

**Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич  
лаборатории интеллектуальных технологий диагностики**

**Научный руководитель** – к.т.н. Василенко Ольга Николаевна

**Специальность** 1.3.12 – Физика магнитных явлений

**Тема работы** – Магнитные методики и аппаратура для выявления опасных концентраторов напряжений в действующих трубопроводах

**Задача текущего года**

Определить взаимосвязь магнитных характеристик с напряжённо-деформированным состоянием участков магистральных трубопроводов при гидро- и пневмо- испытаниях

**Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич  
лаборатории интеллектуальных технологий диагностики**

**Результаты, полученные в текущем году**

В результате анализа полученных данных было обнаружено, что повышение внутреннего давления в трубе на всех участках приводит к значительному увеличению измеряемых значений остаточной магнитной индукции.

После разрушения аналогичной трубы, в результате гидроиспытания, на участке, расположенном близко к месту начала разрушения, выявлено наименьшее значение остаточной магнитной индукции и пониженное значение коэрцитивной силы.

Для трубы, разрушенной в результате пневмоиспытания, определено, что наименьшие значения остаточной магнитной индукции и коэрцитивной силы также находятся близко к месту начала разрушения.

**Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич  
лаборатории интеллектуальных технологий диагностики**

**Апробация работы**

**Выступления на конференциях**

Планируется доклад на XXIII Всероссийской научно-технической конференции по неразрушающему контролю и технической диагностике (23-25 октября 2023 г.)

**Статьи**

1. Магнитные параметры, определяемые в составной замкнутой магнитной цепи, чувствительные к напряженно-деформированному состоянию трубопровода / В.Н. Костин, О.Н. Василенко, К.Е. Мызнов, Д.Г. Ксенофонтов, А.В. Батуева // Дефектоскопия (в работе).
2. Взаимосвязь между характеристиками петли магнитного гистерезиса и параметрами упругой и пластической деформации трубных сталей / В.Н. Костин, О.Н. Василенко, К.Е. Мызнов, Д.Г. Ксенофонтов, А.В. Батуева // Дефектоскопия (в работе).
3. Изменение магнитных характеристик объектов при проведении гидро- и пневмо- испытаний газопроводов / В.Н. Костин, О.Н. Василенко, К.Е. Мызнов, Д.Г. Ксенофонтов, А.В. Батуева // Дефектоскопия (в работе).

**Экзамены и зачёты**

**Зачёт по педагогике**

Сдан – «Зачёт»

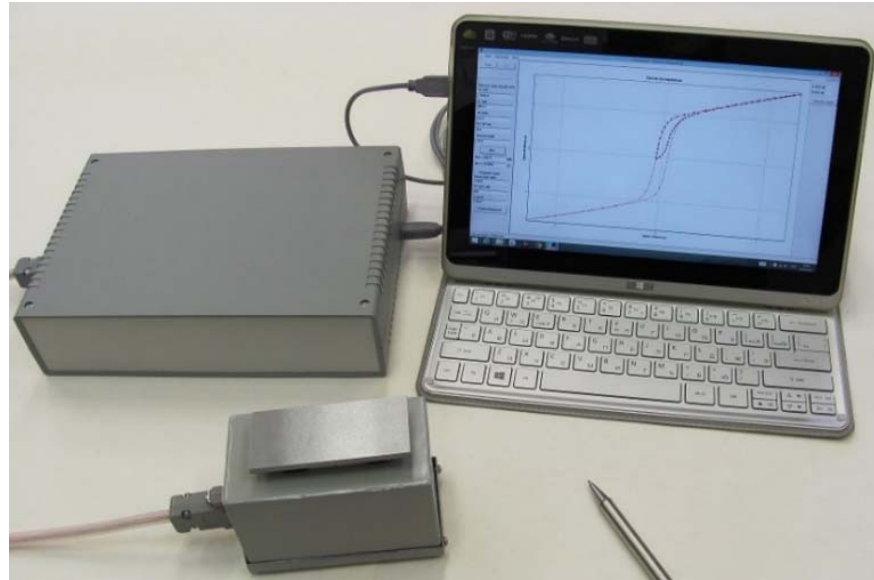
**Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич  
лаборатории интеллектуальных технологий диагностики**

**Таблица показателей**

Показатель	Баллы	Кол-во за 1 год	Кол-во за 2 год	Сумма
публикации в изданиях ВАК (вышедшие из печати)	20	0	0	0
публикации в изданиях ВАК (принятые в печать)	5	0	0	0
свидетельство о программах для ЭВМ, зарегистрированных в установленном порядке	20	0	0	0
патент	20	0	0	0
соавторство в монографии	5	0	0	0
оформленное ноу-хау	5	0	0	0
публикации в других изданиях (не тезисы)	2	0	0	0
тезисы доклада на международной конференции	5	1	0	5
тезисы доклада на российской конференции	3	0	0	0
участие в конференции с устным докладом	2	0	0	0
участие в конференции со стендовым докладом	1	1	0	1
сданный на «отлично» кандидатский экзамен	20	1	0	20
сданный на «хорошо» кандидатский экзамен	15	1	0	15
сданный на «удовлетворительно» кандидатский экзамен	10	0	0	0
участие в грантах в качестве: исполнителя	5	0	0	0
участие в грантах в качестве: руководителя	10	0	0	0
Общая сумма				41

**Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич  
лаборатории интеллектуальных технологий диагностики**

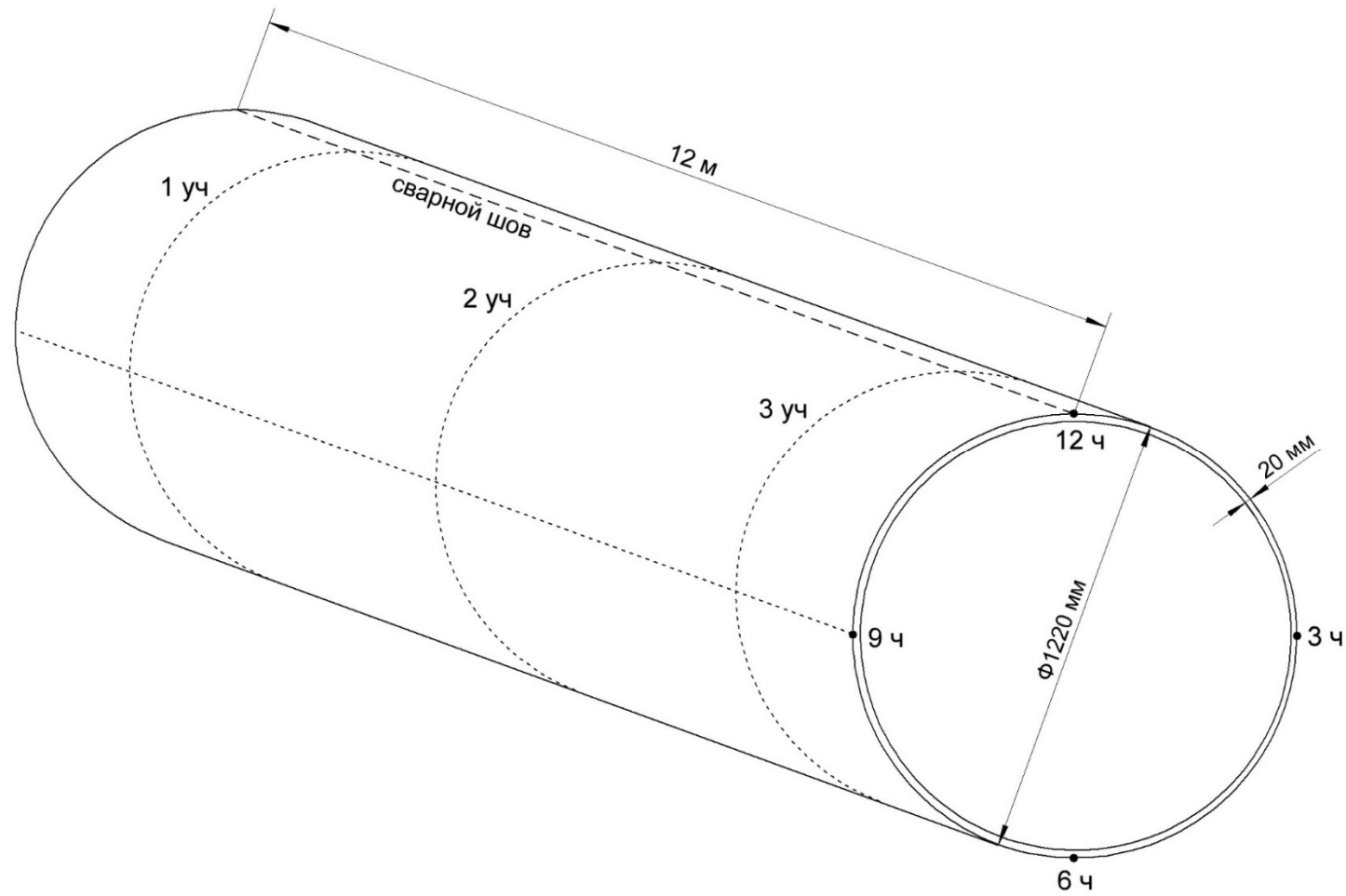
**Средство измерений**



**Мобильная аппаратно-программная система DIUS-1.21M**

**Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич**  
**лаборатории интеллектуальных технологий диагностики**

Объект контроля для гидроиспытания: труба из стали класса прочности К80 (Х100)



**Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич  
лаборатории интеллектуальных технологий диагностики**

Сравнение магнитных характеристик трубы при отсутствии давления и при давлении 20 кгс

Участок измерения	Сторона трубы	Направление измерения	Без давления		Давление 20 кгс		Разница	
			$H_c$ , отн. ед.	$B_r$ , отн. ед.	$H_c$ , отн. ед.	$B_r$ , отн. ед.	$\Delta H_c$ , %	$\Delta B_r$ , %
1 уч	3 ч	ось	84,7	397,8	75,1	560,2	-11,3	+40,8
		кольцо	87,2	365,8	92,3	404,4	+5,8	+10,6
	9 ч	ось	85,4	369,3	83,4	476,7	-2,3	+29,1
		кольцо	87,7	413,9	91	438,2	+3,8	+5,9
	12 ч	ось	89	382,6	84,3	436,2	-5,3	+14
		кольцо	74,6	220,2	87,5	411,9	+17,3	+87,1
2 уч	3 ч	ось	79,9	430,8	80,6	573,2	+0,9	+33,1
		кольцо	88,7	377,8	80,5	480,6	-9,2	+27,2
	9 ч	ось	80,8	456,8	80,5	515,6	-0,4	+12,9
		кольцо	82,2	372,9	87,1	445,2	+6,0	+19,4
	12 ч	ось	86,8	388,3	86	399,9	-0,9	+3,0
		кольцо	86,1	364,6	89,8	454,4	+4,3	+24,6
3 уч	3 ч	ось	78,4	398,6	79,2	446,6	+1,0	+12,0
		кольцо	86,3	354,2	86,7	436,5	+0,5	+23,2
	9 ч	ось	80	351	76,3	381	-4,6	+8,5
		кольцо	88,6	295,6	90,1	437,1	+1,7	+47,9
	12 ч	ось	81,2	256,1	83,1	362,7	+2,3	+41,6
		кольцо	79,7	279,6	79,5	385,9	-0,3	+38,0

**Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич**  
**лаборатории интеллектуальных технологий диагностики**

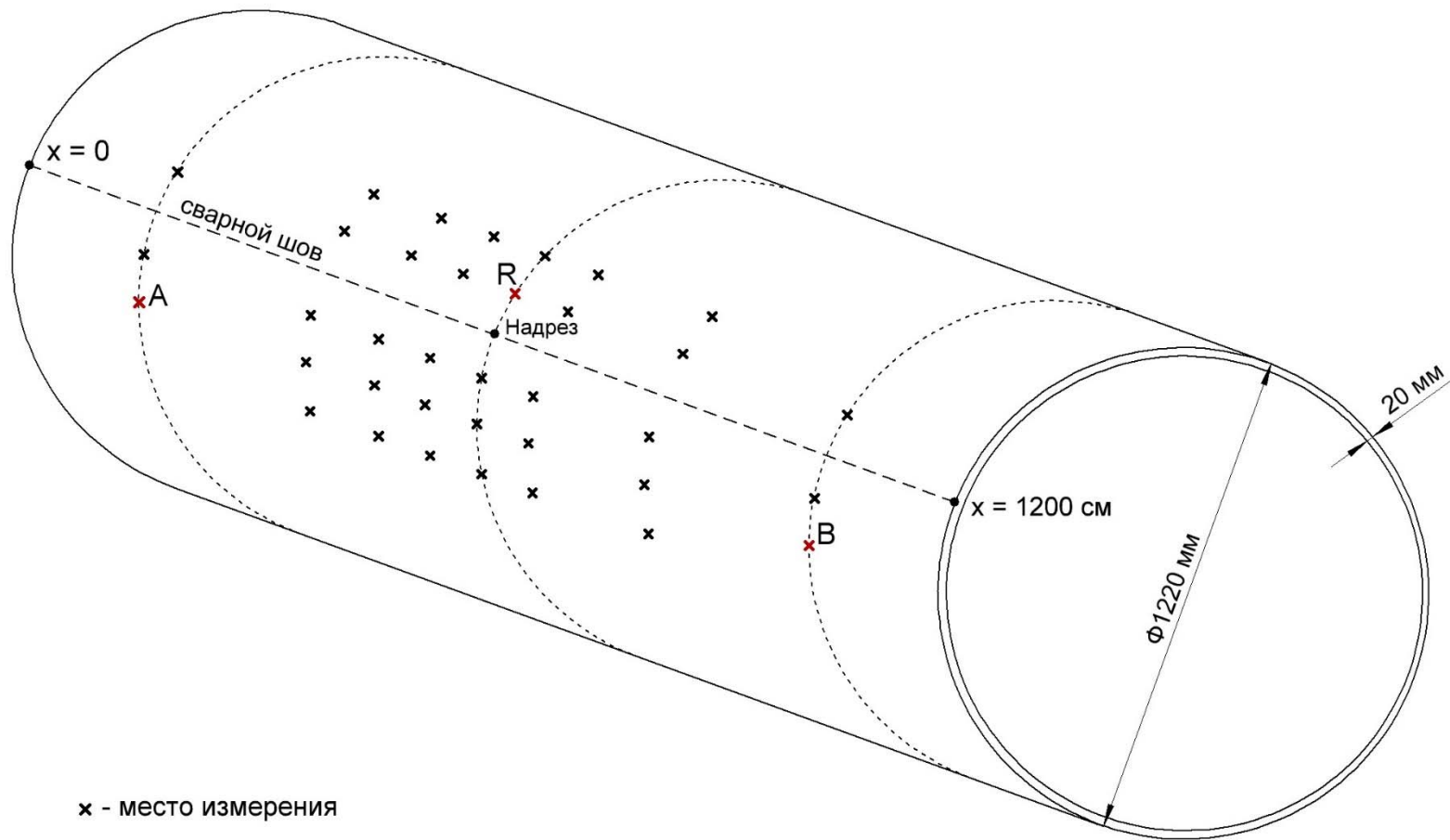
Изменение усредненных по двум направлениям измерений значений магнитных характеристик при увеличении давления в трубе с 0 до 20 кгс

Участок измерения	Сторона трубы	$\Delta\langle H_c \rangle, \%$	$\Delta\langle B_r \rangle, \%$
1 уч	3 ч	-2,6	+26,3
	9 ч	+0,8	+16,8
	12 ч	+5,0	+40,7
2 уч	3 ч	-4,4	+30,3
	9 ч	+2,8	+15,8
	12 ч	+1,7	+13,5
3 уч	3 ч	+0,7	+17,3
	9 ч	-1,3	+26,5
	12 ч	+1,1	+39,7

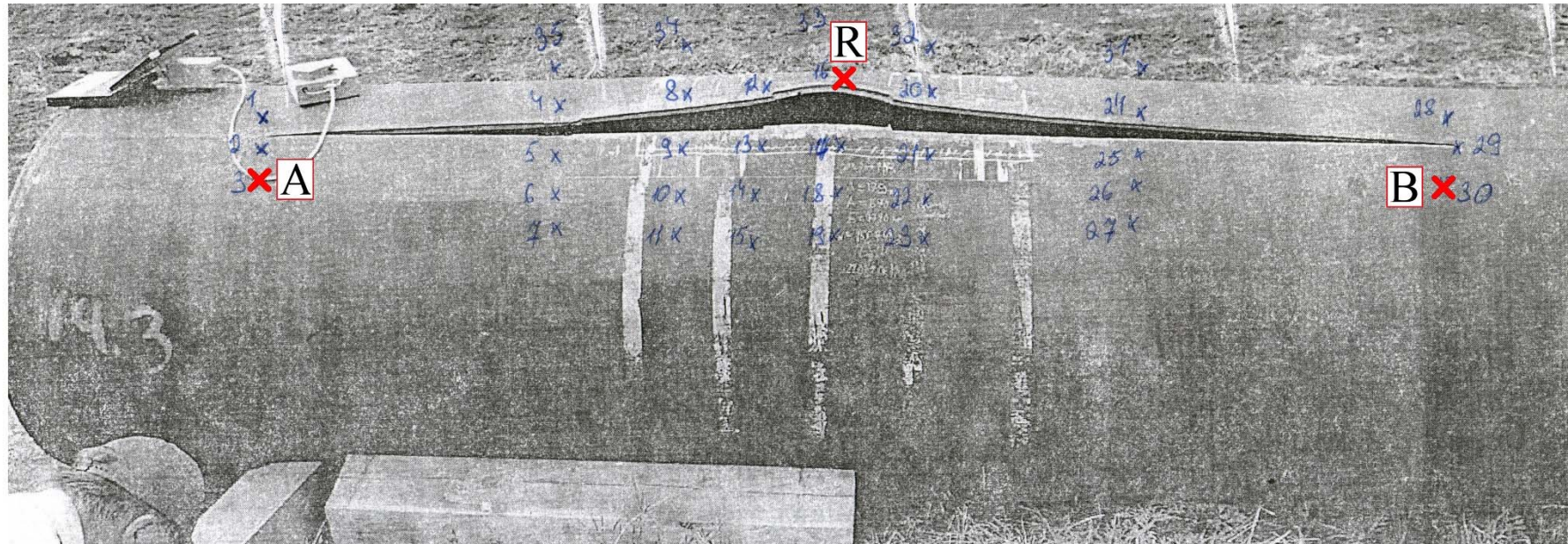


Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич  
лаборатории интеллектуальных технологий диагностики

Объект контроля для гидроиспытания: труба из стали класса прочности К80 (Х100) с надрезом



Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич  
лаборатории интеллектуальных технологий диагностики



Фотография разрушенной трубы

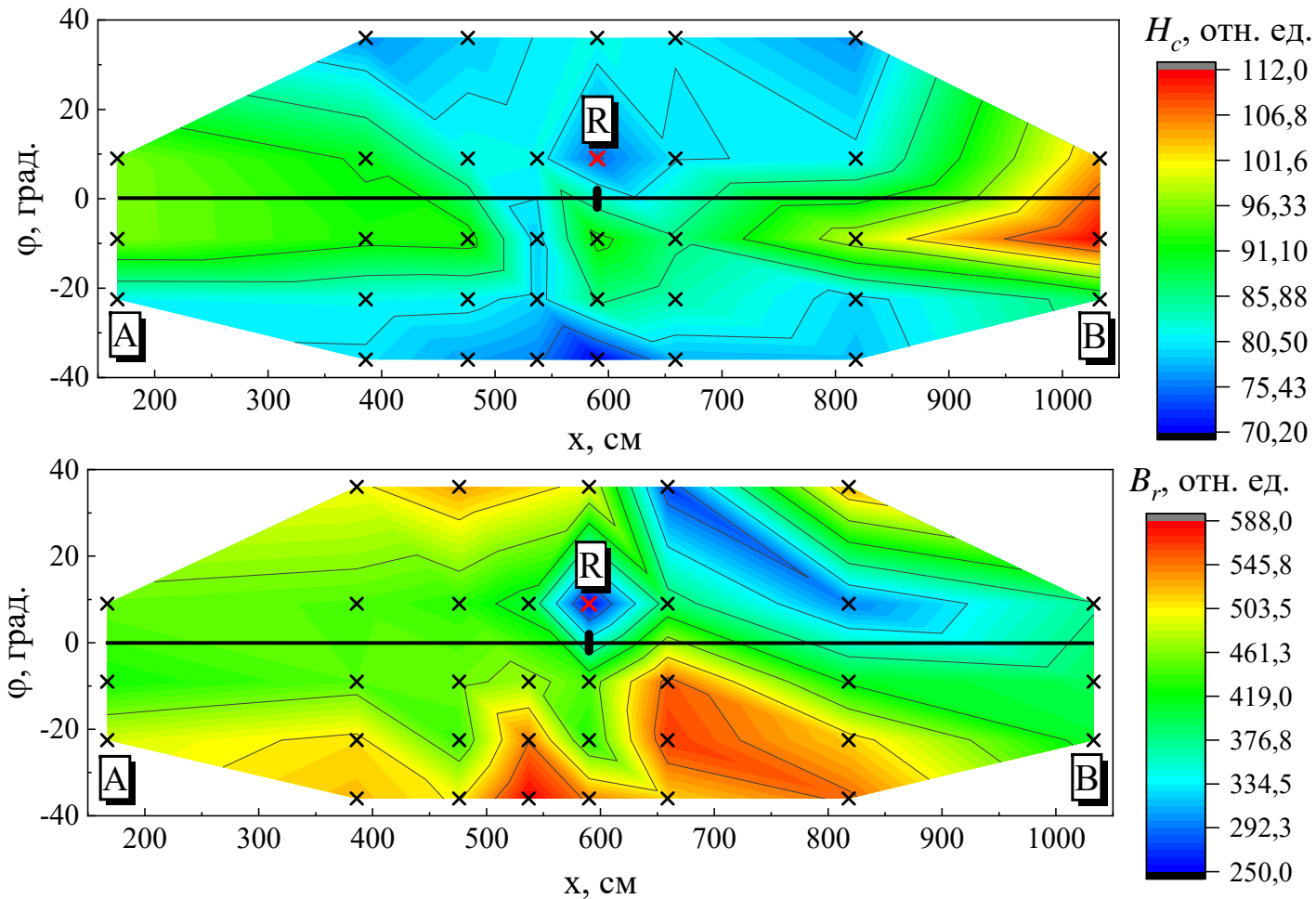
**Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич  
лаборатории интеллектуальных технологий диагностики**

Сравнение магнитных характеристик до и после испытания,  
полученных на трубе с искусственным дефектом

Место измерения	Состояние трубы	Характеристики петли гистерезиса, отн. ед.		Разница магнитных характеристик до и после испытания, %	
		$H_c$	$B_r$	$\Delta H_c$	$\Delta B_r$
Точка А	До испытания	90,4	426,4	-9,8	+14,4
	После разрушения	81,5	488		
Точка В	До испытания	96,2	469,2	-8,9	-13,3
	После разрушения	87,6	406,9		

**Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич**  
**лаборатории интеллектуальных технологий диагностики**

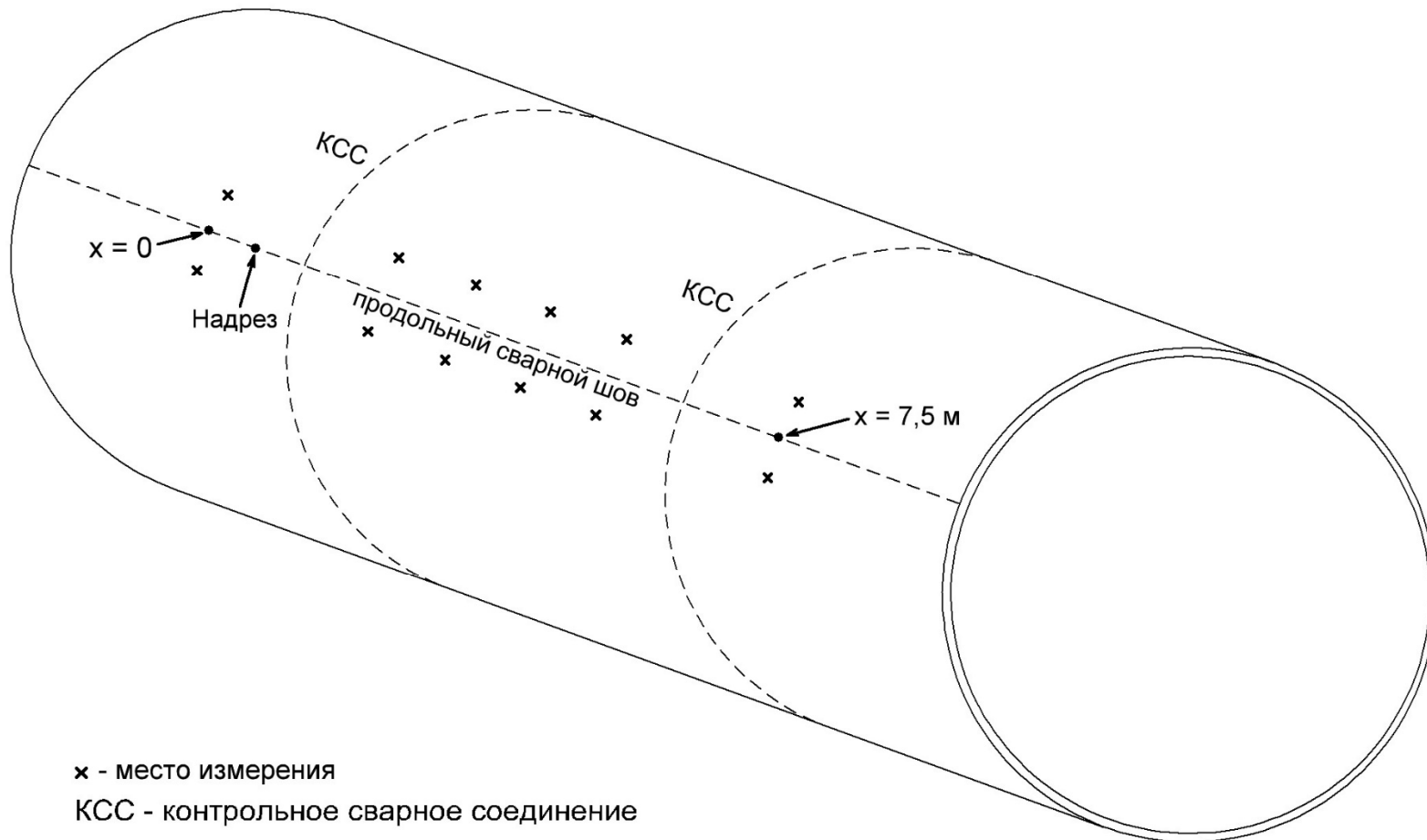
Карты распределения коэрцитивной силы и остаточной магнитной индукции на поверхности разрушенной трубы



— — сварной шов; | — место надреза; × — точки, в которых проводились измерения

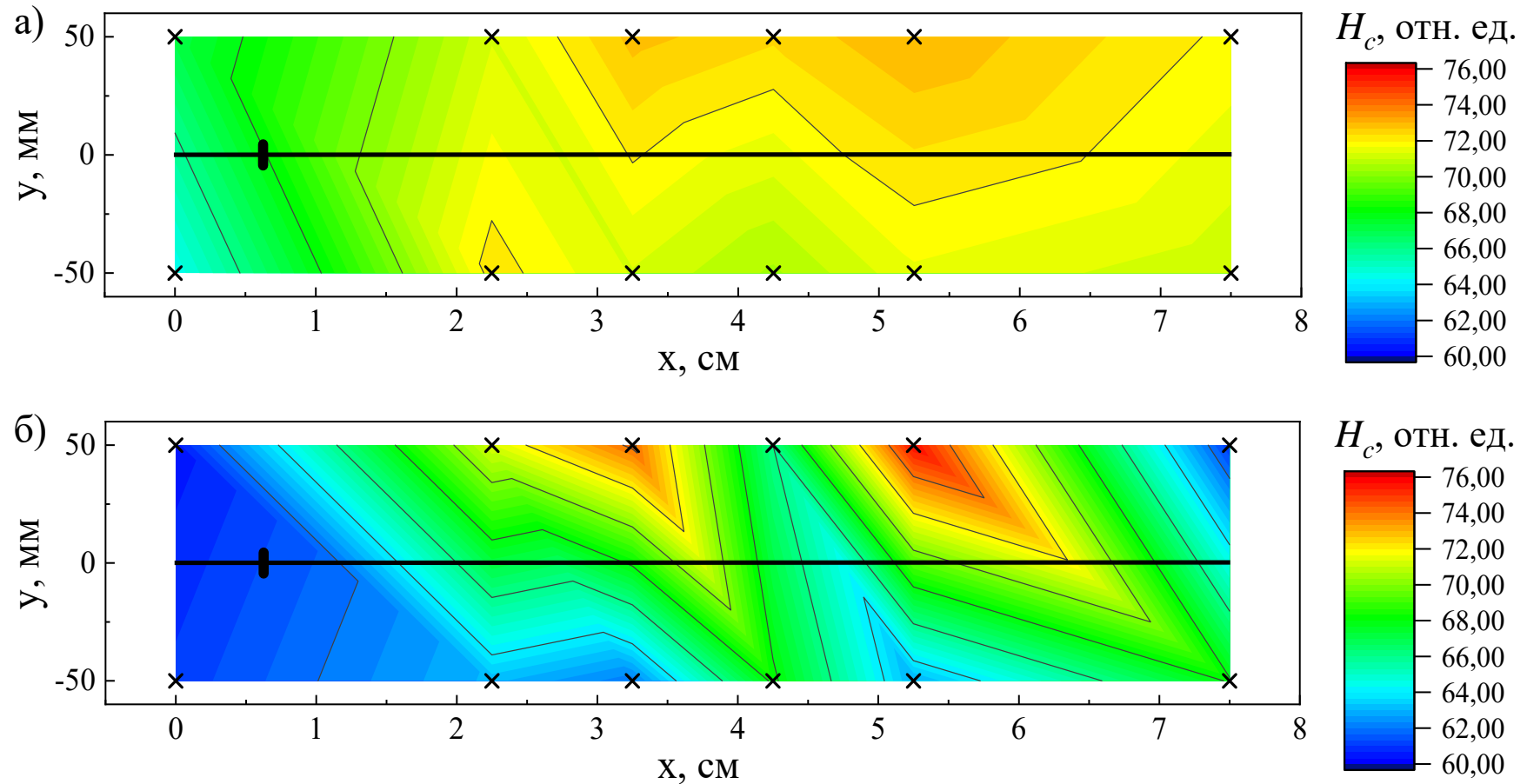
**Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич  
лаборатории интеллектуальных технологий диагностики**

Объект контроля для пневмоиспытания: труба из стали класса прочности К80 (Х100) с надрезом



**Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич**  
**лаборатории интеллектуальных технологий диагностики**

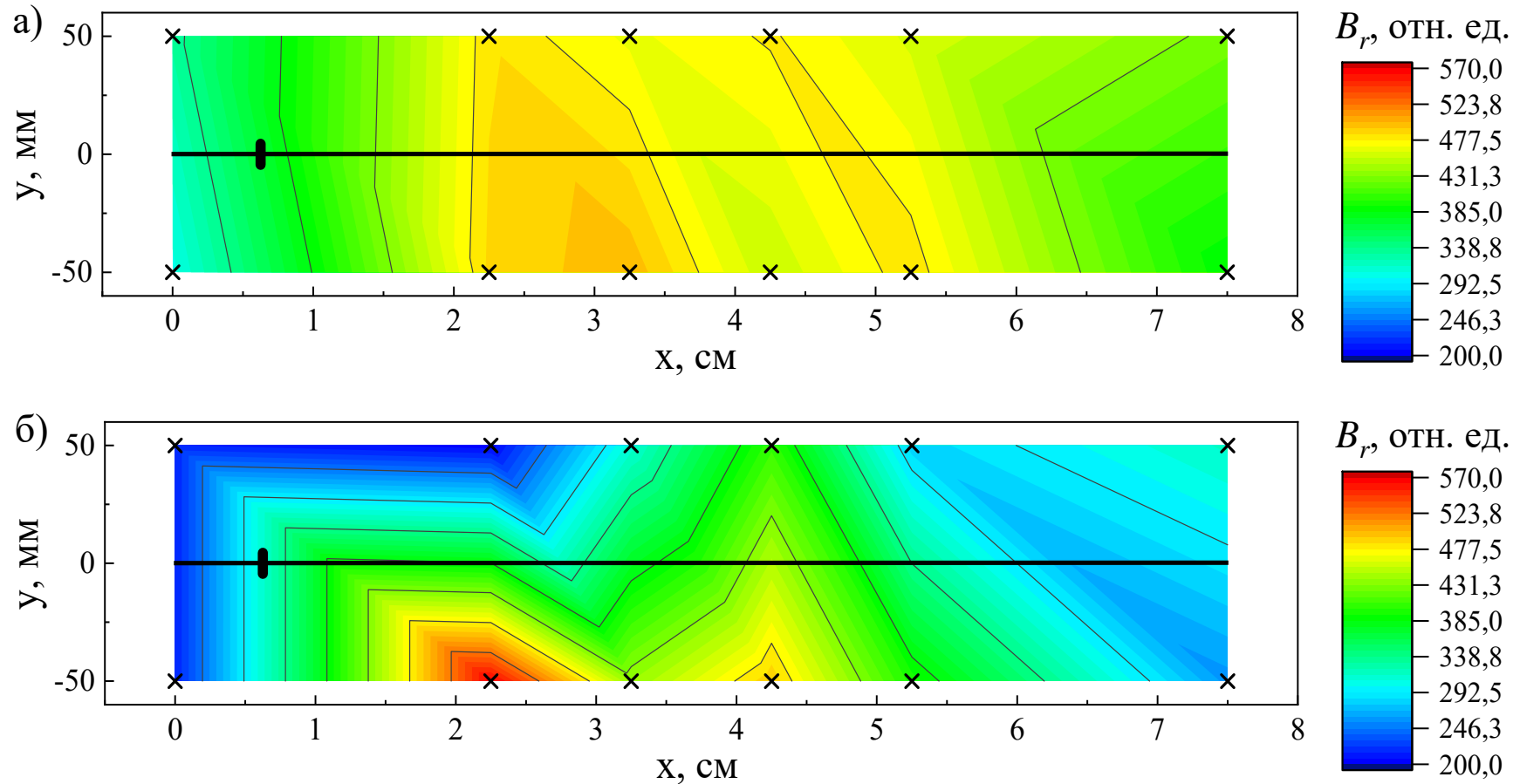
Карта распределения коэрцитивной силы, измеренной по оси,  
на поверхности трубы до испытания (а) и после разрушения (б)



— — сварной шов; █ — место надреза; × — точки, в которых проводились измерения

**Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич**  
**лаборатории интеллектуальных технологий диагностики**

Карта распределения остаточной магнитной индукции, измеренной по оси,  
на поверхности трубы до испытания (а) и после разрушения (б)



— — сварной шов; █ — место надреза; × — точки, в которых проводились измерения

## **Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич лаборатории интеллектуальных технологий диагностики**

### **Список изученной литературы**

- 1) Новиков, В. Ф. Зависимость коэрцитивной силы малоуглеродистых сталей от одноосных напряжений (Часть 1) / В. Ф. Новиков, Т. А. Яценко, М. С. Бахарев // Дефектоскопия. – 2001. – №11. – С. 51–57.
- 2) Новиков, В. Ф. Зависимость коэрцитивной силы малоуглеродистых сталей от одноосных напряжений (Часть 2) / В. Ф. Новиков, Т. А. Яценко, М. С. Бахарев // Дефектоскопия. – 2002. – №4. – С. 10–17.
- 3) Агинеи, Р. В. Применение магнитного метода для оценки напряженного состояния стальных конструкций / Р. В. Агинеи, Ю. А. Теплинский, А. С. Кузьбожев, Н. П. Богданов // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки. – 2004. – № 27. – С. 95-97.
- 4) Агинеи, Р. В. Разработка методики оценки напряженного состояния нефтегазопроводов по коэрцитивной силе металла: специальность 25.00.19 "Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Агинеи Руслан Викторович. – Ухта, 2005. – 21 с.
- 5) Агинеи, Р. В. Алгоритм определения механических напряжений в металле трубопроводов по коэрцитивной силе металла / Р. В. Агинеи, А. С. Кузьбожев, И. Н. Андронов // Нефтегазовое дело. – 2007. – Т. 5. – № 1. – С. 235–240.
- 6) Кулеев, В. Г. Исследование причин существенных различий величин коэрцитивной силы, остаточной намагниченности и начальной магнитной проницаемости ферромагнитных сталей в нагруженном и разгруженном состояниях при их пластическом растяжении / В. Г. Кулеев, Т. П. Царькова, А. П. Ничипурук, В.И. Воронин, И.Ф. Бергер // Физика металлов и металловедение. – 2007. – Т. 103. – № 2. – С. 136–146.
- 7) Горкунов, Э. С. Взаимосвязь между параметрами напряженно-деформированного состояния и магнитными характеристиками углеродистых сталей / Э. С. Горкунов, С. М. Задворкин, С. В. Смирнов, С. Ю. Митропольская, Д. И. Вичужанин // Физика металлов и металловедение. – 2007. – Т. 103. – № 3.
- 8) Костин В. Н. Необратимые изменения намагниченности как индикаторы напряженно-деформированного состояния ферромагнитных объектов / В. Н. Костин, Т. П. Царькова, А. П. Ничипурук, В. Е. Лоскутов, В. В. Лопатин, К. В. Костин // Дефектоскопия. – 2009. – № 11. – С. 54–67.
- 9) Кулеев, В. Г. Влияние пластических деформаций на зависимости остаточной намагниченности сталей от упругих растягивающих напряжений / В. Г. Кулеев, Т. П. Царькова, Ж. В. Казанцева // Физика металлов и металловедение. – 2009. – Т. 107. – № 5. – С. 468–471.



## **Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич лаборатории интеллектуальных технологий диагностики**

### **Список изученной литературы**

- 10) Ничипурук, А. П. Возможности магнитного контроля предшествующих разрыву пластических деформаций в конструкциях из низкоуглеродистых сталей / А. П. Ничипурук, А. Н. Сташков, В. Н. Костин, М. К. Корх // Дефектоскопия. – 2009. – № 9. – С. 31–38.
- 11) Бердник, М. М. Исследование влияния плоского напряженного состояния на изменение магнитных характеристик трубных сталей / М. М. Бердник, Ю. В. Александров, Р. В. Агинеи // Наука в нефтяной и газовой промышленности. – 2010. – № 3. – С. 2-6.
- 12) Горкунов, Э. С. Влияние магнитоупругого эффекта на гистерезисные свойства среднеуглеродистой стали при одноосном нагружении / Э. С. Горкунов, А. М. Поволоцкая, К. Е. Соловьев, С. М. Задворкин // Дефектоскопия. – 2010. – № 9. – С. 17-25.
- 13) Новиков, В. Ф. Влияние двухосной упругой деформации на коэрцитивную силу и локальную остаточную намагниченность конструкционных сталей / В. Ф. Новиков, В. А. Захаров, А. И. Ульянов, С. В. Сорокина, М. Е. Кудряшов // Дефектоскопия. – 2010. – № 7. – С. 59–68.
- 14) Захаров, В. А. Коэрцитивная сила ферромагнитных сталей при двухосном симметричном растяжении материала / В. А. Захаров, А. И. Ульянов, Э. С. Горкунов // Дефектоскопия. – 2011. – № 6. – С. 3–15.
- 15) Бида, Г. В. Магнитный метод оценки одноосных упругих напряжений растяжения и сжатия / Г. В. Бида // Дефектоскопия. – 2011. – № 8. – С. 64–75.
- 16) Костин К. В. Изменение гистерезисных характеристик трубных сталей при их упругом и пластическом деформировании растяжением / К. В. Костин, Т. П. Царькова, А. П. Ничипурук, Я. Г. Смородинский // Дефектоскопия. – 2011. – № 9. – С. 25–36.
- 17) Костин В. Н. Перспективные магнитные и магнитоакустоэмиссионные параметры контроля напряженно-деформированного состояния стальных объектов / В. Н. Костин, А. П. Ничипурук, А. Н. Сташков, Т. П. Царькова, М. А. Гурьев, О. Н. Василенко, К. В. Костин // Безопасность и живучесть технических систем: Труды IV Всероссийской конференции. В 2-х томах, Красноярск, 09–13 октября 2012 года. Том 1. – Красноярск: Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, 2012. – С. 149–154.
- 18) Горкунов, Э. С. Влияние механических напряжений на магнитные характеристики трубной стали / Э. С. Горкунов, С. М. Задворкин, А. Н. Мушников, С. В. Смирнов, Е. И. Якушенко // Прикладная механика и техническая физика. – 2014. – Т. 55. – № 3(325). – С. 181-191.

**Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич  
лаборатории интеллектуальных технологий диагностики**

**Список изученной литературы**

- 19) Горкунов, Э. С. Влияние структуры и напряженного состояния на магнитные свойства металла в различных зонах сварных труб большого диаметра / Э. С. Горкунов, С. М. Задворкин, Е. А. Путилова, Р. А. Саврай // Физика металлов и металловедение. – 2014. – Т. 115. – № 10. – С. 1011.
- 20) Jackiewicz, D. Application of extended Jiles-Atherton model for modelling the influence of stresses on magnetic characteristics of the construction steel / D. Jackiewicz, R. Szewczyk, J. Salach, A. Pienkowski // Acta Physica Polonica A. – 2014. – V. 126. – № 1. – pp. 392–393.
- 21) Мушников, А. Н. Влияние механического нагружения на магнитные характеристики трубных сталей разных классов / А. Н. Мушников, С. Ю. Митропольская // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. – 2016. – № 4. – С. 57-70.
- 22) Горкунов, Э. С. Сравнительный анализ поведения магнитных характеристик пластически деформированного металла различных зон сварной трубы при упругой деформации / Э. С. Горкунов, А. М. Поволоцкая, С. М. Задворкин, Е. А. Путилова // Дефектоскопия. – 2017. – № 9. – С. 26-34.
- 23) Загидулин, Т. Р. К прогнозированию разрушения металлоконструкции на основе результатов комплексного акустико-эмиссионного и магнитного контроля металла / Т. Р. Загидулин, Р. В. Загидулин, К. О. Осипов // Вестник Башкирского университета. – 2017. – Т. 22. – № 2. – С. 346-350.
- 24) Загидулин, Т. Р. Магнитный контроль напряженно-деформированного состояния металлоконструкций индикатором механического напряжения металла ИН-02 сканирующего типа / Т. Р. Загидулин, Р. В. Загидулин // Нефтегазовое дело. – 2017. – Т. 15. – № 4. – С. 143-149.
- 25) Венгринович, В. Л. Особенности измерения внутренних напряжений в ферромагнитных материалах с использованием эффекта Баркгаузена и других магнитных методов / В. Л. Венгринович, Д. А. Винтов, А. Н. Прудников, П. А. Подугольников, В. Н. Рябцев // В мире неразрушающего контроля. – 2018. – Т. 21. – № 1. – С. 5-9.
- 26) Зайцев, Н. Л. К вопросу оценки напряжённого состояния и остаточного ресурса стальных конструкций по результатам коэрцитиметрических измерений / Н. Л. Зайцев, С.А. Сильвестров // Нефтегазовое дело. – 2018. – Т. 16. – № 3. – С. 107-113.

**Аспирант 2 года обучения Мызнов Константин Евгеньевич**  
**лаборатории интеллектуальных технологий диагностики**

**Список изученной литературы**

- 27) Горкунов, Э. С. Сопоставление магнитных параметров закаленных трубных сталей с остаточными макро- и микронапряжениями, определенными рентгеновским методом / Э. С. Горкунов, С. М. Задворкин, Л. С. Горулева // Дефектоскопия. – 2019. – № 5. – С. 22-30.
- 28) Загидулин, Р. В. К вопросу контроля сложного напряженного состояния металла стальных труб. Расчет напряженности поля остаточной намагниченности при сложном сопротивлении металла / Р. В. Загидулин, Т. Р. Загидулин, В. Р. Мардамшин, Т. А. Бакиев // Материаловедение и защита от коррозии. – 2019. – Т. 17. – № 1. – С. 91-98.
- 29) Елфимов, А. В. Разработка методов оценки изменения механических свойств и контроля напряженно-деформированного состояния высокопрочных труб при испытаниях магистральных газопроводов. дис. КТН – Москва, 2019. - 203 с.
- 30) Горкунов, Э. С. Магнитные методы оценки упругих напряжений в ферромагнитных сталях (обзор) / Э. С. Горкунов, А. Н. Мушников // Контроль. Диагностика. – 2020. – Т. 23. – № 12(270). – С. 4-23.
- 31) Мушников, А. Н. Влияние объемного напряженного состояния на магнитные характеристики конструкционных сталей : дис. ... кандидата технических наук : 2.2.8. ; 05.11.13 / Мушников Александр Николаевич. - Екатеринбург, 2021. - 163 с.
- 32) Задворкин, С. М. Оценка остаточных напряжений в стальных изделиях магнитными методами / С. М. Задворкин, Л. С. Горулева // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2021. – № 2. – С. 33-51.
- 33) Новиков, В. Ф. Контроль одноосных напряжений в сталях с учетом их магнитоупругой чувствительности / В. Ф. Новиков, С. М. Кулак, А. С. Парахин // Дефектоскопия. – 2021. – № 4. – С. 42-50.
- 34) Игнатик, А. А. Расчетно-экспериментальная оценка напряженного состояния трубопровода под воздействием изгибающей нагрузки и внутреннего давления / А. А. Игнатик // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2021. – № 2(146). – С. 114-126. – DOI 10.31660/0445-0108-2021-2-114-126.
- 35) Tu, H. Influence of defects on stress detection by magnetic Barkhausen noise / H. Tu, J. Wu, M. Roskosz, C. Liu, S. Qiu // Journal of Nondestructive Evaluation. – 2021. – V. 40. – № 4.
- 36) Kostin, V. N. Effect of mechanical deformation on the magnetic characteristics of ferromagnetic objects made of Fe-Ni alloys / V. N. Kostin, E. D. Serbin, O. N. Vasilenko, V. N. Perov // AIP Conference Proceedings. – 2022. – V. 2466. – P. 060028.

Спасибо за внимание!