032 | 0.19  | 0.057 | 0.092 | 0.060 | 0.12 |
| ТД-103-14        | 15Л ГОСТ 977-88            | 0.12  | 0.43 | 0.53 | 0.024 | 0.035 | 0.20  | 0.051 | 0.12  | 0.042 | 0.12 |
| ТД-103-15        | 25ХГЛ ГОСТ 977-88          | 0.23  | 0.51 | 1.09 | 0.038 | 0.026 | 1.03  | 0.055 | 0.23  | 0.070 | 0.25 |
| ТД-103-16        | 30Л ГОСТ 977-88            | 0.37  | 0.51 | 0.50 | 0.029 | 0.023 | 0.25  | 0.065 | 0.12  | 0.098 | 0.12 |
| ТД-103-17        | 30Л ГОСТ 977-88            | 0.37  | 0.49 | 0.51 | 0.029 | 0.023 | 0.25  | 0.065 | 0.11  | 0.098 | 0.12 |
| ТД-103-18        | 35ХГСЛ ГОСТ 977-88         | 0.27  | 0.85 | 1.25 | 0.026 | 0.010 | 1.00  | 0.053 | 0.26  | 0.082 | 0.25 |
| ТД-103-19        | 20Л ГОСТ 977-88            | 0.25  | 0.34 | 0.52 | 0.030 | 0.032 | 0.30  | 0.070 | 0.23  | 0.071 | 0.19 |
| ТД-103-20        | 20Л ГОСТ 977-88            | 0.21  | 0.29 | 0.64 | 0.017 | 0.022 | 0.13  | 0.043 | 0.098 | 0.028 | 0.32 |



Руководитель работ

Целоусов А.И.

Исполнитель работ

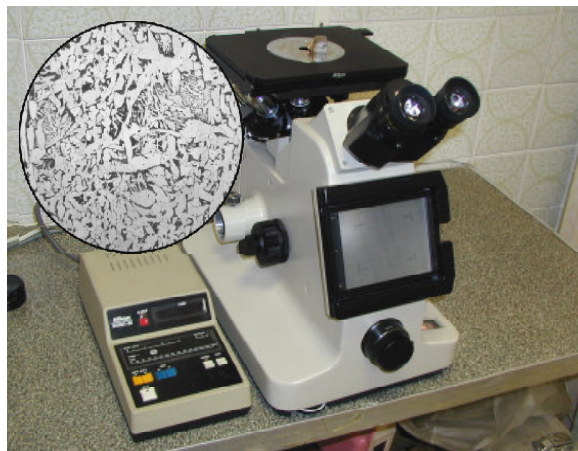
Лобода С.А.

страница 1 страниц 2

# ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛА



Электронный растровый микроскоп  
(увеличение до 300 000)

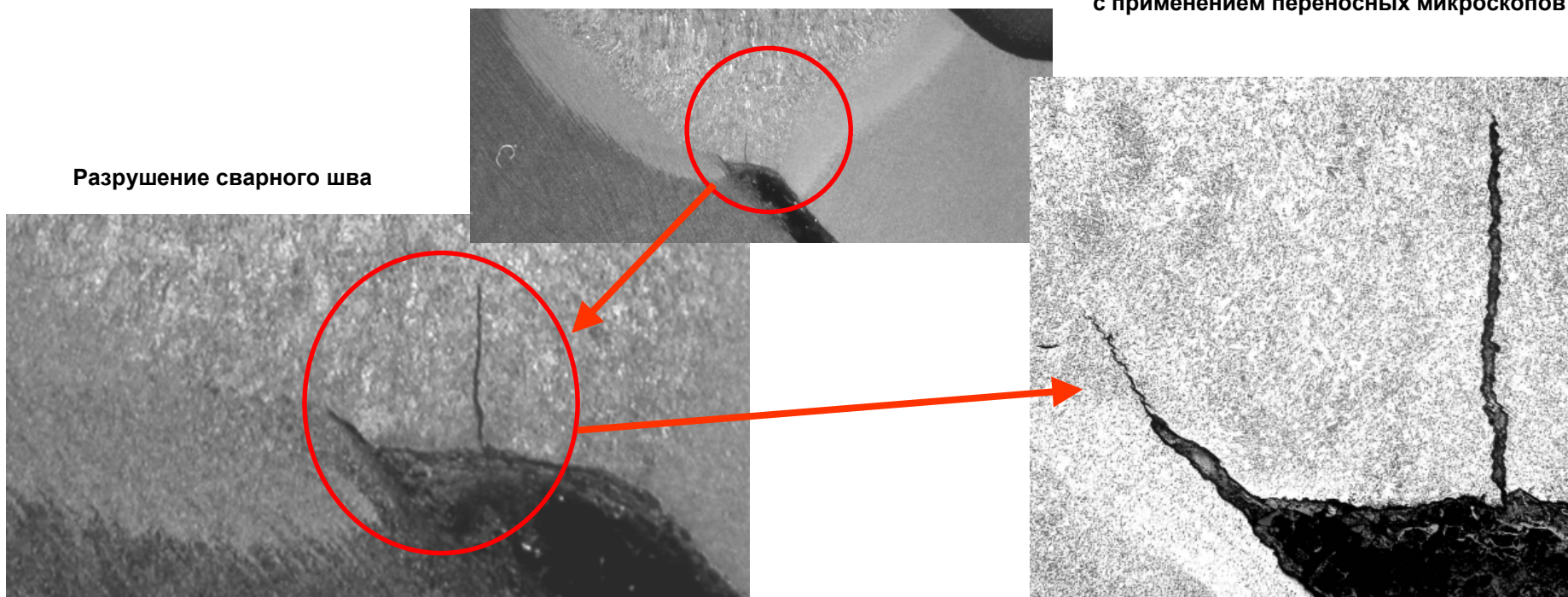


Стереомикроскоп «NIKON EPIPHOT TME»  
(увеличение до 1 000)



Металлографическое исследование  
металла действующего оборудования  
с применением переносных микроскопов

Разрушение сварного шва



# ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

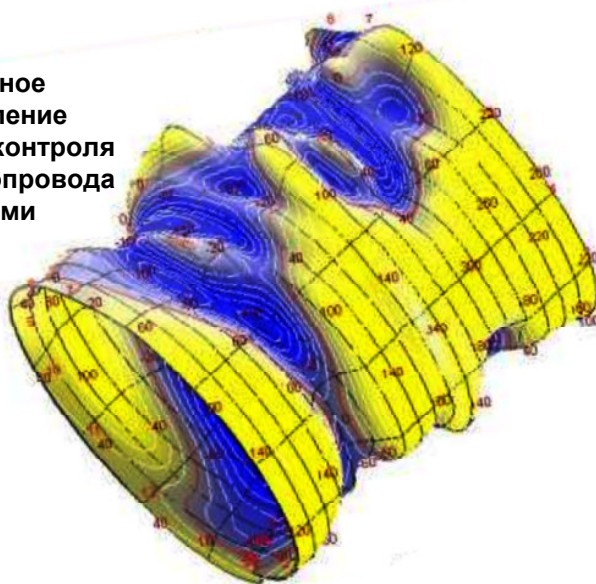


Фотография магнитоанизотропного сканера-дефектоскопа «Комплекс 2.05» и процесса обработки результатов контроля

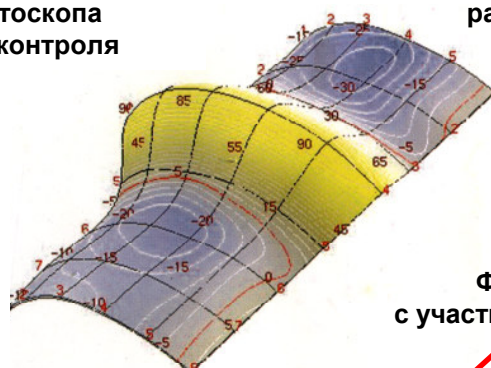


Проведение контроля НДС модели сосуда, работающего под давлением

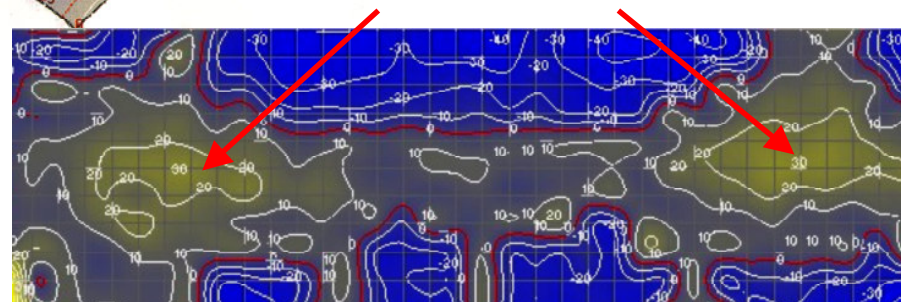
Визуальное представление результатов контроля участка трубопровода с гофрами



Бездефектный сварной шов



Фрагмент обечайки с участками язвенной коррозии



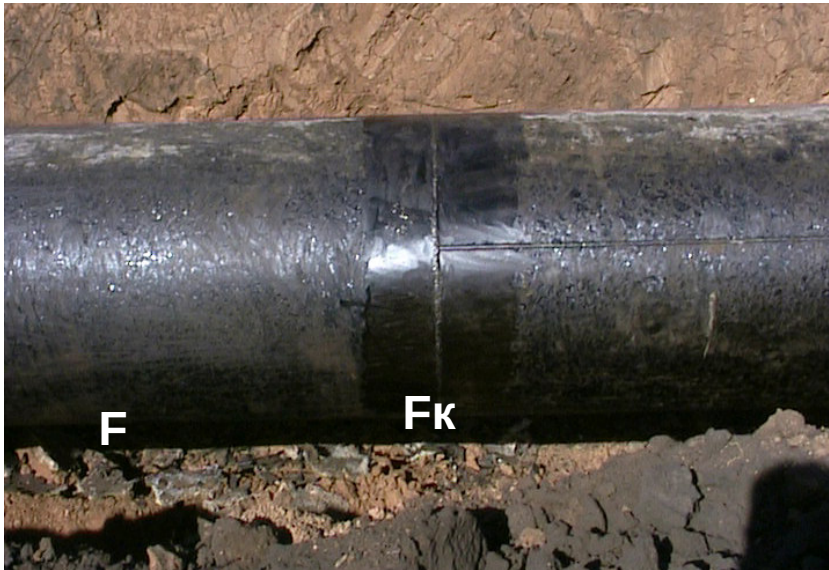
# ДОСТОВЕРНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

$$\{D\} = \{ h_{\max}; V_o (V_{ho}) \}$$

$h_{\max}$  - максимальное отклонение контролируемого параметра

$V_o(V_{ho})$  – вероятность обнаружения (необнаружения) отклонений контролируемых параметров

## Достаточность объема выборочного контроля



$F$  – общая площадь поверхности металла трубопровода;

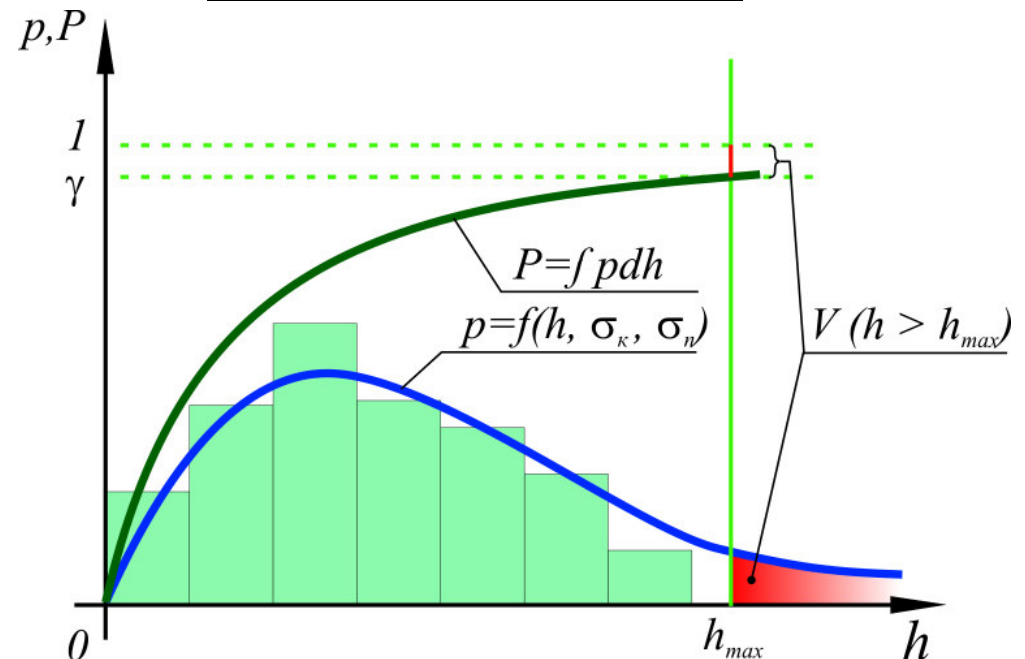
$F_k$  – площадь контролируемой поверхности металла трубопровода;

$\varepsilon = (F_k / F) \cdot 100\%$  - объем выборочного контроля;

$V_o = [1 - V(h > h_{\max})] \cdot F_k / F$      $V_o \sim 1 / (\sigma_k; \sigma_n), \varepsilon$ ;

$V_{ho} = 1 - V_o$ ;  $V_{ho} \sim \sigma_k; \sigma_n; 1/\varepsilon$

## Достоверность контроля



$h$  – контролируемый параметр

$p$  – плотность распределения  $h$

$P$  – функция вероятности  $h$

$\gamma$  – доверительная вероятность

$V(h > h_{\max})$  – вероятность нахождения  $h$  за пределами доверительного интервала

$\sigma_k$  – погрешность контроля

$\sigma_n$  – неравномерность повреждения

# ЭТАПЫ РАБОТ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА И ПЛАНИРОВАНИЕ ОБСЛЕДОВАНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ОБОРУДОВАНИЯ ГХК ПО КРИТЕРИЯМ РИСКА И ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗА

|       |                                                                                   |                    |                                                                                                                               |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| X     | Ресурс до следующего обследования, ремонта, замены                                |                    | $\min = \begin{cases} T_V; \\ \tau; \\ T_N. \end{cases}$                                                                      |
| IX    | Вероятность отказа и время до достижения вероятностью отказа недопустимого уровня |                    | $V = \int_{-\infty}^0 p_S(S) dS; T_V = f(A, a, n_T, [V])$                                                                     |
| VIII  | Ранжирование элементов по риску отказа                                            |                    | Выбор $Ra_{1-4}, Ra_5$                                                                                                        |
| VII   | Уровень риска отказа                                                              |                    | $Ra_i = f(Va_i, C_i)$                                                                                                         |
| VI    | Уровни вероятности и тяжести последствий отказа                                   |                    | $Va_i = f(\tau, KI_i)$<br>$C_i = f(Q, T_{раб}, L, pH, P_{H_2S})$                                                              |
| V     | Прочность и остаточный ресурс                                                     |                    | $Q_k < R_k, \frac{A}{a}, n_T$                                                                                                 |
| IV    | Скорости изменения ПТС и критериев ПС                                             |                    | $\frac{dl_k}{dt}, \frac{dl_k}{dN}, \frac{dQ_k}{dt}, \frac{dR_k}{dt}$                                                          |
| III   | Параметры технического состояния (ПТС), критерии ПС                               |                    | $Q_k, [R_k], l_k, [l_k], N_k, [N_k]$                                                                                          |
| II    | Предельные состояния (ПС)                                                         |                    | Вязкое разрушение, коррозионный (эрозионный) износ, хрупкое разрушение, усталость, потеря устойчивости, накопление деформаций |
| I     | Исходные данные обследования                                                      |                    | $Q, T_{раб}, L, pH, P_{H_2S}, N, f, l, R, t$                                                                                  |
| Этапы | Предмет анализа                                                                   | Результаты анализа | Параметры и критерии                                                                                                          |

$Q$  - обобщенная нагрузка;  
 $T_{РАБ}$  - рабочая температура;  
 $L$  - конструктивное исполнение;  
 $pH, P_{H_2S}$  - характеристики рабочей среды;  
 $N, f$  - обобщенные условия эксплуатации;  
 $l$  - обобщенная характеристика дефектов;  
 $R$  - обобщенная несущая способность;  
 $t$  - наработка с начала эксплуатации;  
 $Q_k, [R_k], l_k, [l_k], N_k, [N_k]$  - текущие значения ПТС и ПС;  
 $a = dl_k/dt, dl_k/dN, dQ_k/dt, dR_k/dt$  - скорость изменения ПТС;  
 $\tau$  - расчетная величина остаточного ресурса;  
 $A$  - разность между значением ПТС и ПС;  
 $Va_i$  - уровень вероятности отказа;  
 $KI_i$  - уровень качества обследования;  
 $C_i$  - уровень тяжести последствий отказа;  
 $Ra_i$  - уровни риска отказа;  
 $V$  - вероятность возникновения отказа;  
 $p_S(S)$  - плотность вероятности резерва прочности;  
 $[V]$  - допустимый уровень вероятности отказа;  
 $T_V$  - время до достижения  $[V]$ ;  
 $T_N$  - период эксплуатации между обследованиями;  
 $n_N, n_V$  - коэффициенты запаса;  
 $T$  - назначенный срок до обследования, ремонта, замены

# КОМПЕТЕНТНОСТЬ И КВАЛИФИКАЦИЯ ПЕРСОНАЛА РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЦЕНТРА

Расчетно-экспериментальный центр в структуре подразделений ОАО «Техдиагностика» занимается выполнением нормативных (согласно действующей НТД) расчетов на прочность и ресурс, а также моделированием поведения конструкций под воздействием внешних факторов (давление, температура, вибрация и др.)

Персонал РЭЦ периодически проходит курсы повышения квалификации и аттестован на выполнение прочностных расчетов в Ростехнадзоре России. Кадровый состав РЭЦ насчитывает 11 сотрудников, в том числе со стажем работы более 6 лет - 4 человека. Два сотрудника РЭЦ имеют ученые степени.

С целью повышения достоверности расчетных моделей конструкций и качества анализа их несущей способности, живучести и долговечности, РЭЦ ОАО «Техдиагностика» взаимодействует с ведущими НИИ России: ИМАШ РАН (г. Москва); ЮУрГУ (г. Челябинск) и другими.

УДОСТОВЕРЕНИЕ № 2006/2-7

Выдано ТАРАСОВУ  
АНДРЕЮ  
ВЛАДИМИРОВИЧУ

в том, что он аттестован в Центральной аттестационной комиссии Ростехнадзора России в качестве *специалиста по расчетам на*

Челябинский научный центр  
Уральского отделения Российской Академии Наук

СВИДЕТЕЛЬСТВО  
№ 004/2005

**БАРЫШОВ Сергей Николаевич**

прошел в феврале 2005 года стажировку в Вузовско-академическом отделе проблем качества машин и аппаратуры по следующим направлениям:

- динамика машин и оборудования
- нормы и методы расчета на циклическую прочность оборудования и трубопроводов
- компьютерное моделирование деформирования и разрушения конструкций в аварийных ситуациях

и сдал экзамены по указанным курсам с оценкой «отлично».

Председатель ЦИИ УрО РАН  
член-корреспондент РАН

Руководитель отдела  
расчетно-экспериментальных работ

И.П. Ваткин/  
А.Ф. Чернявский/

**СЕРТИФИКАТ**

Настоящий сертификат подтверждает, что

**БАРЫШОВ Сергей Николаевич**

прошел обучение по теме "Основы работы с пакетом решений нелинейных прочностных задач LS-DYNA."

Руководитель обучения  
д.т.н., профессор Чернявский А.О.

УДОСТОВЕРЕНИЕ

Настоящее удостоверение выдано инженеру

**Лисовскому Олегу Николаевичу**

в том, что он с «26 марта 2007 г.

по «07 апреля 2007 г.» прошел стажировку в

отделе проблем качества в машиностроении

Челябинского научного центра РАН

по направлению «Динамика, прочность и

надежность конструкций (оборудование

нефтегазовой и химической отрасли)»

в объеме 90 часов

УДОСТОВЕРЕНИЕ

Настоящее удостоверение выдано инженеру

**Лисовскому Олегу Николаевичу**

в том, что он с «26 марта 2007 г.

по «07 апреля 2007 г.» прошел стажировку в

отделе проблем качества в машиностроении

Челябинского научного центра РАН

по направлению «Динамика, прочность и

надежность конструкций (оборудование

нефтегазовой и химической отрасли)»

в объеме 90 часов

За время стажировки освоены следующие разделы:

| Наименование                                                                                                           | Кол-во часов |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Нормы и методы расчета на статическую прочность оборудования и трубопроводов (рук. д.т.н. Чернявский О.Ф.)             | 20           |
| Нормы и методы расчета на циклическую прочность оборудования и трубопроводов (рук. д.т.н. Чернявский О.Ф.)             | 20           |
| Динамика машин и оборудования (рук. проф. Савина О.К.)                                                                 | 20           |
| Программный комплекс решения инженерных задач прочности - ANSYS. Специальные темы (рук. д.т.н. Чернявский А.О.)        | 20           |
| Компьютерное моделирование деформирования и разрушения конструкций в аварийных ситуациях (рук. д.т.н. Чернявский А.О.) | 10           |

Руководитель отдела  
д.т.н., проф. Чернявский О.Ф.

Председатель Челябинского научного центра РАН  
д.ф.-м.н., проф. Кузнецова Н.Д.

Город Челябинск «02» 04 2007 г.

Регистрационный номер

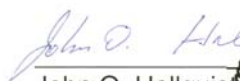
# ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ



Livermore Software Technology Corporation • 7374 Las Positas Road Livermore, CA 94551  
Telephone: (925) 449-2500 • Fax: (925) 449-2507 • Website: www.lstc.com

## CERTIFICATION

JSC "Tekhdiagnostika", Orenburg, Russia in the name of A. Vdowin is the licensed user of LS-DYNA (v.970, Commercial) and has a right to use these Products (software application programs and the associated documentation, developed and marketed by LSTC) for commercial purposes without any time limits.

  
John O. Hallquist

President

Date: 1 July 2005



### Structural Research & Analysis Corporation Product Authorization/Maintenance Information

|                             |                                            |
|-----------------------------|--------------------------------------------|
| Version and Build           | : COSMOSM GeoStar V2.60 (26002 - 2003/095) |
| Customer Name               | : STC CONSTRUCTOR-TECHDIAGNOSTIKA C STRUC  |
| License Expiration Date     | : 11-jun-0                                 |
| Maintenance Number          | : NONE                                     |
| Maintenance Expiration Date | : 11-jun-2003                              |
| Maximum Node Limit          | : 256000                                   |
| License id                  | : 0611200356074651                         |



Для выполнения расчетов на прочность и остаточный ресурс технологического оборудования и трубопроводов, моделирования поведения конструкций под воздействием внешних факторов расчетно-экспериментальный центр ОАО «Техдиагностика» применяет пакеты современного сертифицированного программного обеспечения, такие как:

- LS-Dyna (Livermore Software Technology Corporation);
- Cosmos/M (Structural Research & Analysis Corp.);
- PVP-Design.

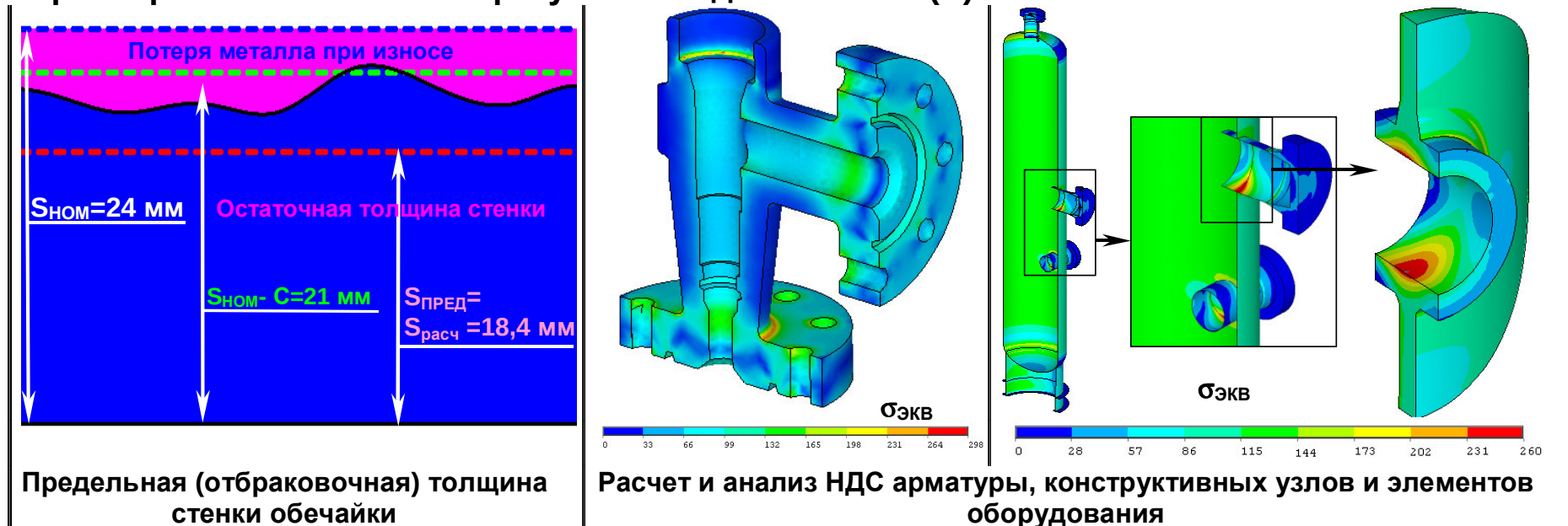


# РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ

$$Q_{\max} \leq [\Phi]_n$$

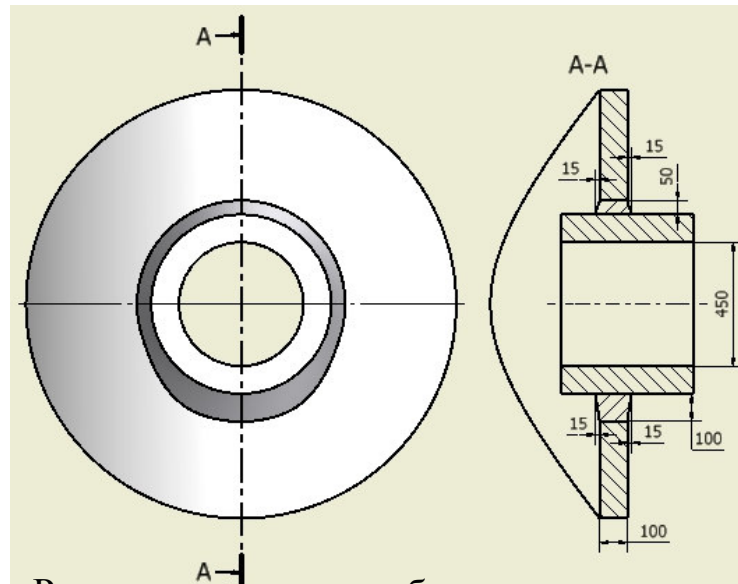
$$\frac{P_{\max}^{\mathfrak{z}}}{\delta(D)} = \{\sigma_1; \sigma_{\mathfrak{zKB}}; \sigma_a; K_1; \dots\} = Q_{\max} \leq [\Phi]_n = \frac{\Phi}{n} = \left\{ \frac{\sigma_T}{n_T}; \frac{\sigma_B}{n_B}; \frac{\sigma_a}{n_a}; \frac{K_{1C}}{n_K}; \dots \right\}$$

$Q$  – обобщенная характеристика нагрузки;  $\Phi$  – обобщенная характеристика несущей способности (критерий предельного состояния (ПС));  $[\Phi]_n$  – нормативные допускаемые значения критериев ПС;  $P^{\mathfrak{z}}$  – параметры эксплуатационной нагруженности;  $\delta(D)$  – параметры техсостояния по результатам диагностики (D)

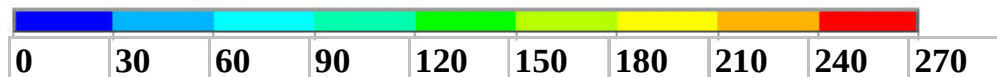
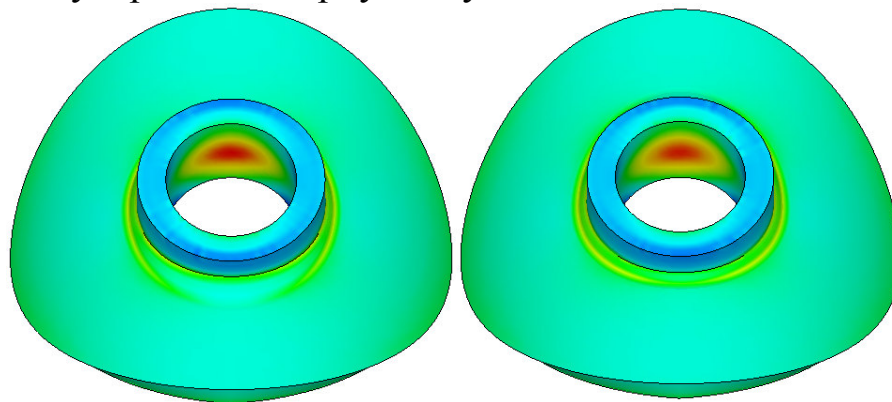


- нормативные расчеты по определению предельных (отбраковочных) толщин стенок элементов оборудования;
- нормативные проверочные расчеты на статическую, циклическую (усталостную) прочность, сопротивление хрупкому разрушению, устойчивость и др.;
- уточненные расчеты напряженно-деформированного состояния (НДС) с учетом результатов обследования - реальной геометрии, поврежденности, системы нагрузок и воздействий;
- расчеты предельных, критических и разрушающих нагрузок и воздействий

# РАСЧЕТ И ОЦЕНКА НАПРЯЖЕНИЙ В ШТУЦЕРНОМ УЗЛЕ С НАРУШЕНИЕМ ГЕОМЕТРИИ СВАРНОГО ШВА



Расчетная модель и обозначение основных геометрических параметров узла врезки штуцера «Р» в корпус сосуда



Распределение эквивалентных напряжений в штуцерном узле от действия расчетного давления (цветовая шкала – значения напряжений в МПа )

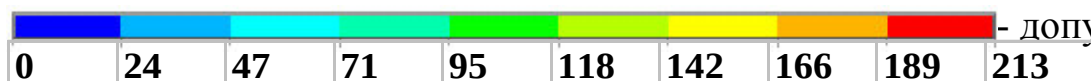
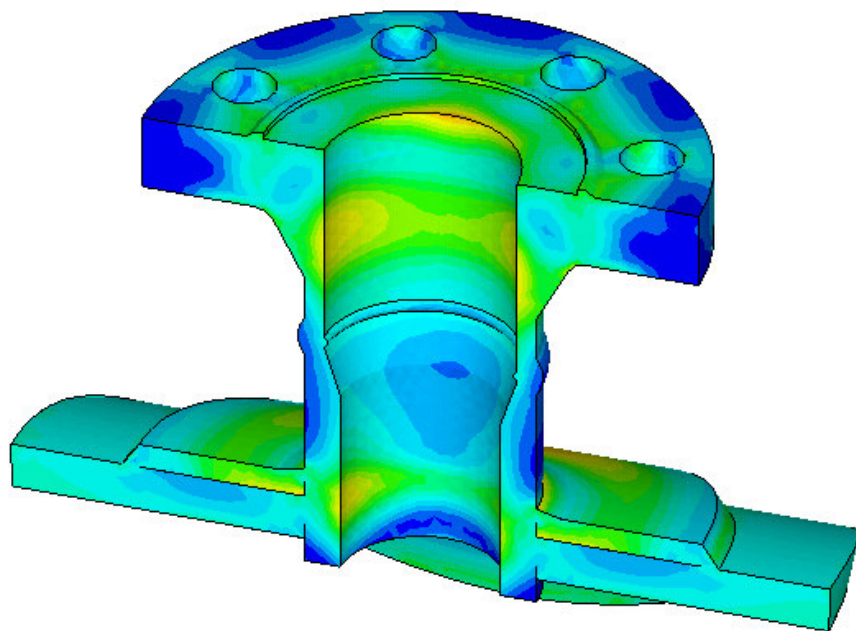
В сосуде «Газосепаратор предварительной очистки С-401А», установленном на УКПГ-3 Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения, выявлено несоответствие формы и размеров сварного шва вварки горловины штуцерного узла «Р» (люк-лаз) в корпус сосуда .

## Исходные данные для расчета:

- наружный диаметр корпуса – 1600 мм;
- условный диаметр патрубка – 450 мм;
- расчетное давление – 14,3 МПа;
- материал корпуса – Сталь 20ЮЧ;
- материал патрубка штуцера – Сталь 20ЮЧ;
- предел текучести  $[\sigma]_T = 235,0$  МПа;
- предел прочности  $[\sigma]_B = 410,0$  МПа
- допускаемые напряжения  $[\sigma] = 129,0$  МПа.

| Категория напряжений                                                                                                                                      | Расчетное значение, МПа | Допускаемое значение, МПа  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Местные мембранные                                                                                                                                        | 160                     | $1,3 \cdot [\sigma] = 167$ |
| Местные мембранные + местные изгибные + местные напряжения с учетом концентрации                                                                          | 270                     | $\sigma_B = 410$           |
| Результаты расчетов и анализа НДС показывают, что уровень напряжений, возникающих в конструкции, является приемлемым для нормальных условий эксплуатации. |                         |                            |

# РАСЧЕТ И ОЦЕНКА НАПРЯЖЕНИЙ В ШТУЦЕРНОМ УЗЛЕ, ИМЕЮЩИМ ДЕФЕКТЫ В СВАРНЫХ ШВАХ



Распределение эквивалентных напряжений в штуцерном узле от действия расчетного давления (цветовая шкала – значения напряжений в МПа)

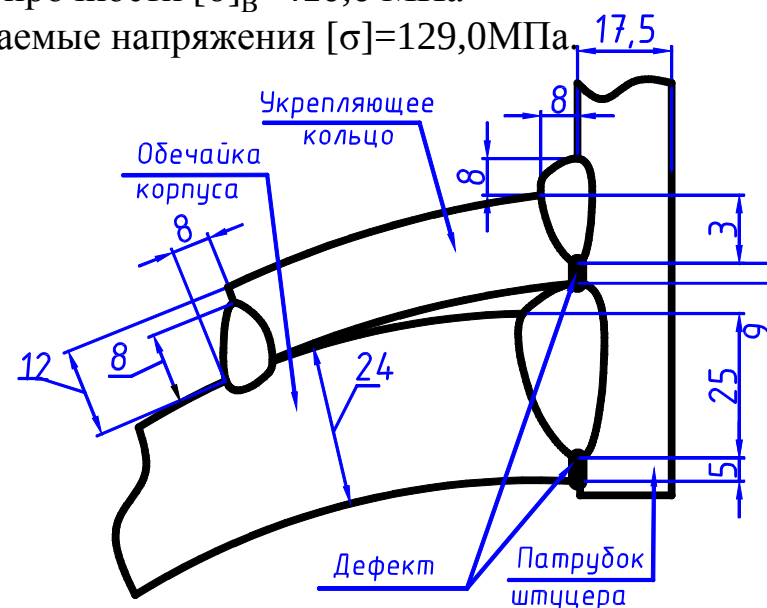
| Категория напряжений                                                                                                                                      | Расчетное значение, МПа | Допускаемое значение, МПа  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Местные мембранные                                                                                                                                        | 140                     | $1,3 \cdot [\sigma] = 167$ |
| Местные мембранные + местные изгибные + местные напряжения с учетом концентрации                                                                          | 213                     | $\sigma_B = 410$           |
| Результаты расчетов и анализа НДС показывают, что уровень напряжений, возникающих в конструкции, является приемлемым для нормальных условий эксплуатации. |                         |                            |

В сосуде «Емкость буферная нагнетания 2й степени», установленном на ГПЗ ООО «Газпром добыча Астрахань», выявлен дефект в сварных швах вварки патрубка штуцера в корпус сосуда и приварки укрепляющего кольца к патрубку штуцера.

**Исходные данные для расчета:**

- наружный диаметр корпуса – 350 мм;
- наружный диаметр патрубка – 128 мм;
- расчетное давление – 10,0 МПа;
- материал корпуса – Сталь 20;
- материал патрубка штуцера – Сталь 20;
- предел текучести  $[\sigma]_T = 210,0$  МПа;
- предел прочности  $[\sigma]_B = 410,0$  МПа

- допускаемые напряжения  $[\sigma] = 129,0$  МПа.



# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

*Представленные материалы характеризуют ОАО «Техдиагностика» как научно-производственное предприятие, способное предложить своим заказчикам не только качественный и оперативный неразрушающий контроль, но и современные разработки и инновации в области обеспечения промышленной безопасности, надежности и бесперебойной эксплуатации оборудования; расчеты вероятности, прогнозирование тяжести последствий и анализ риска отказа.*

*Подтверждением высоких стандартов качества работ, выполняемых ОАО «Техдиагностика», являются наличие лицензий и аккредитаций, квалификация персонала, приборное, метрологическое и методическое обеспечение, многолетний опыт выполнения работ на крупнейших потенциально опасных производственных объектах - ООО «Газпром добыча Оренбург», ООО «Газпром добыча Астрахань», Karachaganak Petroleum Operating B.V. и др.*

*ОАО «Техдиагностика» имеет десятки положительных отзывов и благодарностей как от заказчиков, так и от надзорных органов по промышленной безопасности.*

*Как независимая экспертная организация ОАО «Техдиагностика» предлагает свои услуги по обследованию оборудования газовой, нефтяной, нефтехимической и других отраслей промышленности в любое время, в любом месте, в любых объемах и за умеренную цену.*

*Цель ОАО «Техдиагностика» - снижение риска аварий и выхода оборудования из строя. Сотрудничество с нашим предприятием - гарантия высокого качества работ при минимальных затратах.*

**Наш адрес:**

460047, Россия, г.Оренбург, ул.Юных Ленинцев, 22

тел. +7 (3532) 63-84-07, факс. +7 (3532) 62-94-41

E-mail: [contact@tdiag.ru](mailto:contact@tdiag.ru)

Подробнее о нашем предприятии в Интернете: [www.tdiag.ru](http://www.tdiag.ru)