

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерная школа Неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение

Отделение школы (НОЦ) Контроля и диагностики

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка высокопроизводительного устройства размагничивания длинномерных изделий

УДК 621.318.25:669:620.179.147

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6А	Болдырев Петр Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гольдштейн Александр Ефремович	Д.т.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Данков А.Г.	К.и.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Анищенко Ю.В.	К.т.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководителем ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вавилова Галина Васильевна	К.т.н		

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Р1	Применять навыки эффективной индивидуальной и командной работы, включая руководство командой, работу по междисциплинарной тематике с учетом этики и корпоративных интересов, в том числе и на иностранном языке.	Требования ФГОС (ОК-3, ОПК- 1, ОПК-3, ПК-12, ПК-16, ПК-17, ПК-18, ПК-22),), СУОС ТПУ (УК-1, УК-3, УК-4, УК-5, УК-6), CDIO Syllabus (2.1, 2.3, 2.4, 2.5, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.2, п. 2.3, п. 2.4, п. 2.5, п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 19.026 Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса, 19.032 Специалист по диагностике газотранспортного оборудования, 40.008 Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами)
Р2	Применять навыки управления разработкой и производством продукции на всех этапах ее жизненного цикла с учетом инновационных рисков коммерциализации проектов, в том числе в нестандартных ситуациях.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОПК-1, ПК-6, ПК -8, ПК-16, ПК-18, ПК-19, ПК-20), СУОС ТПУ (УК-2, УК-6), CDIO Syllabus (2.1, 2.4, 2.5, 3.2, 4.1, 4.2, 4.3, 4.6, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.3, п. 2.5, п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник, 29.006 Специалист по проектированию систем в корпусе, 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам)
Р3	Собирать, хранить, обрабатывать, использовать, представлять и защищать информацию при соблюдении требования информационной безопасности и корпоративной культуры.	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-4, ПК-17, ПК-19), СУОС ТПУ (УК-5, УК-6), CDIO Syllabus (1.1, 2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.1, п. 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI , требования профессиональных стандартов (40.158

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
		Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 19.026 Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса)
P4	Применять навыки планирования, подготовки, проведения теоретических и экспериментальных исследований, а также представления и интерпретации полученных результатов.	Требования ФГОС (ОПК-1, ОПК-2 , ПК-1, ПК-2 , ПК-15, ПК-17), СУОС ТПУ (УК-1), Критерий 5 АИОР (п 1.1, п.1.2, п.1.4), CDIO Syllabus (2.1, 2.2, 4.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 40.008 Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами)
P5	Разрабатывать нормативную, техническую и методическую документацию в области неразрушающего контроля и измерительной техники.	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-9 , ПК- 11, ПК-17), CDIO Syllabus (1.2, 4.4), Критерий 5 АИОР (п.1.3, п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник)
P6	Быть готовым к комплексной профессиональной деятельности при разработке инновационных и эффективных методов и средств измерения и контроля.	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-18, ПК-20, ПК-21, ПК-22), СУОС ТПУ (УК-1), CDIO Syllabus (1.2, 1.3, 2.3, 4.1, 4.4, 4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.2, п. 1.3, п. 1.4, п.1.5, п. 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник, 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции, 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
		конструкторским разработкам)
P7	Разрабатывать и внедрять энерго- и ресурсоэффективные технологические процессы производства приборных систем с использованием высокотехнологичных средств измерения и контроля.	Требования ФГОС (ПК-7, ПК-8, ПК-10. ПК-11, ПК-12, ПК-14, ПК-21), CDIO Syllabus (1.3, 4.1, 4.2, 4.5. 4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.2, п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (19.026 Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса, 19.032 Специалист по диагностике газотранспортного оборудования)

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа Неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение
 Отделение Контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
Вавилова Г.В.
 (Ф.И.О.)

 (Подпись) _____
 (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа 1БМ6А	ФИО Болдырев Петр Андреевич
-----------------	--------------------------------

Тема работы:

Метод контроля магнитной проницаемости ферритовой керамики

Утверждена приказом директора (дата, номер)

10235/с 28.11.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

Образцы стали ШХ15 и Ст3

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

1. Обзор литературы
2. Экспериментальная установка и используемое диагностическое оборудование
3. Экспериментальные результаты и их обсуждение
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
5. Социальная ответственность

Перечень графического материала

Презентация в Microsoft Office PowerPoint 2010

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Данков Артем Георгиевич, доцент отделения социально-гуманитарных наук
Социальная ответственность	Анищенко Юлия Владимировна, доцент отделения контроля и диагностики

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

Должность Профессор	ФИО Гольдштейн Александр Ефремович	Ученая степень, звание Д.т.н., профессор	Подпись	Дата
------------------------	---------------------------------------	---	---------	------

Задание принял к исполнению студент:

Группа 1БМ6А	ФИО Болдырев Петр Андреевич	Подпись	Дата
-----------------	--------------------------------	---------	------

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа Неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение

Уровень образования Магистратура

Отделение Контроля и диагностики

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2018
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
03/03/2017	Литературный обзор	15
03/04/2017	Выполнение экспериментальной части	30
15/05/2017	Разработка методики	30
28/04/2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
29/04/2018	Социальная ответственность	10
1/05/2018	Разделы, выполненные на иностранном языке	5
		<i>Сумма: 100 баллов</i>

Составил руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гольдштейн Александр Ефремович	Доктор технических наук, профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Руководителем ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Приборостроение	Вавилова Галина Васильевна	Кандидат технических наук		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 115 с., 13 рис., 19 табл., 44 источника.

Ключевые слова: размагничивание, ферромагнетик, демагнетизатор, остаточная магнитная индукция, коэрцитивная сила, релаксационная коэрцитивная сила.

Объектом исследования является устройство размагничивания, основанное на методе, использующим постоянное магнитное поле.

Цель работы:

Анализ существующих методов размагничивания и их пригодность для размагничивания длинномерных изделий, а также исследование характеристик устройства размагничивания, выявления достоинств и недостатков, приведение возможных способов модернизации, приведение технологических аспектов использования данного устройства.

В процессе исследования проводились исследования методов и приборов размагничивания, рассматривались характеристики и параметры, а также структурные и функциональные схемы демагнетизаторов. Проводились исследования параметров устройства размагничивания.

В результате исследования был предложен оптимальный метод размагничивания длинномерных изделий. Предложена возможная конструкция размагничивающего устройства и способы ее модернизации. Предложенный метод может быть использован для реализации демагнетизаторов, предназначенных для размагничивания прутков и труб.

Оглавление

Введение.....	11
1 Размагничивание. Способы размагничивания ферромагнитных изделий.....	13
2 Методы размагничивания.....	19
2.1 Нагрев до температуры точки Кюри.....	19
2.2 Размагничивание знакопеременным магнитным полем с убывающей до нуля амплитудой	22
2.2.1 Практические конструкции установок и устройств для размагничивания ферромагнитных сталей	25
2.2.2 Автоматические устройства размагничивания	26
2.2.2.1 Демагнетизатор DS10M.....	26
2.3 Размагничивание в постоянных магнитных полях обратной полярности....	29
2.3.1 Демагнетизатор ДМ - 404.....	31
2.4 Комбинированный метод размагничивания.....	32
2.4.1 Устройства размагничивания FOERSTER EMAG M/EMAG F	32
3 Рекомендации по применению методов	33
4 Экспериментальные исследования.....	34
4.1 Получение опытных данных для построения петель гистерезиса.....	34
5 Разработка принципиальной схемы	38
5.1 Расчет индукционной обмотки	38
5.2 Расчет фильтра высоких частот	39
5.3 Выбор АЦП.....	39
5.4 Выбор микроконтроллера	42
5.5 Расчет обмотки намагничивания	44
5.6 Расчет усилителя мощности	46

5.7 Выбор и подключение ЦАП.....	47
5.8 Выбор схемы индикации	48
5.9 Построение связи микропроцессором с ПК	50
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	54
6.1 Введение.....	54
6.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	56
6.3 SWOT - анализ.....	59
6.4 План проекта.....	64
6.5 Бюджет научного исследования	66
6.5.1 Основная заработная плата	68
6.5.2 Дополнительная заработная плата научно – производственного персонала	71
6.6 Отчисления на социальные нужды	72
6.7 Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями.....	72
6.8 Накладные расходы.....	73
6.9 Выводы по разделу.....	74
7 Социальная ответственность	77
7.1 Введение.....	77
7.2 Производственная безопасность.....	77
7.2.1 Анализ выявленных вредных факторов, возникающих при работе с устройством	78
7.2.2 Анализ опасных факторов производственной среды.....	81
7.3 Экологическая безопасность.....	83
7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	84

7.5 Правовые и организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	85
7.5.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства	85
7.5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	86
Заключение	88
Список публикаций студента.....	89
Список использованных источников	90
Приложение А	95
Приложение Б.....	113

Введение

При осуществлении магнитного и вихретокового контроля изделий из ферромагнитных материалов, как правило, применяется их намагничивание до состояния близкого техническому насыщению. В первом случае эта операция относится к числу основных для данного вида контроля, во втором – осуществляется как вспомогательная для уменьшения влияния магнитных неоднородностей на результаты контроля. Намагничивание изделий может также произойти в результате сварочных работ, механической обработки, использовании электромагнитов для перемещения или фиксации деталей и т.п.

При дуговой сварке конструкций из высокопрочных сталей нередко наблюдается случаи возникновения «магнитного дутья». Оно является следствием существования значительных магнитных полей в конструкциях и нарушает стабильность процесса сварки, увеличивает разбрызгивание электродного металла, ухудшает формирование шва [1]. Известны случаи, когда уровни магнитных полей столь велики, что процесс сварки становится невозможным вследствие «сдувания» дуги и выброса жидкого металла сварочной ванны. Опыт показывает, что швы, сварка которых сопровождалась «магнитным дутьем», как правило, содержат дефекты, и в дальнейшем необходима повторная заварка таких швов[2].

Магнитные поля в изделиях существенно усложняют и процесс электроннолучевой сварки, отводя пучок электронов от места сварки или делая его неуправляемым.

В то же время установлено, что максимальные значения индукции на открытых кромках некоторых конструкций из высокопрочных сталей могут достигать 0,01...0,017 Тл, а после сборки отдельных элементов под сварку, в результате наложения магнитных полей, индукция в зазорах увеличивается в 5 – 10 раз и может превышать 0,1 Тл [5]. Сварка таких конструкций без применения специальных средств уменьшающих воздействие магнитных полей, практически невозможна.

Во всех случаях для дальнейшего использования изделия требуется их размагничивание поскольку повышенная остаточная намагниченность может вызвать нарушение нормальных условий работы близкорасположенных приборов, повышенный износ трущихся намагниченных деталей из-за налипания на их поверхность ферромагнитных частиц, препятствовать проведению последующих технологических операций, таких как сборка деталей в узлы, сварка, механическая обработка. Необходимость размагничивания особенно актуальна для изделий из легированных сталей, характеризующихся высокими значениями остаточной магнитной индукции и коэрцитивной силы.

Необходимость размагничивания изделий, создания устройств и методов, позволяющих его осуществить, появилась еще в 40-е годы при разработке оборудования для магнитной дефектоскопии [6].

Достаточно размагниченными считались изделия, магнитное состояние которых не приводило к нежелательным последствиям: искажению в работе оборудования и приборов, интенсивному прилипанию опилок и т.д. В большинстве случаев такие последствия не наблюдались при размагничивании до $(0,5 \dots 1,0) \cdot 10^{-2}$ Тл.

В связи с развитием и широким внедрением электроннолучевой сварки, повышением требований к качеству соединений потребовалось размагничивание изделий до $(1 \dots 5) \cdot 10^{-4}$ Тл [3].

Новые высокопрочные конструкционные стали, выпуск которых непрерывно растет, по магнитным свойствам следует отнести к магнитно – жестким, коэрцитивная сила которых $H_c \geq 8 \cdot 10^3$ А/м. Повышенная энерговооруженность производства с использованием различных электротехнических устройств увеличивает вероятность неконтролируемого трудно устранимого намагничивания заготовок из таких сталей при операциях плазменной резки, механической обработки, наложения прихваток, транспортировки и в условиях хранения на складах.

Существующие методы и средства промышленного размагничивания не ориентированы на нужды конвейерного размагничивания изделий, что приводит к их непригодности к встраиванию в транспортные рольганги технологических потоков дефектоскопов. Основным критерием в этом случае является низкая производительность демагнетизаторов. При скорости вихретоковых дефектоскопов 2 – 6 м/с промышленные устройства размагничивания имеют скорость не выше 1,5 м/с.

В данной работе будет представлен метод высокопроизводительного размагничивания длинномерных цилиндрических изделий, показаны его технологические возможности, преимущества и недостатки.

1 Размагничивание. Способы размагничивания ферромагнитных изделий

Размагничивание – это уменьшение остаточной намагниченности ферромагнитного тела (образца, детали) после устранения внешнего намагничивающего поля.

Намагниченные детали из ферромагнитных материалов перед сборкой из них технических установок и приборов обычно размагничивают для устранения влияния остаточных магнитных полей на измерительные устройства, прилипания к деталям ферромагнитных частиц и т.п. Размагничивают также образцы, служащие для определения магнитных свойств материалов, т.к. эти свойства зависят от магнитной предыстории образцов. Детали или образцы считаются размагниченными, если векторы намагниченности областей самопроизвольного намагничивания (доменов) располагаются в них хаотически и средняя намагниченность (индукция) в любом их сечении равна нулю или меньше величины, заданной техническими условиями или другими нормативными документами.

Для успешного выполнения сварки необходимо предварительно размагнитить свариваемые конструкции, имеющие средний или высокий уровень намагниченности. Следует отметить, что полное размагничивание практически невозможно, поэтому этот процесс следует вести до получения уровня, не вызывающего эффект магнитного дутья, т.е. ниже 20 Гс.

Технология размагничивания труб или стыков труб, подготовленных для сварки, включает следующие операции:

- Определение величины и направления магнитного поля остаточного магнетизма труб;
- Выбор методики, схемы и технических средств размагничивания;
- Проведение размагничивания труб или подготовленных для сварки стыков путем создания размагничивающего поля;

- Контроль уровня размагничивания до остаточной величины, допускающей качественное проведение сварки (менее 20 Гс)

Применяют следующие методы размагничивания:

- Посредством магнитного поля, создаваемого постоянным током;
- С использованием магнитного поля, создаваемого переменным током;
- С помощью электромагнитов;
- С применением постоянных магнитов;

Методику и схему размагничивания выбирают после анализа параметров остаточного магнетизма, а также с учетом конкретных условий (например, из наличия определенной оснастки и оборудования).

В зависимости от формы и размеров детали, размагничивание может осуществляться следующими способами:

- Путем продвижения детали через соленоид, питаемый переменным током, и в удаление ее на расстояние, равное 5 диаметрам (диагоналям) соленоида. Это расстояние может быть существенно (в 2-3 раза) уменьшено, если после отведения деталь постепенно поворачивается на 90° относительно оси соленоида;
 - Уменьшения до нуля переменный ток в соленоиде со вставленной в него размагничиваемой деталью (длина соленоида при этом должна быть больше длины детали);
 - Удаляя детали из электромагнита, питаемого переменным током (или отводя электромагнит от детали);
 - Уменьшая до нуля переменный ток в электромагните, в межполюсном расстоянии которого находится размагничиваемая деталь или ее участок;
 - Пропуская по детали либо по стержню, вставленному в полость детали, переменный ток, амплитуда которого изменяется от максимального значения до нуля;

- Путем продольного намагничивания детали постоянным магнитным полем соленоида или электромагнита до технического насыщения и перемагничивания ее постоянным полем, обратного направления, величина которого соответствует коэрцитивной силы (H_c) материала детали. Величина перемагничивающего поля для каждой конкретной детали должна подбираться экспериментально, с таким расчетом, чтобы после его выключения остаточная индукция была бы близкой к нулю. Этот способ может быть весьма эффективен при размагничивании массивных деталей преимущественно простой формы.

Высококачественное размагничивание обеспечивается в том случае, если начальная напряженность размагничивающего поля во всех точках объема детали, подлежащего размагничиванию, равна пяти (или более) значениям коэрцитивной силы материала детали. Процесс размагничивания должен включать не менее 30 периодов размагничивающего поля, равномерно убывающих по амплитуде.

Следует учитывать, что далеко не всегда необходимо обеспечивать указанную выше напряженность магнитного поля для всех точек объема детали, так как во многих случаях в процессе магнитопорошкового контроля намагничиванию подвергаются только поверхностные слои детали (при намагничивании переменным или разнополярно – импульсными полями), а глубинные области оказываются практически не намагниченными.

В этих случаях не требуется применять сложные устройства, которые обеспечивали бы полное промагничивание всего объема детали. Необходимо лишь, чтобы амплитуда размагничивающего магнитного поля в каждой точке размагничиваемого объема детали была не меньше, чем амплитуда намагничивающего поля в соответствующих точках. Для этого достаточно, чтобы частота и форма размагничивающего поля обеспечивали бы равную и большую глубину проникновения, чем намагничивающее поле и чтобы амплитуда размагничивающего поля была не меньше амплитуды намагничивающего поля в этих точках.

При размагничивании коротких деталей, имеющих малое (меньше 10) отношение длины к толщине, следует либо увеличить напряженность магнитного поля в соленоиде, либо располагать размагничиваемые детали цепочкой. Последнее будет способствовать уменьшению размагничивающего фактора и, в конечном счете, увеличению истинного (результатирующего) магнитного поля, действующего на детали при этой же напряженности поля соленоида. Аналогичный результат будет и при размещении короткой размагничиваемой детали между двумя стержнями – удлинителями (желательно из низкокоэрцитивных сталей).

Крупногабаритные детали сложной формы целесообразно размагничивать по участкам с применением кабеля, наматываемого вокруг плохо поддающихся размагничиванию участков или около этих участков. Для этих целей могут использоваться также приставные электромагниты или плоские катушки. Магнитное поле этих устройств в зоне детали должно плавно уменьшаться либо путем удаления их от детали, либо путем снижения до нуля переменного тока, питающего данные устройства. Следует учитывать, что при размагничивании длинных деталей с помощью соленоидов, питаемых переменным током, возможно подмагничивание таких деталей магнитным полем Земли (геомагнитным полем). Для исключения этого эффекта, рекомендуется располагать размагничивающие устройства так, чтобы детали в процессе размагничивания были ориентированы с запада на восток.

Дополнительное подмагничивание размагничиваемых деталей может происходить и за счет магнитных полей, создаваемых какими-либо близкорасположенными установками или массивными стальными намагниченными предметами. Поэтому размагничивающие устройства необходимо устанавливать так, чтобы в зоне их расположения магнитные поля от вышеуказанных источников не превышали 0,5 от магнитного поля Земли (примерно 0,2 А/см). В тех случаях, когда детали плохо поддаются размагничиванию (массивные детали, диски, детали сложной формы и т.п.),

следует увеличивать напряженность магнитного поля соленоида или снижать частоту размагничивающего поля.

Типы установок и устройств для размагничивания стали:

- Туннельного типа. Катушка с проходным отверстием (туннелем) подключается к сети переменного тока напряжением 220 или 380 вольт частотой 50 Гц напрямую или через контроллер, позволяющий снизить частоту переменного магнитного поля. Размагничиваемый стальной предмет пропускается через туннель.

- Многополюсные постоянные магниты, приводимые во вращение. Скорость вращения магнита определяет частоту переменного магнитного поля. Изменение амплитуды магнитного поля происходит за счет изменения расстояния между магнитом и размагничиваемым стальным предметом.

- Электромагниты переменного тока с разомкнутой (открытой) магнитной системой. Обмотка электромагнита подключается к сети переменного тока напряжением 220 или 380 вольт частотой 50 Гц напрямую или через контроллер, позволяющий снизить частоту переменного магнитного поля. Размагничиваемый стальной предмет подносится к открытому участку магнитной системы, а затем удаляется от него.

- Контейнерного типа. Размагничиваемые стальные предметы помещаются в контейнер, находящийся внутри электромагнита переменного тока. Обмотка электромагнита подключается через контроллер к сети переменного тока напряжением 220 или 380 вольт, в контейнере создается переменное магнитное поле с затухающей амплитудой. Частота переменного магнитного поля и скорость его затухания определяются контроллером.

Действие остаточного магнитного поля может быть различным в зависимости от того, было ли оно получено при полюсном намагничивании или при пропускании тока. При первом способе магнитные силовые линии остаточного поля выходят во внешнее пространство и действуют в нем, тогда как при намагничивании пропусканием тока силовые линии остаются

замкнутыми в изделии. Поэтому, это поле может вызвать помехи во внешнем пространстве лишь при особых обстоятельствах (в виде полей рассеяния на резких переходах поперечного сечения, при нагружении детали на кручение, при разрезании силовых линий при последующей обработке).

2 Методы размагничивания

2.1 Нагрев до температуры точки Кюри

В простейшем случае ферромагнитное изделие можно размагнитить путем кратковременного нагрева испытанных деталей до температуры, выше точки Кюри.

Температурой точки Кюри называется температура (точка) на кривой фазовых переходов 2-ого рода, связанных с возникновением (разрушением) упорядоченного состояния в твердых телах при изменении температуры, но при заданных значениях других термодинамических параметрах (давлении, магнитного поля, электрического поля и т.д.). Переход характеризуется изменением состояния вещества приближением к точке фазового перехода и приобретением веществом качественно нового свойства в этой точке. Название этой точки дано в честь французского физика Пьера Кюри, впервые (1895) и подробно изучившего этот переход у ферромагнетиков. Так, при температуре T , ниже точки Кюри (T_c) ферромагнетики обладают самопроизвольной (спонтанной) намагниченностью (J_s) и определенной магнитно-кристаллической симметрией. При нагреве ферромагнетика и приближении к точке Кюри усиливающееся тепловое движение атомов «расшатывает» существующий магнитный порядок – одинаковую ориентацию магнитных моментов атомов и ферромагнетик теряет самопроизвольную намагниченность.

Для количества характеристики изменения магнитной упорядоченности вводят так называемый параметр порядка h , при $T = T_c$ параметр порядка $h = 0$, а в точке Кюри ($T = T_c$) самопроизвольная намагниченность ферромагнетиков

исчезает ($h = 0$) и ферромагнетики превращаются в парамагнетики, причем некоторые ферромагнетики.

Таким образом, точка Кюри является одним из важнейших параметров оценки рабочего интервала температуры, в котором может быть использован данный магнитный материал. В таблице 1 приведены значения намагниченности J_s насыщения, магнитной индукции B_s насыщения и точки Кюри некоторых магнитных материалов.

Таблица 1

Материал	$J \cdot 10^5$, А/м	B_s , Тл (Гс)	T, К
Железо	1,27	2,1 (21580)	1043
Никель	0,387	0,6 (6080)	631
Кобальт	1,14	1,7 (17900)	1394

Таким образом, во всех случаях фазовых переходов 2 рода (типа точки Кюри) при $T = Q$ в веществе происходит исчезновение того или иного вида атомного «порядка» (упорядоченной ориентации магнитных или электрических моментов, дальнего порядка в распределении атомов по узлам кристаллической решетки в сплавах и т.п.). Вблизи точки Кюри в веществе происходят специфические изменения многих физических свойств (например, теплоемкости, магнитной восприимчивости и др.), достигающие максимума при $T = Q$, что обычно и используется для точного определения температуры фазового перехода.

При температуре ниже точки Кюри в ферромагнитном веществе образуются домены – малые области с самопроизвольной намагниченностью до полного насыщения. При наложении внешнего магнитного поля происходит ориентация магнитных моментов доменов в направлении внешнего поля. Степень этой ориентации увеличивается при увеличении напряженности внешнего поля, пока не достигнет предела.

Итак, когда внешнее магнитное поле уменьшается до нуля, суммарный магнитный момент всех доменов (и ферромагнитного тела в целом) уменьшается до некоторой ненулевой величины, то есть в расположении доменов остается некоторый порядок.

При температуре выше точки Кюри доменная структура ферромагнетика разрушается.

Индукционная нагревательная установка – это электротермическая установка для нагрева металлических заготовок или деталей с применением индукционного нагрева. Такие установки применяются для сквозного нагрева металлических заготовок перед горячей обработкой давлением и для поверхностной закалки стальных деталей. Обычно индукционные нагревательные установки состоят из генератора, индуктора, конденсаторной батареи, механизмов для перемещения нагреваемых заготовок, системы водоохлаждения и системы защиты и контроля.

Нагрев заготовок в установке для сквозного нагрева осуществляется в многовитковом водоохлаждаемом футерованном индукторе. Холодные заготовки подаются в индуктор с одной стороны и выходят нагретыми с другой. Механизмы подачи имеют электромеханический, пневматический или гидравлический привод. Нагрев ведется на низкой или средней частоте. Индукционные нагревательные установки применяют главным образом для нагрева заготовок из стали, меди, алюминия, молибдена, вольфрама, титана, циркония и различных сплавов на их основе. Для нагревательной установки характерны высокая степень автоматизации процесса и малый угар нагреваемого в них металла (для стали менее 0,5%).

Индукторы для поверхностной закалки стальных деталей выполняют без теплоизоляции. Зазор между индуктором и нагреваемой деталью составляет 3-5 мм, что обеспечивает высокий электрический КПД процесса. Индукторы установок чаще всего состоят из одного витка; питание подводится от генератора средней или высокой частоты через согласующий трансформатор. В качестве охлаждающей жидкостей при закалке используют воду, масло и

различные эмульсии, которые подают на поверхность детали через отверстия в индукторе или с помощью специальных устройств.

2.2 Размагничивание знакопеременным магнитным полем с постепенно убывающей до нуля амплитудой

Данный метод заключается в воздействии на магнитные материалы переменным магнитным полем с уменьшающейся амплитудой. В качестве источника переменного магнитного поля обычно используют электромагнит. Уменьшение амплитуды магнитного поля, действующего на объект размагничивания, либо, в более простых случаях, увеличением расстояния между электромагнитом и размагничиваемым объектом. При этом размагничивается область находящаяся непосредственно под витками размагничивающей катушки, что позволяет уменьшить общую намагниченность в свариваемом стыке. Размагничиваемый участок является при этом пассивным магнитопроводом. Этот метод, однако, неэффективен при размагничивании длинномерных толстостенных труб из-за невозможного полного их размагничивания и возникновения вибраций размагничиваемого объекта при применении промышленных частот переменного поля. Кроме того, электрическую мощность, необходимую для проведения такого размагничивания, невозможно получить от передвижных электростанций.

Так как в ферромагнитном теле при температуре ниже точки Кюри существует доменная структура, то есть микроскопические области со спонтанной намагниченностью до насыщения и весьма большим собственным магнитным полем, то процедура размагничивания должна, насколько это возможно, разупорядочивать доменную структуру (а не разрушать отдельные домены), чтобы магнитный момент тела или создаваемое им внешнее магнитное поле стремились к нулю. Этого можно достичь, проходя по частным петлям гистерезиса в нулевую точку (рисунок 1).

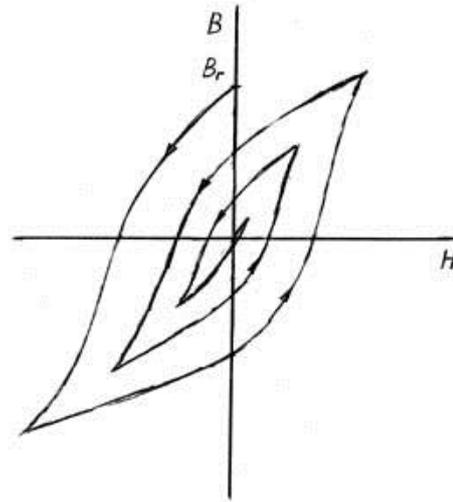


Рисунок 1 – Методика размагничивания ферромагнетика

Для прохождения по частным петлям гистерезиса необходимо воздействовать на образец переменным магнитным полем с затухающей по определенному закону амплитудой (рисунок 2). В зависимости от материала изделия, его размеров и формы, применяют переменные поля различных частот: от долей Гц до 50 Гц.

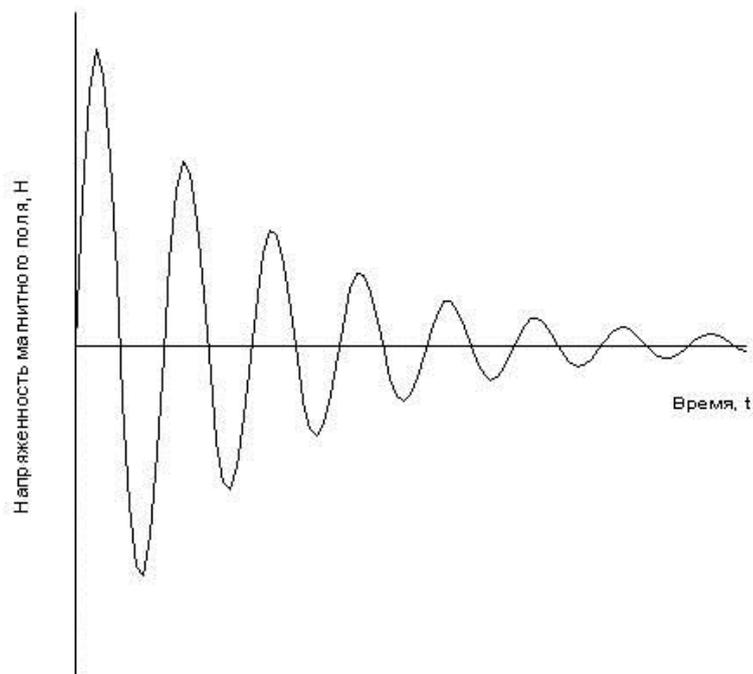


Рисунок 2 – Переменное магнитное поле с затухающей амплитудой

При размагничивании переменным магнитным полем с затухающей до нуля амплитудой следует учитывать такое явление как скин-эффект.

Скин-эффект (поверхностный эффект) – эффект затухания электромагнитных волн по мере их проникновения в глубь проводящей среды. В результате этого эффекта переменный ток высокой частоты, при протекании по проводнику, распределяется не равномерно по сечению, а преимущественно в поверхностном слое. Скин-эффект вызван возникновением вихревых токов в проводящей среде при распространении через нее электромагнитной волны. В результате этого в среде возникают потери энергии, что приводит к уменьшению напряженностей электрического и магнитного полей и плотности тока, т.е. к затуханию волны.

Глубина слоя проводника, в котором напряженность электрического поля уменьшается в e раз (2,71828), называется глубиной скин-слоя. Ниже приведена формула для расчета глубины скин-слоя.

$$d_{skin} = c \sqrt{2 \cdot \frac{\epsilon_0}{\omega \mu_m} \cdot \rho} \quad (1)$$

где ϵ_0 – абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума (8,85419Е-12 Ф/м), ρ – удельное сопротивление, c – скорость света, μ_m – относительная магнитная проницаемость, $\omega = 2\pi \cdot f$. Все величины выражены в системе СИ.

2.2.1 Практические конструкции установок и устройств для размагничивания ферромагнитных сталей

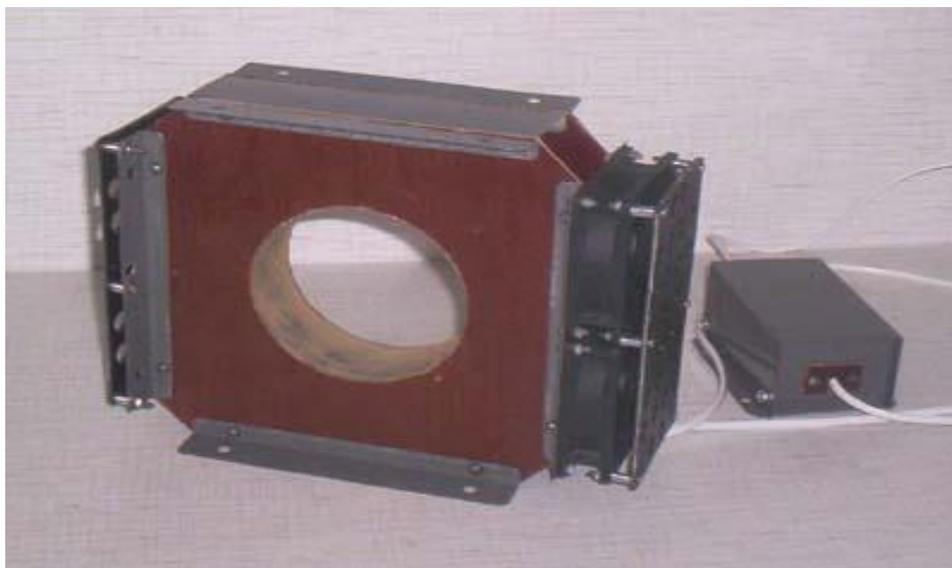


Рисунок 3 – Демагнетизатор туннельного типа с диаметром проходного отверстия 100мм.

Размагничивание производится с помощью переменного магнитного поля с затухающей амплитудой. Уменьшение амплитуды магнитного поля происходит при перемещении размагничиваемого объекта через центральное отверстие демагнетизатора и удалении от него. Демагнетизатор может подключаться к сети переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц напрямую или через контроллер, позволяющий получить более низкие значения частоты.

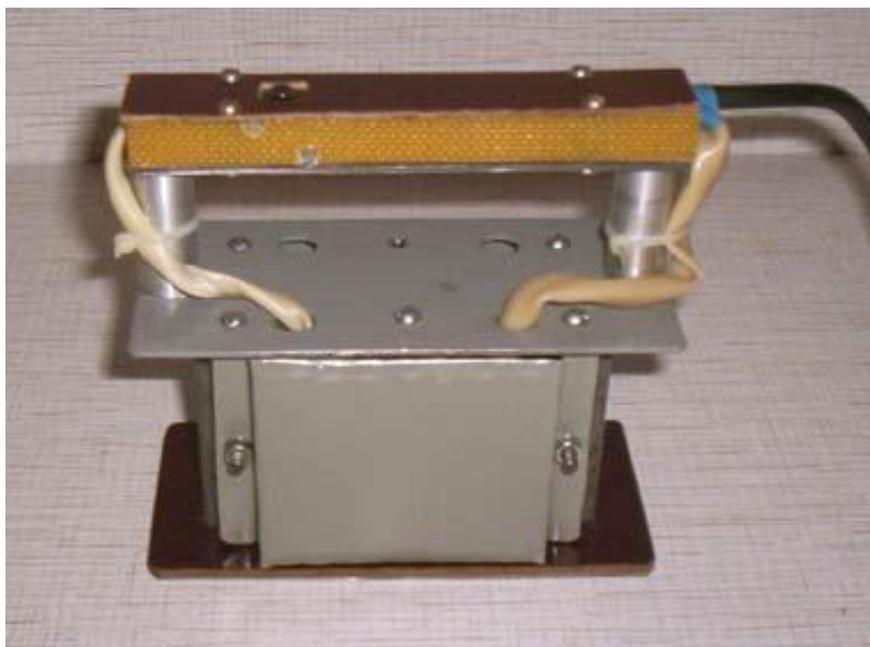


Рисунок 4 – Демагнетизатор стали: электромагнит переменного тока с незамкнутым стальным сердечником

Размагничивание производится с помощью переменного магнитного поля с затухающей амплитудой. Переменное магнитное поле незамкнутого участка магнитной системы демагнетизатора воздействует на размагничиваемый образец. При этом амплитуда индукции магнитного поля в зоне расположения образца изменяется от максимума до нуля при движении демагнетизатора вдоль поверхности образца. Демагнетизатор может подключаться к сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц напрямую или через контроллер, позволяющий получить более низкие значения частоты.

2.2.2 Автоматические устройства размагничивания

2.2.2.1 Демагнетизатор DS10M

Установка DS10M предназначена для общего или локального размагничивания крупногабаритных конструкций из ферромагнитных сталей и сплавов. Данная установка используется для разрушения остаточной

намагниченности, которая возникает в процессе изготовления стальных конструкций.

Технология размагничивания с использованием устройства DS10M обеспечивает общее или локальное размагничивание деталей и конструкций без применения традиционных соленоидов или специальных стенов. Размагничивание осуществляется путем пропускания по толщине металла импульсов электрического тока, изменяющихся по заданному закону.

Наибольший эффект достигается при определенном направлении протекания рабочего тока. Выбор точек подвода электрического тока зависит от конструктивных особенностей размагничиваемого изделия и позволяет осуществлять общее или локальное размагничивание конструкции.

Установка DS10M состоит из шкафа управления, на лицевой панели которого сосредоточены приборы управления и индикации. Объект размагничивания подключается к установке при помощи соединительного кабеля, снабженного четырьмя парами зажимов для подвода тока к конструкции.

Установка DS10M работает в автоматическом режиме. Система управления оснащена программно-математическим обеспечением, которое позволяет поддерживать заданный закон изменения тока размагничивания. Технические возможности установки DS10M определяются электропроводностью и магнитной твердостью сталей, из которых изготовлены размагничиваемые изделия. Общее размагничивание обеспечивается для изделий, изготовленных из конструкционных сталей, с периметром поперечного сечения до 8-10 м и длиной 20-25 м. При локальном размагничивании габариты конструкций не ограничиваются. Размагничивание в присутствии магнитного поля Земли обеспечивает снижение магнитных полей на поверхности конструкций до 0,02-0,05 мТл. Наиболее высокая степень размагничивания достигается при компенсации внешнего магнитного поля в объеме размагничиваемого изделия.

Таблица 2

Технические характеристики установки:

Диапазон изменения амплитуды однополярных импульсов тока, кА	От 0,1 до 10,0
Напряжение рабочего тока, не более, В	30
Автоматическое управление режимом, число режимов	8
Точность поддержания заданного тока, %	3-5
Потребляемая мощность однополярного импульса тока, кВт	270
Максимальное потребление электроэнергии за цикл размагничивания, кВт·ч	3,5
Система охлаждения установки	Воздушно-принудительная
Напряжение питающей сети~3,50Гц, В	380±20
Габаритные размеры, мм	
-длина	900
-ширина	1200
-высота	1930
Масса (без кабеля), кг	960

2.3 Размагничивание в постоянных магнитных полях обратной полярности

Также размагничивание может быть обеспечено встречным намагничиванием. При этом с помощью постоянного тока обратной полярности накладывается напряженность поля, примерно соответствующая коэрцитивной силе изделия. Однако полного размагничивания при использовании такого метода не достигается, даже и при дальнейшем повышении напряженности встречного магнитного поля (это называется псевдо размагничивание).

При ремонте и строительстве трубопроводов используют сварку на постоянном токе. Наблюдаемое при этом воздействие магнитного дутья на сварочный процесс нарушает стабильность горения дуги и формирование шва. Эффект магнитного дутья является следствием наличия остаточного магнетизма в металле трубопровода. Различают три уровня намагниченности: высокий (более 100 Гс), средний (от 20 до 100 Гс), слабый (менее 20 Гс).

Размагничивание с использованием постоянного тока производят с помощью электромагнитной катушки, состоящей из сварочного медного провода типа КГ сечением 30-35 мм². Провод наматывают на трубу или две стыкуемых трубы, образуя катушки с различным количеством витков в зависимости от степени намагниченности труб. В качестве источников питания постоянного тока необходимо использовать сварочные выпрямители или преобразователи на силу тока 500-1000 А, в том числе и многопостовые с использованием балластных реостатов.

Размагничивание с использованием постоянного тока проводят по следующей типовой методике:

- Определяют с помощью магнитометра величину и направление магнитного поля трубы;
- Размещают на трубе катушку из гибкого сварочного провода сечением 35-50 мм²;

- Подключают катушку к одному или двум последовательно соединенным сварочным преобразователям так, чтобы действие образовавшегося магнитного поля было направлено против действия магнитного поля трубы. Последовательное соединение двух сварочных преобразователей необходимо для размагничивания труб большого диаметра (более 1000 мм). В процессе размагничивания магнитометром периодически проверяют на трубе результаты действия размагничивающего поля (замеры следует проводить при включенном источнике питания), при необходимости регулируют силу тока или изменяют его направление (путем переключения проводов на сварочных преобразователях);

- После окончания размагничивания уменьшают силу тока до нулевого значения в течение одной минуты для плавного снижения магнитного потока, а затем выключают источник питания.

После окончания действия магнитного поля, в изделии остается остаточная магнитная индукция B_{r2} .

2.3.1 Демагнетизатор ДМ-404

На кафедре ИИТ, Томского Политехнического Университета, был предложен метод размагничивания, основанный на использовании постоянного магнитного поля, корректируемого по измеряемым в процессе размагничивания начальной и остаточной намагниченностям изделия. Преимуществом такого технического решения по сравнению с известными является возможность качественного размагничивания протяженных ферромагнитных изделий большого сечения с высокой скоростью и при малой потребляемой мощности.

Устройство работает следующим образом. Намагниченные изделия перемещаются через блок магнитных преобразователей, основными элементами которого являются индукционные обмотки и обмотка намагничивания. Электродвижущая сила обмоток интегрируется электронными

интеграторами. Выходное напряжение интегратора, пропорциональное первоначальной остаточной магнитной индукции изделия в плоскости сечения обмотки, подается на вход регулятора тока, управляющего током обмотки намагничивания. Коэффициент преобразования подбирается таким образом, чтобы ток обмотки намагничивания соответствовал значению релаксационной коэрцитивной силы. Проверка качества размагничивания и устранение возможного наличия небольшой остаточной намагниченности осуществляется вторым контуром регулирования, в который входит индукционная обмотка и интегратор, подключенный ко второму входу регулятора тока.

Предлагаемый метод размагничивания был реализован в разработанных в НИИ интроскопии демагнетизаторах ДМ-401 и ДМ-403, входящих в комплект вихретоковых дефектоскопов прутков и труб из подшипниковой стали ШХ-15, а также демагнетизатора ДМ-404 для размагничивания труб газопроводного сортамента из стали 09Г2С.

Демагнетизатор ДМ-404 был использован специалистами центра технической диагностики НИИ интроскопии для размагничивания и измерения остаточной намагниченности бесшовных труб $\varnothing 57$ мм и с толщиной стенки 6 мм из стали 09Г2С общим весом 80 тонн. Опыт эксплуатации ДМ-404 показал, что данный прибор не уступает известным аналогам по качеству размагничивания при меньшей на порядок потребляемой мощности и большей в несколько раз скорости размагничивания.

Ниже приведены технические характеристики демагнетизатора ДМ-404:

- Максимальный диаметр размагничивания изделий – 58 мм;
- Максимальная остаточная магнитная индукция после размагничивания – 0,02 Тл;
- Максимальная скорость размагничивания – 2,5 м/с;
- Потребляемая мощность – не более 100 Вт;
- Порог чувствительности измерителя остаточной магнитной индукции – 0,001 Тл;

– Максимальная относительная погрешность измерения остаточной магнитной индукции (магнитного потока остаточной магнитной индукции) – 2,5%;

2.4 Комбинированный метод размагничивания

Комбинированный метод размагничивания объединяет в себе использование нескольких методов, рассмотренных выше.

2.4.1 Устройства размагничивания FOERSTER – EMAG M/EMAG F

Устройство размагничивания EMAG M и EMAG F используют короткие катушки. Эти короткие катушки создают сильные переменные поля, которые могут быть наложены на слабые, регулируемые постоянные поля. Переменное поле размагничивает намагниченную часть, а подчиненное ему постоянное поле компенсирует статическое магнитное поле, которое всегда присутствует в месте расположения размагничивающей катушки.

Устройства размагничивания EMAG M и EMAG F состоят из блока питания и катушки размагничивания. Блок питания EMAG M/F смонтирован на стандартной монтажной базе и помещен в корпус из листовой стали. Катушки размагничивания EMAG M и EMAG F залиты очень прочной литейной смолой, которая обладает хорошими температурными свойствами. Тепло отводится от катушки через конвекцию и излучение. Дополнительного охлаждения не требуется. Катушки размагничивания соединены с блоками питания с помощью кабелей.

Устройства размагничивания EMAG M/F применяются для размагничивания прутков и труб разных диаметров.

Наиболее практичный метод – это расположить катушки размагничивания в конце линии контроля. Такое расположение предотвращает

намагничивание других зон контроля или намагничивание системы производства.

Размагничивание переменным полем создает в изделии токи Фуко, предотвращающие проникновение в материал переменного тока. Глубина проникновения переменного поля в изделие зависит от проводимости материала и частоты намагничивания переменного поля.

Устройство размагничивания EMAG M работает с промышленной частотой. Это недорогой блок, хорошо подходящий для размагничивания:

- Прутков диаметром 30 мм.
- Труб с толщиной стенки 5 мм.

В устройстве размагничивания EMAG F поток размагничивания регулируется и стабилизируется. Частота размагничивания выбираемая. Это универсальная система для размагничивания:

- Прутков диаметром 70 мм.
- Труб с толщиной стенки 25 мм.

3 Рекомендации по применению методов

Целесообразность применения той или иной методики размагничивания длинномерных изделий диктуется в первую очередь скоростью размагничивания. Некоторые из рассмотренных выше методов вообще не пригодны.

Размагничивание нагревом практически невозможно осуществить по всей длине изделия одновременно. Размагничивание по участкам невозможно, так как остывающие участки будут подмагничиваться полем соседних участков изделия.

Как отмечалось выше, метод размагничивания в переменных магнитных полях, убывающих по амплитуде непригоден из-за низкой производительности. Так для обеспечения глубины проникновения магнитного поля на всю толщину изделия с размером в поперечном сечении более 25-50 мм частота

намагничивающего тока должна быть порядка 1-2 Гц. При этом число размагничивающих периодов должно быть порядка 40-50. Время размагничивания прутков и труб длиной 6-10 м может достигать, таким образом, десятков минут, что неприемлемо для большинства практических задач.

Метод размагничивания в приложенном поле величиной равной коэрцитивной силе материала изделия не пригоден, так как при отключении поля размагниченное состояние пропадает.

Размагничивание пропусканием тока не годится из-за тех же недостатков и трудоемкости подбора формы размагничивающего тока.

Комбинированные методы характеризуются неплохими показателями по качеству размагничивания, но проблемы, связанные с быстрым действием, остаются.

Самым пригодным для размагничивания длинномерных цилиндрических изделий является метод, описанный в разделе 2.3.

Метод обеспечивает самое высокое быстрое действие, работает в широком диапазоне начальных намагниченностей, легко встраивается в транспортные рольганги технологических потоков дефектоскопического контроля, может обеспечивать размагничивание труб в полевых условиях из-за малого энергопотребления.

4 Экспериментальные исследования

4.1 Получение опытных данных для построения петель гистерезиса

Задачей экспериментальных исследований магнитных характеристик образцов было получение опытных данных для построения петли гистерезиса.

Поставленная задача представляет собой ряд циклически повторяющихся действий, которые включают в себя следующие этапы:

- 1) Подготовка (размагничивание) образца;
- 2) Намагничивание образца;

- 3) Определение остаточной магнитной индукции образца;
- 4) Размагничивание образца полем обратной полярности;
- 5) Определение остаточной магнитной индукции образца.

Для проведения эксперимента было подобрано два образца, с различными магнитными характеристиками: образец из магнитотвердого (сталь ШХ15) и магнитомягкого (сталь 3) материала.

Подготовка (размагничивание) образца (шаг 1) представляет собой процесс воздействия внешнего магнитного поля на образец. Ранее были рассмотрены основные методы размагничивания образцов с указанием областей эффективного применения методов. Сначала на образец воздействует плавно возрастающее переменное магнитное поле посредством намагничивающей системы до максимального значения напряженности. Затем плавно убывающим полем частотой $f=0,5$ Гц производилось перемагничивание образца по частным гистерезисным циклам с убывающей амплитудой напряженности. Питание намагничивающей системы осуществлялось с помощью генератора сигналов специальной формы Г6-36 через промежуточный усилитель мощности.

Намагничивание образца (шаг 2) заключается в воздействии постоянным магнитным полем известной напряженности. В качестве задающего генератора постоянного магнитного поля был использован источник питания постоянного тока Б5-44, соответствующий своими характеристиками условиям эксперимента. После снятия внешнего воздействия образец имеет определенную остаточную намагниченность, значение которой требуется определить следующим шагом эксперимента (шаг 3). Для этого образец быстро подергается через индукционный преобразователь, ЭДС которого прямо пропорционально скорости изменения магнитного потока. Значение остаточной магнитной индукции определяется путем интегрирования ЭДС. Значение напряжения с выхода интегратора фиксировалось мультиметром му-65.

Процесс воздействия на образец постоянным полем с напряженностью равной или близкой по значению релаксационной коэрцитивной силе, почти

идентично повторяет процесс намагничивания. Разница заключается в том, что прикладывается поле обратной полярности по сравнению с полем намагничивания.

Шаг 5 соответствует шагу 3.

Полученные частные петли гистерезиса приведены на рисунке 5 (сталь ШХ15) и рисунке 6 (сталь 3).

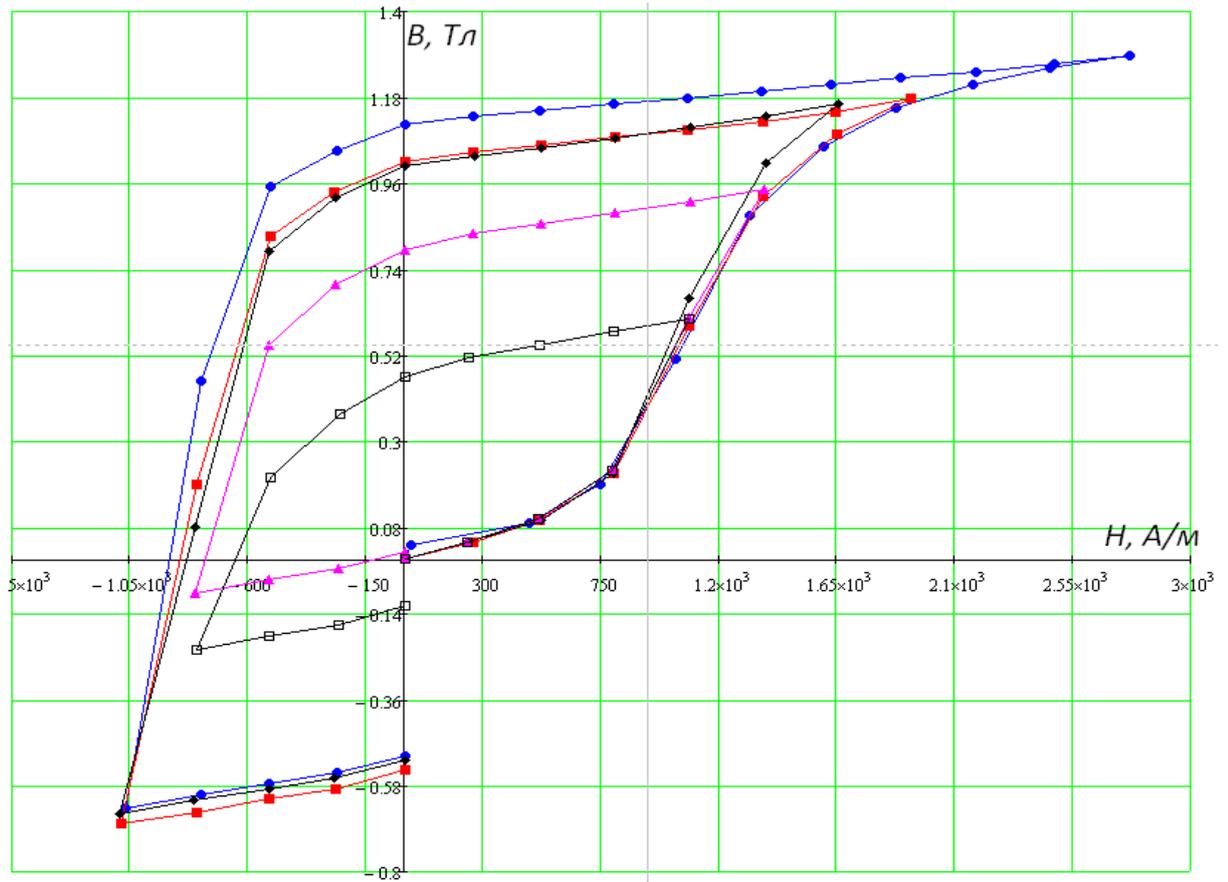


Рисунок 5 – Частные петли гистерезиса стали ШХ15

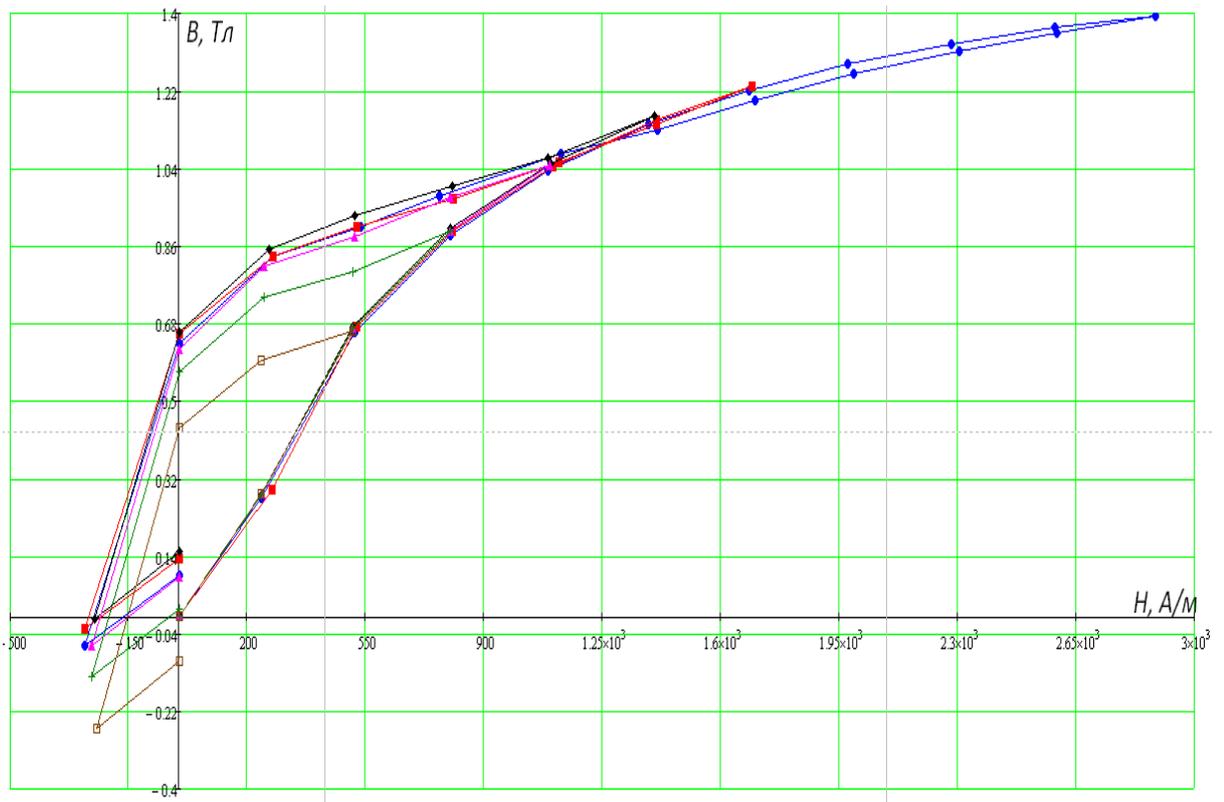


Рисунок 6 – Частные петли гистерезиса Ст3

5 Разработка принципиальной схемы

Приведем расчет элементов, входящих в проектируемую систему размагничивания.

5.1 Расчет индукционной обмотки

ЭДС индукции:

$$E = -w \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = -w \cdot S \cdot \frac{dB}{dt} = -w \cdot S \cdot B_0 \cdot v \quad (2)$$

Где E – ЭДС индукции;

W – количество витков;

S – площадь поперечного сечения обмотки;

B_0 – индукция насыщения;

V – скорость размагничивания;

Возьмем провод диаметром $d_{\text{пр}}=0,25$ мм.

Площадь сечения провода:

$$S_{\text{провода}} = \pi R_{\text{пр}}^2 = \pi \left(\frac{d_{\text{пр}}}{2}\right)^2 = 0.049 \cdot 10^{-9} \text{ (м}^2\text{)} \quad (3)$$

Длина провода одного витка вычисляется из формулы.

$$L_{\text{в}} = 2\pi R_{\text{ср.кат.}} \quad (4)$$

$$R_{\text{ср.кат.}} = \frac{R_{\text{нар}} - R_{\text{вн}}}{2} = 0.025 \quad (5)$$

Следовательно $L_{\text{в}}=0.057$ (м).

Для вычисления длины всего провода обмотки ($L_{\text{пр}}$), нужно умножить длину провода одного витка ($L_{\text{в}}$) на количество витков (w).

$$L_{\text{пр}} = w \cdot L_{\text{в}} = 314 \text{ (м)} \quad (6)$$

Сопротивление провода:

$$R_{\text{пр}} = \frac{\rho L}{S_{\text{провода}}} = 2 \text{ (кОм)} \quad (7)$$

Где ρ – удельное сопротивление меди $0.018 \text{ Ом} \cdot \text{мм/м}$

Исходя из всех расчетов представленных выше $E=521.9 \cdot 10^{-9} \text{ В}$.

5.2 Расчет фильтра высоких частот

Входное напряжение $U_{вх} = 5$ В.

Максимальное напряжение $U_{max} = 10$ В.

Период $T = 2.3$ мкс.

Частота вычисляется по формуле:

$$f = \frac{1}{T} = 434 \text{ МГц} \quad (8)$$

Определим входное сопротивление $R_{вх}$:

$$R_{вх} = \frac{R_{общ} \cdot U_{max}}{U_{вх}} = 4 \text{ кОм} \quad (9)$$

Исходя из расчетов приведенных выше, можем рассчитать емкость конденсатора, С:

$$C = \frac{1}{2\pi R_{вх} f} = 91,7 \text{ мкФ} \quad (10)$$

5.3 Выбор АЦП

Для преобразования напряжения в цифровой двоичный код используем АЦП AD7811. AD7811 является высокоскоростным, мало потребляющим, 10-битным аналого-цифровым преобразователем, работающим от однополярного напряжения питания 2.7 В до 5.5 В. Микросхема содержит внутренний усилитель выборок хранения, 2.5 В внутренний ИОН и высокоскоростной последовательный интерфейс совместимый с большинством цифровых сигнальных процессоров (DSP) и микроконтроллеров. Пользователь имеет возможность подключения внешнего источника опорного напряжения к выводу U_{ref} и установкой бита EXTREF в контрольном регистре. Вывод U_{ref} может быть подключен к напряжению питания для того, чтобы включить внутренний ИОН.

Контрольный регистр AD7811 позволяет конфигурировать входные каналы как однополярные или псевдодифференциальные. Контрольный регистр

позволяет так же программное управление началом преобразования и режимом Выкл. АЦП может использовать одну последовательную шину и адресоваться с помощью кода зашитого проводами на адресных выводах.

AD7811 изготавливается в миниатюрных 16-ти выводных 0.3” корпусах mini-DIP, 16-ти выводных 0.15” SOIC и TSSOP.

Важнейшие достоинства:

- Однополярное питание, малое потребление до 10 мВт.
- 4- или 8- однополярных каналов.
- 2.5 В внутренний ИОН, выключаемый при использовании внешнего ИОН.
- Схемное и программное управление началом преобразования и режимом Выкл.

Технические характеристики:

- 10- битный АЦП с временем преобразования 2.3 vrc/
- Имеет 4 однополярных входа с возможностью конфигурирования в 3 псевдодифференциальных относительно общего или 2 независимых псевдодифференциальных канала.
- Внутренняя цепь выборки – хранения.
- Внутренний источник опорного напряжения $2.5\text{В} \pm 2.5\%$.
- Напряжение питания от 2.7В до 5.5В.
- Специфицированы для (2.7 – 3.6)В и $5\text{В} \pm 10\%$.
- Последовательный интерфейс совместимый с микроконтроллерами и DSP.
- Высокоскоростные выборки и автоматический режим выкл.
- Диапазон входных напряжений: 0В до Uref.

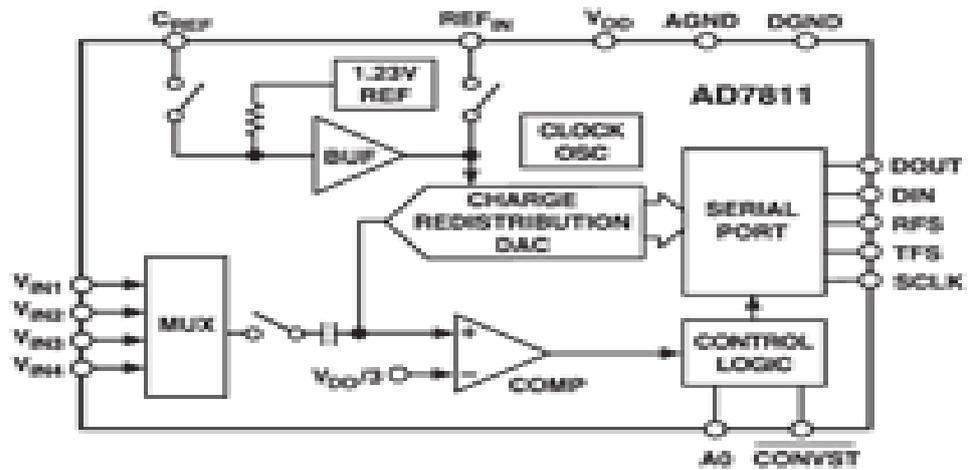


Рисунок 7 – Функциональная схема АЦП

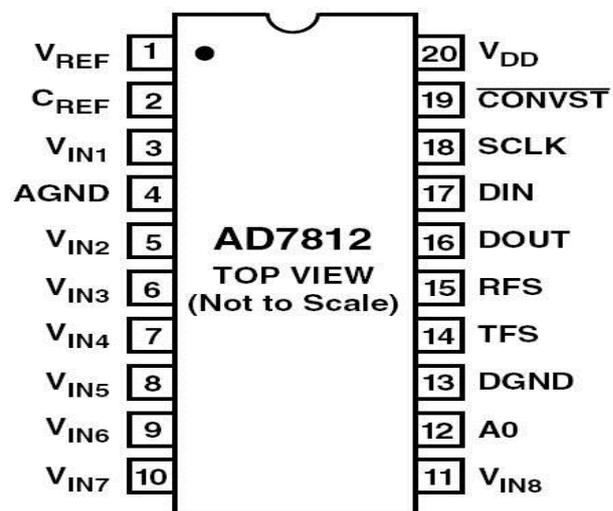


Рисунок 8 – Расположение выводов АЦП

5.4 Выбор микроконтроллера

Несмотря на непрерывное развитие и появление все новых и новых 16- и 32- разрядных микроконтроллеров и микропроцессоров, наибольшая доля мирового микропроцессорного рынка и по сей день остается за 8- разрядными устройствами. Главным критерием при выборе микроконтроллера в данной работе явились широкопотребляемость, простота использования и дешевизна. Заданным условиям отвечает микроконтроллер AT89C51, изображенный на рисунке 9. Микроконтроллеры фирмы Atmel являются наиболее доступными и дешевыми.

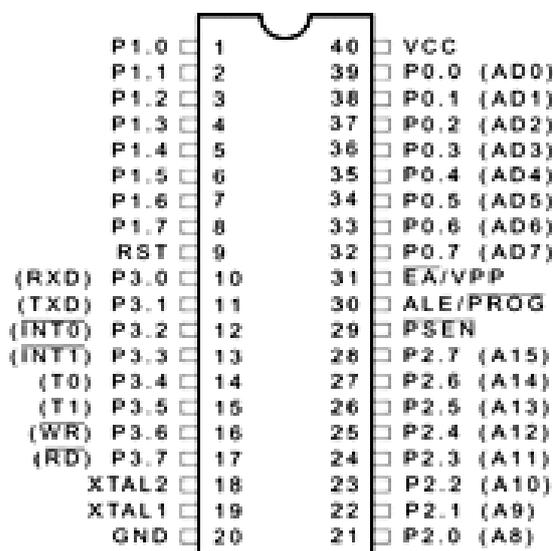


Рисунок 9

Отличительные особенности:

- Совместимость с приборами семейства MCS-51™
- Емкость перепрограммируемой Flash памяти: 4 кбайт, 1000 циклов стирание/запись.
- Напряжение питания $5 \pm 20\%$ В.
- Полностью статический прибор – диапазон рабочих частот от 0 Гц до 24 МГц.
- Группы по частотам: 12 МГц, 16 МГц, 20 МГц и 24 МГц.

- Трехуровневая блокировка памяти программ.
- СОЗУ емкостью байтов.
- 32 программируемых линий ввода/вывода.
- Два 16- разрядных таймера/счетчика событий.
- Шесть источников сигналов прерывания.
- Программируемый последовательный канал UART.
- Пассивный (idle) и стоповый (power down) режимы.
- Промышленный (-40°C ...85 °C), коммерческий (0°C...70°C),

диапазон температур.

Описание:

КМОП микроконтроллер AT89C51, оснащенный Flash программируемым и стираемым ПЗУ, совместим по системе команд и по выводам со стандартными приборами семейства MCS-51™. Микроконтроллер содержит 4 кбайта Flash ПЗУ, 128 кбайт ОЗУ, 32 программируемых линий вывода/ввода, 16- разрядных таймера/счетчика событий, полнодуплексный последовательный порт (UART), пять векторных двухуровневых прерывания, встроенный генератор и схему формирования тактовой последовательности.

Существуют два варианта микроконтроллеров AT89C51: с возможностью внутрисистемного программирования с использованием при программировании напряжения 5В, и программирование с использованием напряжения 12В, применяемого в большинстве программаторов. Содержимое Flash памяти за одну операцию, возможность считывания встроенного кода идентификации.

Потребление в активном режиме на частоте 12 МГц не превышает 20мА и в пассивном режиме, при котором остановлено ЦПУ, но система прерываний, ОЗУ, таймеры/счетчики событий и последовательный порт остаются активными, потребление не превышает 5 мА. В стоповом режиме потребление

не превышает 10мкА и 20 мкА при напряжении питания 6В и 3В, соответственно.

Микроконтроллер AT89C51 ориентирован на использование в качестве встроенного управляющего контроллера.[19]

5.5 Расчет обмотки намагничивания

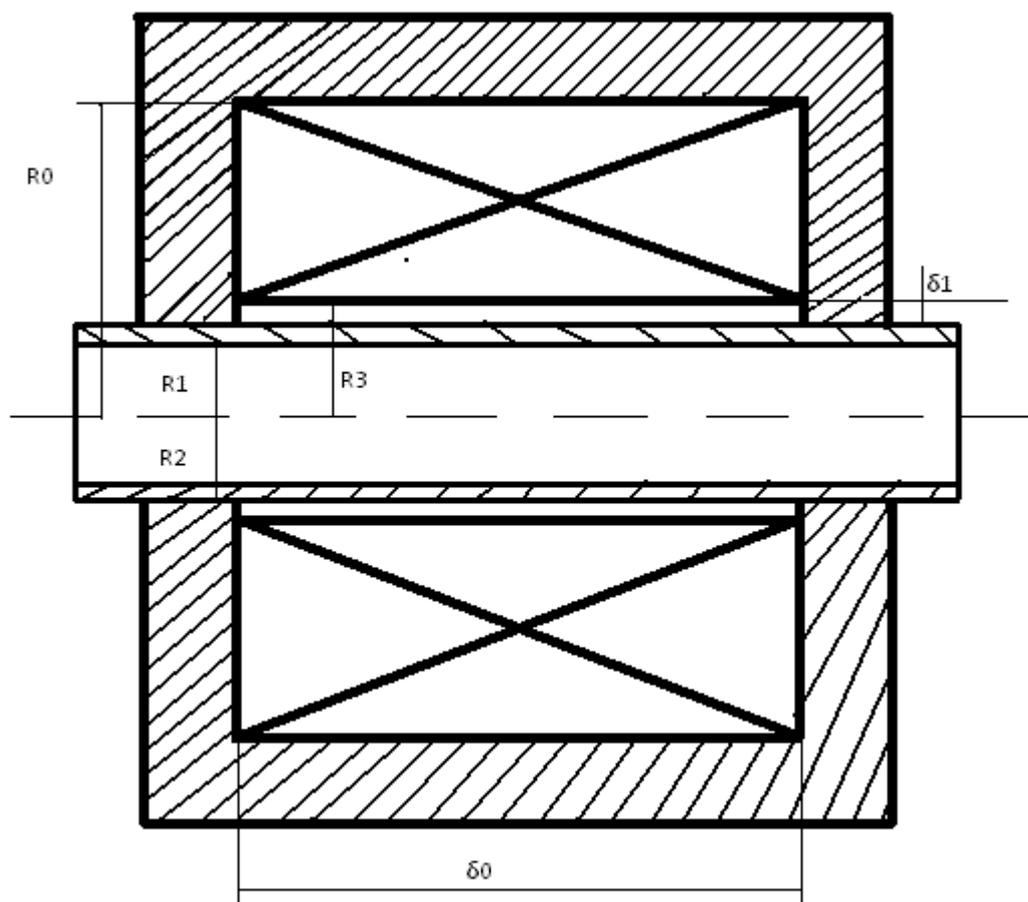


Рисунок 10

Данные: $R_0=45$ мм, $R_1=24$ мм, $R_2=29$ мм, $R_3=35$ мм. Толщина стенки трубы = 5 мм, $\mu_0=12.56 \cdot 10^{-6}$, $K_{зап}=0,85$, $\gamma_{ст} = 7.81$ Г/см³, $\gamma_m = 8.93$ Г/см³.

Сечение контролируемой трубы:

$$S_{тр} = \pi(R_2^2 - R_1^2) = 0.8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (11)$$

Для стали Ст3 индукция насыщения равна $B_0=2.13$ Тл.

Следовательно $\Phi_0 = B_0 \cdot S_{\text{тр}} = 1.7 \cdot 10^{-3}$ Вб.

Пусть магнитопровод изготовлен из той же марки стали. Тогда, задаваясь индукцией в магнитопроводе $B_m = 3$ Тл, находим необходимое сечение боковой стенки магнитопровода:

$$S_{\text{б.с.м}} = \frac{\Phi_0}{B_m} = 0.57 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (12)$$

Следовательно

$$h = \frac{S_{\text{б.с.м}}}{2\pi(R_2 + \delta_1)} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (13)$$

Полное магнитное сопротивление цепи:

$$\sum R_m = 2R_{m1} + R_{m2} + R_{m3} \quad (14)$$

R_{m1} – магнитное сопротивление воздушного зазора δ_1 ;

R_{m2} – магнитное сопротивление участка трубы;

R_{m3} – сопротивление участков магнитопровода.

Поскольку магнитопровод работает на линейном участке кривой намагничивания, его магнитное сопротивление мало по сравнению с другими составляющими, поэтому полное магнитное сопротивление равно:

$$\sum R_m = 2 \frac{\ln \frac{R_2 + \delta_1}{R_2}}{\mu_0 \pi (\delta_0 - \delta_{\text{п}} + 2h_{\text{г}} + 2h_{\text{к}})} + \frac{\delta_0 + \delta_{\text{п}} + 2(h_{\text{в}} + h_{\text{к}})}{\mu_{\text{г}} 2\pi (R_2^2 - R_1^2)} = 1145 \text{ кОм} \quad (15)$$

Суммарный магнитный поток связан с намагничивающими ампер – витками как

$$\Phi_0 = \frac{Iw}{\sum R_m} \quad (16)$$

Следовательно

$$Iw = \Phi_0 \cdot \sum R_m = 1946.5 \quad (17)$$

Пусть $w = 3000$, тогда $I = 649$ мА.

Определим геометрические размеры обмотки.

Вес P_0 намагничивающей обмотки связан с ее геометрическими размерами:

$$P_0 = \pi \gamma_M \delta_0 (R_0^2 - R_3^2) = 2.01 \text{ кг} \quad (18)$$

Где γ_M удельный вес меди.

Вес магнитопровода:

$$P_M = \pi \gamma_{ст} [(R_0 + h)^2 (\delta_0 + 2h + 2h_k) - R_0^2 (\delta_0 + 2h_k) + h(2R_2 + 2\delta_1 + h) \cdot (\delta_0 - \delta_n + 2h_k) - 2h(R_2 + \delta_1)^2] \quad (19)$$

Где $\gamma_{ст}$ удельный вес стали.

Подставив все значения, получим $P_M = 21.04 \text{ кг}$.

5.6 Расчет усилителя мощности

Усилитель мощности соберем по классической схеме с общим эмиттером. В коллекторную цепь включена обмотка намагничивания.

Зная $I = 649 \text{ мА}$ и $R_{пр} = 2 \text{ кОм}$ найдем мощность.

$$P = I^2 \cdot K = (649)^2 \cdot 2 \cdot 10^3 = 842 \text{ мВт} \quad (20)$$

Напряжение питания $U_{п} = \pm 15 \text{ В}$.

Выбор транзистора производится с учетом следующих условий:

$$U_{кэ \max} > 1.2 (U_n + |U_n|) = 1.2 \cdot 30 = 36 \text{ В}, \quad (21)$$

$$I_{к \max} > I_{МН} = 649 \text{ мА}, \quad (22)$$

$$P_{к \max} > P_p = 842 \text{ мВт}. \quad (23)$$

Этим условиям удовлетворяет транзистор КТ827Б.

Основные характеристики:

Структура – NPN;

Максимальное напряжение к-э при заданном токе и заданном сопротивлении в цепи б-э. ($U_{кэ \max}$), В – 80 В.

Максимально допустимый ток (I_{\max}), А – 20 А.

Статический коэффициент передачи тока – 750.

Граничная частота коэффициента передачи тока, МГц – 4.00 МГц.

Максимальная рассеиваемая мощность, Вт – 125 Вт.

Корпус – КТ–9.

5.7 Выбор и подключение ЦАП

Для управления током обмотки намагничивания используем цифрово – аналоговый преобразователь. ЦАП преобразует цифровой код, пришедшего с микроконтроллера. Выберем ЦАП DAC0808. Это высокоскоростной маломощный цифро – аналоговый преобразователь. Он изображен на рисунке 11.

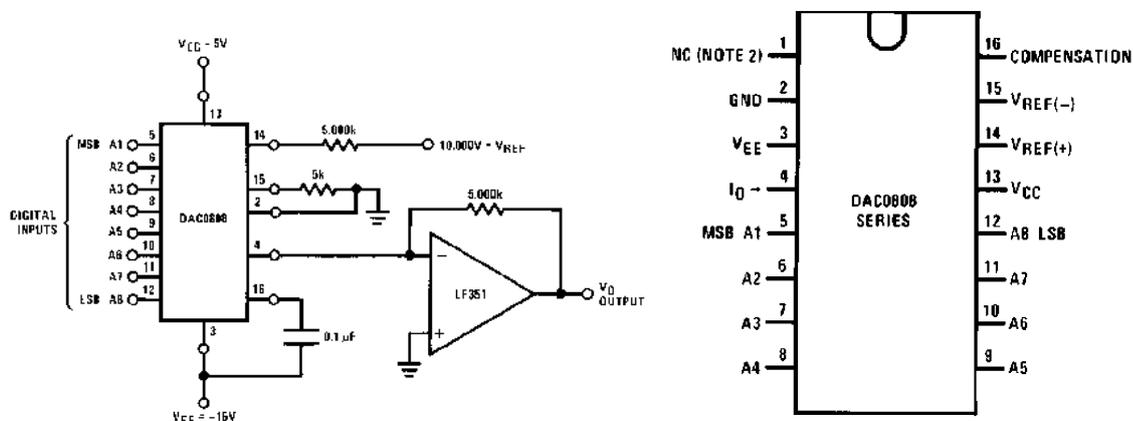


Рисунок 11

Основные характеристики:

Источник питания: от ± 4.5 до ± 18 В.

Потребляемая мощность: 6.6 мА тип.

Время успокоения: 150 нс тип.

Нелинейность: $\pm 0.19\%$ FS макс.

Температурный диапазон: от 0 до $+70$ °С.

5.8 Выбор схемы индикации

Необходимость индикации в проектируемом устройстве заключается в отображении остаточной намагниченности в режиме измерения остаточной намагниченности.

Основным критерием при выборе индикатора является его разрядность. Для данной разрабатываемой системы с учетом технического задания выбираем 4-х разрядный семисегментный светодиодный индикатор. Семисегментные светодиодные индикаторы (далее LEDS), несмотря на широкое распространение жидкокристаллических индикаторов (ЖКИ или LCD), находят широкое применение в различных электронных устройствах, так как имеют некоторые преимущества в отображении информации, диапазоне рабочих температур и стойкости к механическим воздействиям.

Для разрабатываемого прибора выбираем семисегментный светодиодный индикатор SC08-21.

Основные характеристики:

Максимальное прямое напряжение (при токе 20 мА) – 2.5 В.

Максимальный прямой ток – 25-30 мА.

Максимальное прямое напряжение – 5В.

Обратный ток (при напряжении 5 В) – 10мкА.

Мощность рассеивания – 150мВт.

Максимальный импульсный прямой ток – 140-160 мА.

Диапазон рабочих температур – -40...+85 °С.

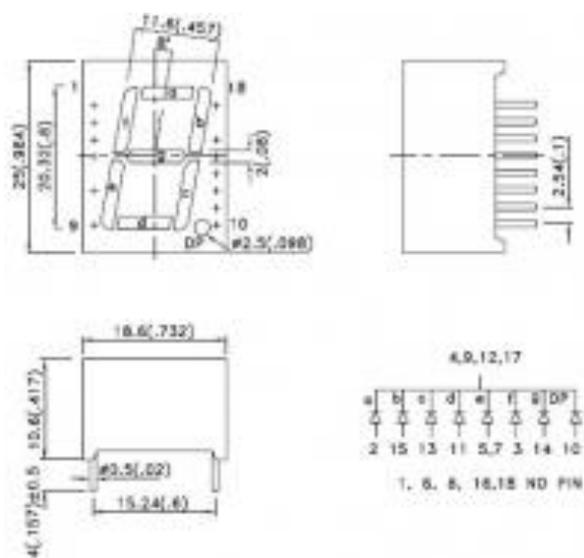


Рисунок 12

Для отображения информации на нескольких LEDS, как правило, используют динамическую индикацию. При динамической индикации выводы сегментов нескольких LEDS соединяются параллельно, управляющее устройство, управляя общим анодом/катодом, поочередно зажигает индикаторы с необходимой информацией. За счет высокой частоты «развертки» свечение индикатора кажется непрерывным.

В относительно простых устройствах управления LEDS осуществляет основной управляющий микроконтроллер (МК), однако нередки задачи, когда необходимо «разгрузить» основной контроллер.

Существуют готовые микросхемы для реализации динамической индикации управляемые по последовательному каналу, такие как МК14489. Драйвер управления семисегментными светодиодными индикаторами также необходим для обеспечения оптимального режима работы. Для обеспечения одинаковой яркости и цвета свечения светодиодов высокой яркости, требуется постоянный ток из ряда 350, 500, 700 или 1000 мА, в зависимости от их типа. В разрабатываемом устройстве драйвер управления необходим из-за нехватки портов вывода МК. На индикацию необходимо 12 разрядов. МК14489 требует всего 3 сигнала на вход. Основные характеристики драйвера приведены в таблице 3

Таблица 3

Параметр	Обозначение параметра	Значение
Напряжение питания	V_{dd}	-0.5; +6.0 В
Постоянное входное напряжение	V_{in}	$-0.5 V_{dd}; +0.5 V_{dd}$ В
Постоянное выходное напряжение	V_{out}	$-0.5 V_{dd}; +0.5 V_{dd}$ В
Постоянный входной ток	I_{in}	± 15 мА
Постоянный выходной ток	I_{out}	10 мА, 320 мА, ± 15 мА
Ток питания	I_{dd}, I_{ss}	± 350 мА
Температура хранения	T_{stg}	-65...+150 °С

5.9 Построение связи микропроцессором с ПК

С помощью персонального компьютера, можно отображать, обрабатывать и сохранять полученные измерения. Связь микропроцессора и компьютера осуществляется по последовательному каналу RS-485. Основными критериями выбора интерфейса стали большая протяженность и помехозащищенность.

Для согласования уровней используем микросхему МАХ485. Микросхема МАХ485 изображена на рисунке 13.

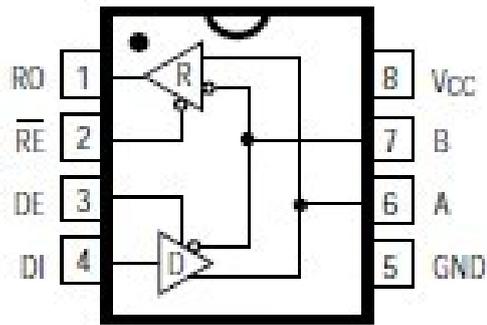


Рисунок 13 – Микросхема МАХ485

Обозначения выводов:

RO (Receiver Output) – выход приемника.

RE (Receiver Output Enable) – Разрешение выхода приемника при RE=0.

DE (Driver Output Enable) – Разрешение выхода передатчика. Если DE=1 выходы активны, в противном случае они находятся в высокоимпедансном состоянии.

DI (Driver Input) – Вход передатчика.

GND (Ground) – общий провод питания.

A (Noninverting Receiver Input and Driver Output) – Неинвертирующий вход/выход.

B (Inverting Receiver Input and Driver Output) – Инвертирующий вход/выход.

VCC (Positive Supply) – Напряжение питания.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
1БМ6А		Болдырев Петр Андреевич	
Школа	Неразрушающего контроля	Подразделение	Методов НК и Диагностики
Уровень образования	Магистратура	Направление	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Приблизительная стоимость ресурсов научного проекта, составляет около 326150,76 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Налоги рассчитать по упрощенной системе налогообложения, ставку дисконтирования принять равной 0,1, Отчисления по страховым взносам – 30% от ФОТ</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТП</i>	<i>Определение концепции проекта, факторов микро- и макросреды, анализ рынка продукта, экспертная оценка эффективности, SWOT-анализ</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Не разрабатывается</i>
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет,</i>	<i>Планирование научно-технического</i>

<i>риски и организация закупок</i>	<i>проекта</i>
<i>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Определение ресурсной, финансовой, социальной и экономической эффективности исследования</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Данков Артём Георгиевич	к.и.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6А	Болдырев Петр Андреевич		

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

6.1 Введение

Для анализа потребителей результатов исследования рассмотрим целевой рынок и проведём его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, *сегмент рынка* – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода.

В зависимости от категории потребителей (коммерческие организации, физические лица) необходимо использовать соответствующие критерии сегментирования. Например, для коммерческих организаций критериями сегментирования могут быть: месторасположение; отрасль; выпускаемая продукция; размер и др.

Для физических лиц критериями сегментирования могут быть: возраст; пол; национальность; образование; уровень дохода; социальная принадлежность; профессия и др.

Из выявленных критериев целесообразно выбрать два наиболее значимых для рынка. На основании этих критериев строится карта сегментирования рынка.

Например, сегментировать рынок товаров для проведения магнитной структуроскопии можно по следующим критериям: размер компании-заказчика, род деятельности (таблица 6.1).

		Род деятельности		
		Металлургические компании	НИИ	НПО
Размер компании	Крупные	X	X	X
	Средние	X	X	X
	Мелкие			X

Таблица 6.1 – Карта сегментирования рынка товаров для проведения размагничивания:

В приведенном примере карты сегментирования показано, какие ниши на рынке товаров для проведения магнитной структуроскопии не заняты конкурентами или где уровень конкуренции низок. Выбирают, как правило, два-три сегмента, на которые и направляют максимальные усилия и ресурсы предприятия. Как правило, выбирают сегменты со сходными характеристиками, которые будут формировать целевой рынок.

Результатом сегментирования:

- определены основные сегменты данного рынка;
- были выбраны сегменты, на которые намерено ориентироваться предприятие;
- выявлены сегменты рынка, привлекательных для предприятия в будущем.

6.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в таблице 6.2. Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырех конкурентных товаров и разработок.

Таблица 6.2

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
(разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0.09	5	5	5	0.45	0.45	0.45
2. Удобно в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0.07	3	4	5	0.21	0.28	0.35
3. Помехоустойчивость	0.09	5	3	5	0.45	0.27	0.45
4. Энергоэкономичность	0.01	5	3	4	0.05	0.03	0.04
5. Надёжность	0.03	4	4	5	0.12	0.12	0.15
6. Уровень шума	0.07	5	2	5	0.35	0.14	0.35
7. Безопасность	0.07	5	4	5	0.25	0.28	0.35
8. Потребность в ресурсах памяти	0.01	4	5	5	0.04	0.05	0.05
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0.02	4	3	4	0.08	0.06	0.08
10. Простота эксплуатации	0.04	5	4	4	0.2	0.16	0.08
11. Качество интеллектуального интерфейса	0.04	4	3	4	0.16	0.12	0.12
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0.07	5	3	4	0.35	0.21	0.28
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0.1	4	4	5	0.4	0.4	0.5

2. Уровень проникновения на рынок	0.07	4	3	3	0.28	0.21	0.21
3. Цена	0.07	5	2	4	0.35	0.14	0.28
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0.04	4	4	5	0.16	0.16	0.2
5. Послепродажное обслуживание	0.025	4	5	5	0.1	0.125	0.075
6. Финансирование научной разработки	0.05	4	5	5	0.2	0.25	0.25
7. Срок выхода на рынок	0.015	4	4	3	0.06	0.06	0.045
8. Наличие сертификации разработки	0.02	4	4	4	0.08	0.08	0.08
Итого	1				4.34	3.745	4.39

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 1, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Основываясь на знаниях о конкурентах, следует объяснить:

□ чем обусловлена уязвимость позиции конкурентов и возможно занять свою нишу и увеличить определенную долю рынка;

в чем конкурентное преимущество разработки.

После расчёта средневзвешенного показателя, который составил 4.34, можно судить о том, что он сможет составить достойную конкуренцию на рынке.

6.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий.

1. **Сильные стороны.** Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей. При этом важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем еще задействован. При этом рекомендуется задавать следующие вопросы:

Какие технические преимущества вы имеете по сравнению с конкурентами?

Что участники вашего проекта умеют делать лучше всех?

Насколько ваш проект близок к завершению по сравнению с конкурентами?

2. **Слабые стороны.** Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами. Чтобы прояснить в каких аспектах вас, возможно, превосходят конкуренты, следует спросить:

- Что можно улучшить?
- Что делается плохо?
- Чего следует избегать?

3. **Возможности.** Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию. Формулирование возможностей проекта можно упростить, ответив на следующие вопросы:

Какие возможности вы видите на рынке? Проводите поиск свободных ниш, но помните, что свободными они остаются недолго. Благоприятная возможность, увиденная сегодня, может перестать существовать уже через три месяца. Благоприятные возможности могут возникать в силу действия следующих факторов:

- изменения в технологической сфере и на рынке – как мирового, так и регионального масштаба;
- изменения правительственной политики в отношении отрасли, где проводится научное исследование;
- изменения социальных стандартов, профиля населения, стиля жизни и т.д.

В чем состоят благоприятные рыночные возможности?

Какие интересные тенденции отмечены?

Какие потребности, пожелания имеются у покупателя, но не удовлетворяются конкурентами?

4. **Угроза** представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту. Для выявления угроз проекта рекомендуется ответить на следующие вопросы:

Какие вы видите тенденции, которые могут уничтожить ваш на-учно-исследовательский проект или сделать его результаты устаревшими?

Что делают конкуренты?

Какие препятствия стоят перед вашим проектом (например, изменения в законодательстве, снижение бюджетного финансирования проекта, задержка финансирования проекта и т.п.)?

Изменяются ли требуемые спецификации или стандарты на результаты научного исследования?

Угрожает ли изменение технологии положению вашего проекта?

Имеются ли у руководства проекта проблемы с материально-техническим обеспечением?

Описание сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта, его возможностей и угроз должно происходить на основе результатов анализа, проведенного в предыдущих разделах бакалаврской работы.

Для повышения эффективности проведения SWOT-анализа в каждой области должно быть приведено 5 – 10 пунктов, которые представляются наиболее значимыми для научного исследования.

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильным сторонам возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Пример интерактивной матрицы проекта представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3

Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта				
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности проекта	B1	+	-	-	+	+
	B2	-	+	-	+	+
	B3	+	+	+	-	+
	B4	+	+	+	+	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей, или слабых сторон и возможностей и т.д. следующего вида: B1C1C2C5; B4C1C4. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта.

В случае, когда две возможности сильно коррелируют с одними и теми же сильными сторонами, с большой вероятностью можно говорить об их единой природе. В этом случае, возможности описываются следующим образом: B2B3C2C3.

В рамках **третьего этапа** должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в магистерской диссертации (таблице 6.4).

Таблица 6.4

SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p> <p>Сл3. Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство под ключ</p> <p>Сл4. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемые при проведении научного исследования</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Использование инфраструктуры ОЭЗ ТВТ Томск</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследований</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Ключевыми сильными сторонами и возможностями являются высокая точность и надежность данного прибора, так как используется инновационное современное оборудование, для проведения опытов. Также имеется квалифицированный персонал способный</p>	<p>Пожалуй, основным недостатком является то, что электронная база материалов ещё мала, но это исправимо в ближайшем будущем.</p>

	работать с данным оборудованием.	
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства</p> <p>У3. Ограничения на экспорт технологии</p> <p>У4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p> <p>У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>	<p>Не смотря на достоинства данной разработки, так же есть и угрозы которые связаны с отсутствием спроса в других научных центрах мира, так как всегда есть здоровая конкуренция между другими учеными, которые так же способны изобрести новые варианты и способы решения данной задачи.</p>	<p>Довольно серьезной угрозой для данной разработки является то, что на данный момент существует большое количество размагничивающих устройств иного характера.</p>

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

6.4 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта.

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 6.5

Календарный план-график проведения НИОКР

Код работы	Вид работ	Исполнители	T _к , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ			
				Февр.	Март	Апр.	Май
1	Составление ТЗ	Руководитель	5				
2	Изучение литературы	Инженер (дипломник)	10				
3	Патентный поиск	Инженер (дипломник)	10				
4	Выбор направления исследования	Руководитель, инженер (дипломник)	3 3		 		
5	Разработка аппаратной части	Руководитель, инженер (дипломник)	10 10		 		
6	Программирование	Руководитель, инженер (дипломник)	9 9		 		
7	Проверка прибора	Инженер (дипломник)	7				
8	Проведение экспериментов	Инженер (дипломник)	15				
9	Анализ полученных результатов	Инженер (дипломник)	15				
10	Определение зависимостей	Инженер (дипломник)	12				

11	Написание отчета о проделанной работе	Руководитель, инженер (дипломник)	10 15				 
----	---------------------------------------	-----------------------------------	----------	--	--	--	--

 руководитель

 студент

6.5 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Расчет стоимости материальных затрат проводится по действующим ценам. В стоимость материальных затрат включены транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включены затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье занесены в таблицу 5.6.

Таблица 6.6

Сырьё, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Медная проволока	Ø 0,6 мм	1	1419	1419
Магазин сопротивления	BAW M18MG- UAC80F-S04G	1	11 650	11 650
Интегральная плата	National Instruments- UAC40F-BP03		20000	20000
Прочие расходы			1000	1000
Всего за материалы				34069
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				1500
Итого по статье См				35569

2. Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Таблица 6.7

Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Компьютер	1	30000,00	30000,00
2	Модуль АЦП/ЦАП	1	22715,00	22715,00
3	Блок питания	1	6 586,83	6 586,83
Итоговая сумма:				59298,83

6.5.1 Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда). Расчет основной заработной платы сводится в таблице 5.8.

Таблица 5.8

Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоёмкость чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-	Всего заработная плата по тарифу

				дн., руб.	(окладам), руб.
1	Составление ТЗ	Руководитель	5	1462.5	7312.5
2	Изучение литературы	Студент	10	269.2	2692
3	Патентный поиск	Студент	10	269.2	2692
4	Выбор направления исследования	Руководитель	3	1462.5	4387.5
		Студент	3	269.2	807.6
5	Разработка аппаратной части	Руководитель	10	1462.5	14625
		Студент	10	269.2	2692
6	Программирование	Руководитель	9	1462.5	13162.5
		Студент	9	269.2	2422,8
7	Проверка прибора	Студент	7	269.2	1884,4
8	Проведение экспериментов	Студент	15	269.2	4038
9	Анализ полученных результатов	Студент	15	269.2	4038
10	Определение зависимостей	Студент	12	269.2	3230,4
11	Написание отчета о проделанной работе	Руководитель	10	1462.5	14625
		Студент	15	269.2	4038
Итого:					82647,7

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата руководителя и инженера (дипломника) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб},$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{р}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 24);

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске в 24 раб.дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя);

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 5.9).

Таблица 6.9. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	71	71
- выходные дни	51	51
- праздничные дни	20	20
Потери рабочего времени на отпуск	48	0

Действительный рабочего времени	годовой фонд	246	294
------------------------------------	--------------	-----	-----

Среднедневная заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{дн.р}} = \frac{34595 \cdot 10,4}{246} = 1462,5 \text{руб.}$$

Среднедневная заработная плата исполнителя:

$$Z_{\text{дн.с}} = \frac{6595,7 \cdot 12}{294} = 269,2 \text{руб.}$$

Исходя из количества рабочих, основная заработная плата составит для руководителя:

$$Z_{\text{осн.р}} = 1462,5 \cdot 37 = 54112,5 \text{руб.}$$

для студента:

$$Z_{\text{осн.и}} = 269,2 \cdot 106 = 28535,2 \text{руб.}$$

Таблица 6.10. Расчет основной заработной платы

Исполнители	Zм, руб	Zдн, руб.	Тр, раб.дн.	Zосн, руб.
Руководитель	34595	1462,5	37	54112,5
Студент	6595,7	269,2	106	28535,2

6.5.2 Дополнительная заработная плата научно -производственного персонала

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала составляет в среднем 12% от суммы основной заработной платы.

Таким образом, дополнительная заработная плата:

для руководителя:

$$Z_{\text{д.р}} = 54112,5 \cdot 0,12 = 6493,5 \text{руб.}$$

для исполнителя:

$$З_{д.и} = 28535,2 \cdot 0.12 = 3424,22 \text{руб.}$$

В таблице 31 представлена заработная плата рабочей группы проекта.

Таблица 5.11. Заработная плата исполнителей ВКР

Заработная плата	Руководитель	Исполнитель
Основная зарплата	54112,5	28535,2
Дополнительная зарплата	6493,5	3424,22
Итого	60606	31959,42
Итого по статье Сзп	92565,42	

6.6 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, составляет 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды для руководителя:

$$C_{внеб} = 0.3 \cdot 60606 = 18181,8 \text{руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды для студента:

$$C_{внеб} = 0.3 \cdot 31959,42 = 9587,83 \text{руб.}$$

Итого: 27769,63

6.7 Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями

На эту статью относится стоимость работ, выполненных сторонними организациями и предприятиями по заказу данной научно-технической организации, результаты которых используются в конкретном НИИ. В таблице 5.12 представлены затраты на услуги сторонних организаций.

Таблица 5.12. Затраты на услуги сторонних организаций

Услуга	Количество	Стоимость одной единицы, руб.	Сумма затрат, руб.
Распечатка на принтере формат А4	76	5	380
Доступ в Internet	4 месяца	390 (в мес.)	1560
Итого:			1940

6.8 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Примем коэффициент накладных расходов $k_{\text{накл}}$ равным 90%,

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

$$C_{\text{накл}} = 0.9 \cdot 92565.42 = 83308,88 \text{ руб.}$$

Таблица 6.13. Группировка затрат по статьям

№ п/п	Статьи затрат	Сумма, руб
1	Сырье, материал(за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	35569
2	Специальное оборудование для научных работ	59289,83
3	Основная заработная плата	82647,7
4	Дополнительная заработная плата	9917,72
5	Отчисления на социальные нужды	27769,63
6	Оплата работ, выполняемых сторонними	1940,00

	организациями	
7	Накладные расходы	83308,88
Итого плановая себестоимость		300442,76

6.9 Выводы по разделу

Подводя итоги по оценке разработки высокопроизводительного устройства размагничивания длинномерных изделий, следует отметить, что по всем показателям и критериям данный прибор вполне актуален для применения в научно-производственных объединениях и лабораторных целях. Следует отметить важность для проекта в целом проведенных в данной главе исследований, которые позволили объективно оценить эффективность проводимых научно-технических исследований.

Также, следует отметить, что данная работа удовлетворяет всем потребностям и выполняет все конкретно поставленные цели. К внутренним и внешним заинтересованным сторонам проекта, которые будут взаимодействовать, и влиять на общий результат научного проекта относятся научные сотрудники, студенты лаборатории, которым предстоит работать над усовершенствованием методики.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ6А	Болдыреву Петру Андреевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение	Отделение контроля и диагностики
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования	Объектом при выполнении ВКР является высокопроизводительное устройство размагничивания длинномерных изделий. Рабочим местом является научная лаборатория.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	1.1. Вредными факторами при работе в лаборатории являются: недостаточная освещенность рабочего места; 1.2. Опасными факторами при работе в лаборатории являются: • электрический ток; • нагретая поверхность.
2. Экологическая безопасность:	В ходе исследования экологической опасности не было обнаружено.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможны такие чрезвычайные ситуации, как пожары.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	— Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; — Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Юлия Владимировна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6А	Болдырев Петр Андреевич		

7 Социальная ответственность

7.1 Введение

В данной выпускной работе был разработан высокопроизводительный прибор размагничивания длинномерных изделий. В процессе разработки устройства, были задействованы такие приборы как источник постоянного тока, мультиметр, компьютер, модуль ЦАП/АЦП, усилитель.

7.2 Производственная безопасность

Для выявления опасных и вредных производственных факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

В таблице 7.1 представлены опасные и вредные факторы, возникающие при разработке и работе с размагничивающим устройством.

Таблица 7.1 – Опасные и вредные факторы, возникающие при разработке и работе с размагничивающим устройством.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Рабочая зона в лаборатории; 2. Измерение намагниченности образцов. 3. Измерение зависимости начальной магнитной проницаемости при помощи	1. Повышенный уровень электромагнитного излучения; 2. Недостаточная освещенность; 3. Отклонение параметров микроклимата от нормативных;	1. Электрический ток; 2. Термическая опасность; 3. Статическое электричество;	1. ГОСТ 12.1.029-80 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты 2. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах 3. ГОСТ ИЕС 61140-2012 Защита от поражения

<p>установки; 4. Обработка полученных данных при помощи ПК.</p>			<p>электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования 4. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение 5. ГОСТ 12.1.005–88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. 6. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.. 7. СанПиН 2.2.4.3359-16 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. 8. ГОСТ ИЕС 61140-2012 Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования. 9. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы</p>
---	--	--	---

7.2.1 Анализ выявленных вредных факторов, возникающих при работе с устройством

Недостаточная освещенность рабочего места

Свет является естественным условием жизни человека, необходимым для здоровья и высокой производительности труда, основанной на работе зрительного анализатора, самого тонкого и универсального органа чувств. Обеспечивая непосредственную связь организма с окружающим миром, свет является сигнальным раздражителем для органа зрения и организма в целом

достаточное освещение действует тонизирующе, улучшает протекание основных процессов высшей нервной деятельности, стимулирует обменные и иммунобиологические процессы, оказывает влияние на формирование суточного ритма физиологических функций человека [1].

Предельно-допустимые значения освещения на рабочем месте нормируются в специальном документе – СП 52.13330.2016. Нормы освещенности рабочих помещений представлены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Нормы освещенности производственных помещений [1]

	Характер истика зрительн ой работы	Наимень ший размер или объект различен ия	Разряд зрительн ой работы	Под- разряд зрительн ой работы	Контраст объекта с фоном	Характер истика фона	Освещен ность, лк
Рабочее место в кабинете	Высокой точности	От 0.3 до 0.5	<u>III</u>	в	Малый, средний, большой	Светлый, средний, темный	200

Для улучшения показателей освещения, необходимо использовать искусственное освещение в виде светильников, дополнительного внешнего освещения. Освещенность рабочего места от искусственного освещения соответствует характеристике зрительной работы, наименьшему размеру объекта различения, разряду зрительной работы, контрасту объектов с фоном, а также характеристике фона как мы видим в таблице 5.2.

Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в

течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности.

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 5.3 для категории Ib, к ней относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/ч (140-174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением [2].

Таблица 7.3 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Период года	Температура, °С				Оптимальная влажность, %		Скорость движения, м/с		
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая не более	Оптимальная не более	Допустимая не более
		Верхняя		Нижняя					
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	70	0,1	0,1

Микроклимат комнаты можно поддерживать на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также дополнительным прогревом в холодное время года.

Повышенный уровень электромагнитного излучения

Электромагнитное поле при длительном воздействии на организм человека ухудшает работоспособность (повышается утомляемость, снижается качество выполняемых работ, возникают психологические расстройства).

Как и любая электроустановка, измерительная ячейка способна создавать электромагнитные поля. Предельно-допустимые значения электромагнитного поля регламентируются в специальном документе - СанПиН 2.2.4.1191-03. Существуют следующие нормы при разных частотах:

- 30–300 кГц — это напряжённость поля 25 В/м;
- 0,3–3 мГц — 15 В/м;
- 3–30 мГц — 10 В/м;
- 30–300 МГц — 3 В/м;
- от 300 мГц 300 ГГц — 10 мкВт/см² [3].

В случае превышения данных показателей могут возникнуть различные проблемы со здоровьем человека. Самое опасное в электромагнитном поле это то, что его невозможно ощутить. Тем самым эффект (ухудшение здоровья) накапливается незаметно.

Для минимизации воздействия электромагнитного поля измерительная ячейка находится в металлическом корпусе, являющимся защитным экраном от электромагнитного излучения.

7.2.2 Анализ опасных факторов производственной среды

Термической опасность

Термическая опасность – это опасность, возникающая при горении, повышенной температуре поверхности и повышенной температуры вдыхаемого газа.

Термические опасности могут приводить к:

- ожогам и ошпариванию из-за соприкосновения с предметами или материалами, имеющими чрезвычайно высокую или низкую температуру, вызванную, например, пламенем или взрывом, а также излучением источников тепла;

- ущерб здоровью из-за воздействия высокой или низкой температуры окружающей производственной среды [4].

Есть риск нагрева крышки размагничивающего устройства, поэтому крайне важно использование охлаждающей системы. Охлаждением в данном случае служил кулер. Если перед работой эту систему не включить, существует опасность перегрева крышки, вследствие чего можно об неё обжечься.

Электрический ток

Поражение электрическим током возникает при соприкосновении с электрической цепью, в которой присутствуют источники напряжения и/или источники тока, способные вызвать протекание тока по попавшей под напряжение части тела. Обычно чувствительным для человека является пропускание тока силой более 1 мА [5].

Одной из особенностей поражения электрическим током является отсутствие внешних признаков, грозящих опасности, которые человек мог бы заблаговременно обнаружить с помощью органов чувств.

Ток приводит к серьезным повреждениям центральной нервной системы таких жизненно важных органов как сердце и легкие. Поэтому второй особенностью воздействия тока на человека является тяжесть поражения.

Третья особенность поражения человека электрическим током заключается в том, что токи промышленной частоты силой в 10-15мА способны вызвать резко интенсивные судороги мышц.

Окружающая среда (влажность и температура воздуха, наличие заземленных металлических конструкций и полов, токопроводящей пыли и др.) оказывает дополнительное влияние на условия электробезопасности. Степень поражения электрическим током во многом зависит от плотности и площади контакта человека с токоведущими частями.

Безопасность эксплуатации при нормальном режиме работы установок обеспечивается следующими защитными мерами:

- применение изоляции;
- недоступность токоведущих частей;

- изоляция электрических частей от земли.

Статическое электричество

Статическое электричество – это совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности, или в объеме диэлектриков, или на изолированных проводниках (ГОСТ 12.1.018). Образование и накопление зарядов на перерабатываемом материале связано с двумя следующими условиями:

Заряды статического электричества могут накапливаться и на теле человека (при работе или контакте с наэлектризованными материалами и изделиями). Высокое поверхностное сопротивление тканей человека затрудняет отекание зарядов, и человек может длительное время находиться под большим потенциалом [7].

Основной опасностью при электризации различных материалов является возможность возникновения искрового разряда, как с диэлектрической наэлектризованной поверхности, так и с изолированного проводящего объекта.

Для предупреждения образования статического электричества на элементах металлических конструкций, расположенных на расстоянии менее 10см параллельно друг друга, применяются замкнутые контуры, создаваемые с помощью устанавливаемых между ними металлических заземленных перемычек через каждые 20 м и менее.

7.3 Экологическая безопасность.

Каких либо негативных воздействий на окружающую среду не было обнаружено. Также при работе самого устройства, в окружающую среду ничего не выделяется.

После того как устройство отработает свой срок, его необходимо будет утилизировать как обычный бытовой прибор.

7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности.

Основными причинами возникновения чрезвычайных ситуаций являются, во-первых, внутренние, к которым относятся: сложность технологий, недостаточная квалификация персонала, проектно-конструкторские недоработки, физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина. Во-вторых, внешние чрезвычайные ситуации, – это стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, технологических продуктов и т.д.

Пожарная безопасность

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Пожарная безопасность в лаборатории должна обеспечиваться в соответствии с требованиями Федерального закона от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности", правилами противопожарного режима в Российской Федерации (утв. Постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. № 390) и другими нормативно-правовыми актами по организации и обеспечению ПБ.

Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- использование только исправного оборудования;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещений предприятия;

- издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности
- отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- курение в строго отведенном месте;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии [10].

В лабораторной комнате должны висеть огнетушители, а также силовой щит, который позволяет мгновенно обесточить все оборудование. На видном месте в коридорах должны быть вывешены инструкции и обязанности сотрудников и план эвакуации в случае пожара.

При возникновении пожара необходимо немедленно сообщить о нем руководителю работ (зав. лабораторией), который в свою очередь обязан:

- немедленно сообщить о пожаре по телефону 101, 112, 01, назвав адрес, место возникновения пожара, фамилию
- принять меры по эвакуации сотрудников, отключению электроэнергии, в помещениях (здании), где произошел пожар;
- приступить к тушению пожара имеющимися на рабочих местах средствами пожаротушения;
- организовать встречу подразделений пожарной охраны и по прибытию доложить старшему должностному лицу пожарной охраны (руководителю тушения пожара) о наличии людей в опасной зоне, сведения об очаге пожара, принятых мерах.

7.5 Правовые и организационные мероприятия обеспечения безопасности

7.5.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

К самостоятельной работе с лабораторной печью сопротивления, установкой для измерения температурной зависимости начальной магнитной проницаемости и ручным гидравлическим прессом допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие ежегодное медицинское обследование (в соответствии с приказом Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 г № 302Н "Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда"), вводный инструктаж, первичный инструктаж, обучение и стажировку на рабочем месте, проверку знаний требований охраны труда, а также имеющие группу по электробезопасности не ниже I и соответствующую квалификацию согласно тарифно-квалификационного справочника. Продолжительность рабочего дня не должна превышать 8 часов при 40-часовой рабочей неделе.

7.5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Рабочее место является первичным звеном производства, которое представляет собой определенный участок производственной площади цеха, предназначенный для выполнения одним рабочим порученной работы, специально приспособленный и технически оснащенный в соответствии с характером этой работы. От того, насколько правильно и рационально будет организовано рабочее место, зависит безопасность и производительность труда. Как правило, каждое рабочее место оснащено основным и вспомогательным оборудованием и соответствующим инструментом. Отсутствие на рабочем месте удобного вспомогательного или нерациональное расположение, захламленность создают условия для возникновения травматизма.

В нашем случае рабочее место было оборудовано столом и стулом лаборанта, столом с установкой для измерения зависимости начальной магнитной проницаемости, стеллажом с приспособлениями, а также умывальником.

При работе должны быть предусмотрены перерывы длительностью 20 мин через 1-2 ч после начала работы, длительностью 30 мин примерно через 2 ч после обеденного перерыва, при этом обеденный перерыв длительностью не менее 40 мин находится примерно в середине рабочего дня. Перерывы должны использоваться для активного отдыха.

Заключение

Размагничивание можно осуществить различными способами, в зависимости от формы и размеров детали. В простейшем случае размагничивание может быть обеспечено встречным намагничиванием. При этом с помощью постоянного тока обратной полярности накладывается напряженность поля, примерно соответствующая коэрцитивной силе изделия. Однако, к полному размагничиванию приводит нагрев образца или детали выше температуры Кюри с последующим охлаждением в отсутствие внешнего поля. Есть и другой способ размагничивания, использующий знакопеременное магнитное поле с постепенно убывающей до нуля амплитудой. Также, размагнитить деталь можно, применяя сразу несколько способов – комбинированный метод размагничивания.

Устройство размагничивания, реализующее метод, основанный на использовании постоянного магнитного поля, является наиболее приемлемым при поточном контроле изделий, либо конвейерном размагничивании, из-за высокого быстродействия, низкого энергопотребления и достаточно высокого качества размагничивания. После проведения размагничивания остаточная намагниченность находится в рамках не препятствующих проведению сварки и не вызывает налипания ферромагнитных частиц.

Список публикаций студента

Болдырев П.А. Система контроля намагниченности длинномерных изделий // Новые технологии – нефтегазовому региону: материалы Международной научно – практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 6 т., Тюмень, 24 – 28 апреля 2017. – Тюмень: ТИУ, 2017 – Т.3 – С. 301 – 302 <https://www.tyuiu.ru/wp-content/uploads/2017/04/Novye-tehnologii-Neftegazovomu-regionu.-Tom-3.pdf>

Приложение А

Раздел 1

Literature review

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6А	Болдырев Петр Андреевич		

Консультант ОКД ИШНКБ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гольдштейн Александр Ефремович	Д.т.н., профессор		

Консультант – лингвист кафедры ФМПК:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Демьяненко Наталья Владимировна			

1 Demagnetization. Methods for demagnetization of ferromagnetic articles

Degaussing - a decrease in residual magnetization of the ferromagnetic body (sample parts) after removal of the external magnetizing field.

Magnetized parts of ferromagnetic materials prior to assembly of these technical systems and devices usually demagnetized to eliminate the influence of the residual magnetic field in the measuring device, the adhesion to the details of the ferromagnetic particles, etc. A demagnetized sample also serves to determine the magnetic properties of materials, as these properties depend on the magnetic history of the samples. Parts or samples are considered to be demagnetized when the magnetization vectors of spontaneous magnetization regions (domains) are arranged in them at random and the average magnetization (induction) in any of their cross section is zero or less than the value given by the specifications or other regulations.

For successful welding must first degauss welded structures having medium or high level of magnetization. It should be noted that complete demagnetization is practically impossible, so the process should be carried out to obtain a level that does not cause magnetic blow effect, i.e. below 20 gauss.

Technology demagnetization pipes or pipe joints prepared for welding, comprising the following steps:

- Determination of the magnitude and direction of the magnetic field of the residual magnetism of pipes;
- Selection of methods, schemes and techniques demagnetization;
- Carrying out demagnetization pipes or welding joints prepared by creating demagnetizing field;
- Control level to demagnetize a residual value, permitting qualitative carrying out welding (less than 20 gauss) applied demagnetization following methods:
 - By means of the magnetic field generated by a constant current;

- Using a magnetic field produced by alternating current;
- By means of the electromagnets;
- With the use of permanent magnets;

The procedure and the demagnetization circuit are selected after the analysis of the residual magnetism of parameters, as well as the specific conditions (e.g., availability of particular tooling and equipment).

Depending on the shape and dimensions of the details, demagnetization can be performed in the following ways:

- By advancing the items through the solenoid, fed with alternating current, and its removal by a distance equal to 5 diameters (diagonally) of the solenoid. This distance may be substantially (2-3 times) is reduced if the item after retraction progressively rotated 90 ° with respect to the solenoid axis;

- Is reduced to zero in the alternating current solenoid with inserted therein demagnetized part (length of the solenoid in this case must be of length greater detail);

- Removing parts of the electromagnet fed by alternating current (or electromagnet by assigning items);

- By reducing to zero the alternating current in the electromagnet, in the interpolar distance which is demagnetized item or portion thereof;

- By passing through the part or along the shaft, inserted into the cavity parts, alternating current, the amplitude of which varies from a maximum value to zero;

- By magnetizing the longitudinal parts permanent magnetic field of the solenoid or electromagnet to technical saturation magnetization reversal and its constant field reverse direction whose magnitude corresponds to the coercive force (Hc) material of the workpiece. The magnitude of the magnetization-reversal field for each specific details of experimental should be selected, so as to turn it off after the residual induction would be close to zero. This method can be very effective demagnetizing massive parts advantageously simple shape.

High quality demagnetization ensured if the initial intensity of the demagnetizing field at all points of the items volume to be demagnetization equal to five (or more) of values of the coercive force of the material items. Process demagnetization should contain at least 30 periods demagnetizing field uniformly decreasing in amplitude.

It will be appreciated, it is not always necessary to provide the above-mentioned magnetic field for all the points of the component, since in many cases during the magnetic particle testing magnetizable exposed only the surface layers of the details (when magnetizing variable or bipolar - pulsed fields), and the deep region are hardly magnetized. In these cases, you do not need to use complicated devices that would ensure the full details of all magnetized volume.

It is only necessary that the amplitude of the demagnetizing magnetic field at each point demagnetizing parts volume was not less than the amplitude of the magnetizing field at the corresponding points. It is sufficient that the frequency of the demagnetizing field and shape to provide equal and greater depth of penetration than the magnetizing field and the amplitude of the demagnetizing field is not less than the amplitude of the magnetizing field at these points.

When demagnetization of short pieces having a small (less than 10), the ratio of length to thickness, or should increase the magnetic field intensity in the solenoid or positioning parts demagnetizing chain. The latter will contribute to reducing the demagnetization factor and, ultimately, increase true (resultant) magnetic field acting on the workpiece at the same field strength of the solenoid. A similar result will be demagnetized when placing short parts between the two rods – Extension.

Large parts of complex shape is expedient to demagnetize on sites using a cable wound around the hard-to-demagnetization areas or near these areas. For these purposes may also be used ladders electromagnets or flat coil. The magnetic field of these devices in detail zone should gradually decrease by either removing them from the parts, or by reduction to the AC zero data supply device. Note that the demagnetizing long parts via solenoids, powered with alternating current may magnetization of such parts of the Earth's magnetic field (the geomagnetic field). To

avoid this effect, we recommend positioning demagnetizers so that details in the demagnetization process are oriented from west to east. Additional details of the demagnetizing magnetization may also occur due to magnetic fields generated by any closely spaced plants massive steel or magnetized objects.

Therefore, the demagnetizing device must be installed so that in the zone of their location from the above magnetic field sources do not exceed 0.5 times the Earth's magnetic field (approximately 0.2 A / cm). In those cases where the parts are difficult to demagnetize (massive parts, wheels, parts of complex shape, and the like), should increase the magnetic field of the solenoid or reduce the demagnetizing field frequency.

Installations and types of devices to demagnetize were:

- Tunnel type. Coil bore (tunnel) is connected to an AC voltage of 220 or 380 volts, 50 Hz, directly or through the controller, which allows to reduce the frequency of the alternating magnetic field. Demagnetize the steel object is passed through the tunnel.

- Multi-pole permanent magnets, driven in rotation. Magnet rotation speed determines the frequency of the alternating magnetic field. magnetic field amplitude change occurs by varying the distance between the magnet and demagnetize the steel object.

- AC electromagnets with an open (open), a magnetic system. The winding of the electromagnet is connected to an AC voltage of 220 or 380 volts, 50 Hz, directly or through the controller, which allows to reduce the frequency of the alternating magnetic field. Demagnetizing steel object is brought to the open portion of the magnetic system, and then removed from it.

- Container type. Demagnetizing steel objects are placed in a container inside the AC electromagnet. The winding of the electromagnet is connected via a controller to the AC voltage of 220 or 380 volts in the container creates an alternating magnetic field with damped amplitude. The frequency of the alternating magnetic field and its rate of attenuation determined by the controller.

The action of the residual magnetic field may be different depending on whether it was received at the pole magnetization or by passing the current. In the first method, the residual magnetic force lines of the field are located on the external space and operate it, whereas when magnetized by passing a current power line remain closed in the product. Therefore, this field can cause interference in outer space only in special circumstances (in the form of stray fields on sharp transitions cross section during loading of the torsion part, by cutting the power lines during subsequent processing).

2 Methods

2.1 demagnetization heating to the Curie point

Temperature In the simplest case, the product can demagnetize ferromagnetic by briefly heating the parts tested to a temperature above the Curie point.

The temperature of the Curie point is the temperature (point) of the curve of phase transitions of the second kind, related to the emergence of (decomposition) ordered state in solids temperature change, but when given values of other thermodynamic parameters (pressure, magnetic field, electric field, and so on. d.). Transition characterized by a change of state of matter approaches the phase transition point, and the acquisition of brand new material properties at this point. The name of this point is given in honor of the French physicist Pierre Curie, the first time (1895), and to study in detail the transition from ferromagnetic materials. Thus, at a temperature T below the Curie point (T_c) of ferromagnetic materials exhibits spontaneous (spontaneous) magnetization (J_s) and the detected magnetic-crystal symmetry. When heating and ferromagnetic Curie point is approached increasing the thermal motion of atoms, "loosens" the existing magnetic order - the same orientation of the magnetic moments of atoms and loses its spontaneous magnetization of a ferromagnetic.

For the number of characteristic changes in the magnetic ordering is introduced a so-called order parameter h , at $T = T_c$, the order parameter $h = 0$, and at

the Curie point ($T = T_c$) spontaneous magnetization of ferromagnetic materials disappears ($h = 0$) and the ferromagnetic converted to paramagnetic.

Thus, the Curie point is one of the most important parameters of the working temperature interval estimation, wherein the magnetic material can be used. Table 1 shows the values of the saturation magnetization J_s , the saturation magnetic flux density B_s and the Curie point of some magnetic materials.

Table 1

Material	$J \cdot 10^5, A/M$	B_s, Tl	T, K
Iron	1,27	2,1 (21580)	1043
Nickel	0,387	0,6 (6080)	631
Cobalt	1,14	1,7 (17900)	1394

Thus, in all cases phase transitions 2 kind (type Curie point) at $T = Q$ in a substance occurs disappearance of a particular type atomic "order" (ordered orientation of the magnetic or electric moments, long-range order in the distribution of atoms on nodes crystal lattice in the alloys and the like). Near the Curie point of the material occur in specific changes in many physical properties (e.g., specific heat, magnetic susceptibility, etc.), Reaching a maximum at $T = Q$, which is usually used to accurately determine the phase transition temperature.

At temperatures below the Curie point of the ferromagnetic material in domains formed – small areas with spontaneous magnetization to saturation. When an external magnetic field causes the orientation of the magnetic moments of the domains in the direction of the external field. The degree of orientation increases with increasing intensity of the external field, until it reaches the limit.

Thus, when the external magnetic field is reduced to zero, the total magnetic moment of the domains (and in general ferromagnetic body) is reduced to a non-zero value, i.e. a domain location is some order.

At temperatures above the Curie point of ferromagnetic domain structure collapses.

Induction heating unit - a device for electrothermal heating metal workpieces or parts with the use of induction heating. Such plants are used for metal workpieces through heating prior to hot plastic working and surface hardening of steel parts. Generally, induction heating devices consist of a generator, an inductor, a capacitor bank, the mechanisms for moving the heated details, and water cooling system protection and control system. Heating installation for workpieces is carried out through heating water-repellent lined multiturn inductor.

Cold blanks are fed into the inductor on one side and leave the other heated. feeding mechanisms are electromechanical, pneumatic or hydraulic drive. Heating is carried out at low or medium frequency. Induction heating devices are used mainly for heating workpieces from steel, copper, aluminum, molybdenum, tungsten, titanium, zirconium and alloys thereof. For heating unit characterized by a high degree of process automation and low fumes are heated in a metal (for steel is less than 0.5%).

Inductors for the surface hardening of steel parts operate without insulation. The gap between the inductor and the heated part is 3-5 mm, which provides a high electric efficiency of the process. Inductors systems often consist of a single turn; power supplied from the generator medium or high frequency through a matching transformer. As cooling fluids used during quenching water and high oil emulsion which is fed to the workpiece through openings in the inductor or using special devices.

2.2 Demagnetization alternating magnetic field gradually decreasing to zero amplitude

The method consists of exposing the magnetic material alternating magnetic field of decreasing amplitude. As a source of alternating magnetic fields typically use an electromagnet. Reducing the amplitude of the magnetic field acting on the object demagnetization or, in more simple cases, increasing the distance between the magnet and demagnetize the object. Thus demagnetized region located directly under the

turns of the demagnetizing coil, which reduces the overall magnetization in the welded joint. Demagnetized portion is thus passive magnetic circuit. This method, however, ineffective demagnetizing elongated thick-walled pipes due to impossibility of complete demagnetization of their occurrence and demagnetize the object vibration when applying an alternating field of industrial frequency. In addition, the electric power required for such demagnetization, it is impossible to get from the mobile stations.

Since the ferromagnetic body at a temperature below the Curie point there domain structure, that is microscopic regions with a spontaneous magnetization to saturation and very large intrinsic magnetic field, the demagnetizing procedure should as far as possible, disordered domain structure (not destroy individual domains) to the magnetic moment of the body or produced by an external magnetic field they tend to zero. This can be achieved by passing on private hysteresis loops in the zero point (see Figure 1).

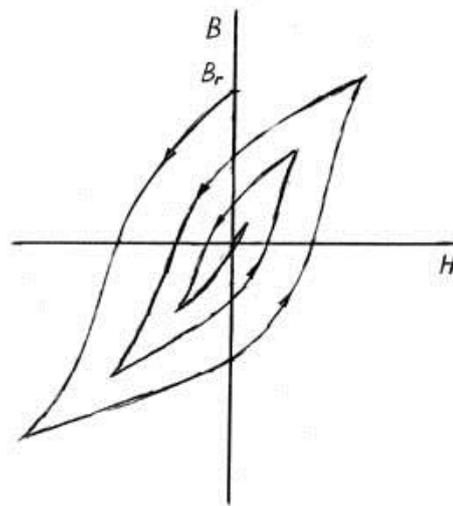


Figure 1 - Method ferromagnetic demagnetization

To pass the Private hysteresis loops necessary to act on a sample of the alternating magnetic field with damped by definite law amplitude (Figure 2). Depending on the material of the article, its size and shape alternating fields of different frequencies are used: from fractions Hz to 50 Hz.

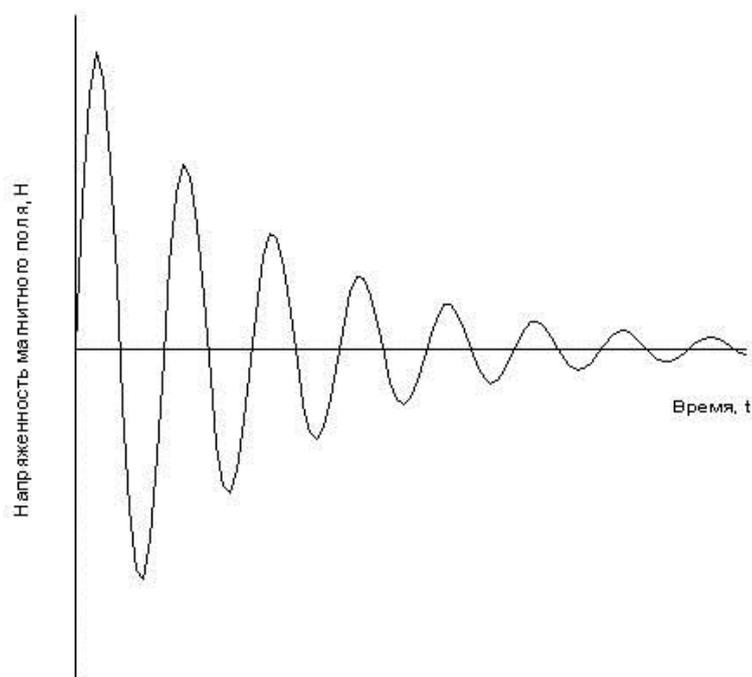


Figure 2 - The alternating magnetic field with damped amplitude

When demagnetization of an alternating magnetic field with damped to zero amplitude should take into account the phenomenon of skin effect.

The skin effect (skin effect) - damping effect of electromagnetic waves as they penetrate deeper into the conducting medium. As a result, the effect of high frequency alternating current, flowing through the conductor, is not distributed uniformly over the cross section, and predominantly in the surface layer. The skin effect is caused by eddy currents in the conductive medium in the propagation of electromagnetic waves there through. As a result, in a medium having energy loss, which leads to a reduction of the electric and magnetic fields and current density, i.e. to the attenuation of the wave.

The depth of the conductor layer, wherein the electric field is reduced by a factor e (2.71828) is called the skin depth. The formula to calculate the skin depth.

$$d_{skin} = c \sqrt{2 \cdot \frac{\epsilon_0}{\omega \mu_m} \cdot \rho} \quad (1)$$

wherein ε - is the absolute permittivity of free space ($8,85419E-12$ F / m), ρ - resistivity, c - velocity of light, μ - relative magnetic permeability, $\omega = 2\pi \cdot f$. All values are expressed in SI units.

2.2.1 Practical design of installations and devices for demagnetization of ferromagnetic steels



Figure 3 - Demagnetizer tunnel passage opening with a diameter of 100mm.

Demagnetization is performed using the alternating magnetic field with damped amplitude. Reducing the magnetic field amplitude occurs when moving object demagnetizing demagnetizer through the central opening and away from it. Demagnetizer can be connected to an AC voltage of 220 V, 50 Hz, directly or through the controller, which allows to obtain a lower frequency.

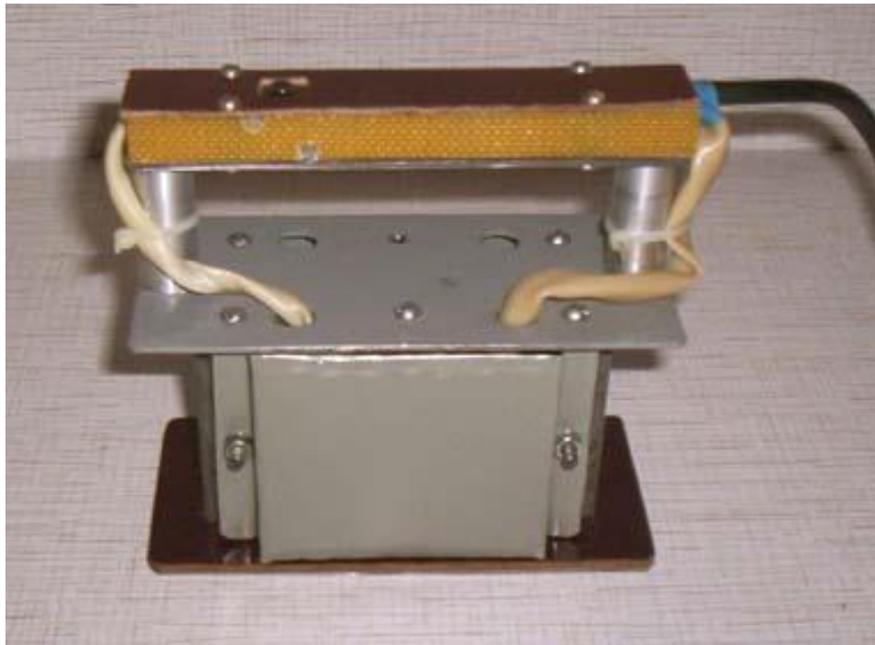


Figure 4 - Demagnetizer were: AC electromagnet unclosed iron core

Demagnetization produced using alternating magnetic field with damped amplitude. The alternating magnetic field of an open section of the magnetic system acts on demagnetizer demagnetized sample. The amplitude of the induction magnetic field in the sample location area varies from a maximum to zero at demagnetizer movement along the sample surface. Demagnetizer can be connected to an AC voltage of 220 V, 50 Hz, directly or through the controller, which allows to obtain a lower frequency.

2.2.2 Automatic device demagnetization

2.2.2.1 Demagnetizator DS10M

Installing DS10M intended for general or local demagnetization of large structures made of ferromagnetic steel and alloys. This setting is used for the destruction of residual magnetization, which arises during the manufacture of steel structures.

Degaussing technology using DS10M device provides overall or local demagnetization of parts and structures without the use of traditional solenoids or

special stands. Degaussing is accomplished by passing an electric current through the thickness of the metal pulses varying in a predetermined law.

The greatest effect is achieved when a certain operating current flow direction. Selection of the electric current supply point depends on the design features demagnetizing products and allows for the total or local demagnetization structure.

DS10M installation consists of a control cabinet on the front panel which focused control and display devices. Object demagnetizing connected to the installation by a connecting cable provided with four pairs of terminals for the current supply to the structure.

Installing DS10M operating in automatic mode. The control system is equipped with software-software, which allows to maintain a predetermined law of variation of the demagnetization current. Technical possibilities DS10M Fitting determined electrical conductivity and the magnetic hardness of the steels of which products are made demagnetized. Total demagnetization provided to articles made of structural steels with the perimeter of the cross-section of 8-10 m and 20-25 m long. In local demagnetization dimensions constructions are not limited. Degaussing magnetic field in the presence of the Earth's magnetic field provides a reduction in surface structures to 0.02-0.05 mT. The highest degree of compensation achieved by demagnetizing external magnetic field in the volume demagnetizing product.

Table 2 Specifications installation:

Adjustment range of unipolar current pulse amplitude, kA	0.1 to 10.0
The working voltage is not more than, V	30
Automatic control mode, the mode number	8
Accuracy of a predetermined current,%	3-5
Power consumption unipolar current pulse, kW	270

Maximum power consumption per cycle demagnetization kW · h	3,5
Fitting coolant	Forced air
Supply voltage ~ 3,50Gts, B	380±20
Overall dimensions, mm	
-length	900
-width	1200
-height	1930
Mass (without cable), kg	960

2.3 Degaussing in constant magnetic fields reverse polarity

Also, demagnetization can be provided a counter magnetization. Thus using the DC reverse polarity current is applied field strength approximately corresponding to the coercive force of the product. However, complete demagnetization when using this method is not achieved, even with further increase in tension counter magnetic field (this is called pseudo demagnetization).

At repair and construction of pipelines used welding with direct current. Observed with magnetic blow effect on the welding process gives stability of arcing and the formation of the seam. Magnetic blow effect is a consequence of the presence of residual magnetism in the metal pipe. There are three levels of magnetization: high (more than 100 gauss), medium (20 to 100 gauss), moderate (less than 20 gauss).

Demagnetization using DC produced by electromagnetic coil, consisting of copper wire welding type CG-section 30-35 mm. The wire is wound on two abutting pipe or tube forming the coil with different numbers of turns, depending on the degree of magnetization of pipes. As the DC power supply must be used welding rectifiers or converters amperage 500-1000 A, including multioperator using ballast resistors.

- Demagnetization using DC performed according to the following standard procedure:
 - Determined using the magnitude of the magnetometer and the magnetic field direction of the pipe;
 - Placed on the tube of a flexible coil of welding wire size 35-50 mm;
 - Coil is connected to one or two series-connected inverters welding so that the resulting effect of the magnetic field was directed against the magnetic field of the pipe. Series connection of two welding transformers is necessary to demagnetize the pipes of large diameter (1000 mm). During the demagnetization magnetometer periodically check on the tube of the action of the demagnetizing field (measurements should be performed when the power source), if necessary, adjusted current strength or change its direction (by switching on the welding wire converters);
 - After closure reduces demagnetizing current intensity to zero within one minute to smoothly reduce magnetic flux, and then turn off the power supply.

After closure of the magnetic field remains in the product remanence B_r .

2.3.1 Demagnetizer DM-404

The department IIT, Tomsk Polytechnic University degaussing method has been proposed based on the use of a constant magnetic field, corrected for the measured demagnetization during the initial and residual magnetization of the product. The advantage of this technical solution, compared with known quality is the possibility of demagnetization of ferromagnetic extended products of large cross section at high speed and with low power consumption.

The apparatus operates as follows. Magnetized items are moved through the unit magnetic transducers, the main elements are the induction coil and the magnetization winding. Electromotive force windings integrated electronic integrators. The output voltage of the integrator, proportional to the initial remanence

products in the winding cross-sectional plane is supplied to the current controller input, the control current of the magnetizing winding. The conversion factor is chosen so that the magnetizing winding current value corresponded to the relaxation of the coercive force. Quality control and elimination demagnetization possible presence of small residual magnetization is performed the second control loop, which includes an induction coil and an integrator coupled to the second input of the current regulator.

The proposed method has been implemented in the demagnetization developed at SRI imaging demagnetizers DM 401 and DM-403, the supplied eddy current flaw rods and tubes of a bearing steel SH-15, and MM-404 demagnetizer pipes pipeline gauge steel 09G2S.

Demagnetizer DM-404 was used by specialists center technical diagnostic imaging SRI for demagnetization and measuring the remanent magnetization of seamless pipes $\varnothing 57$ mm and a wall thickness of 6 mm steel 09G2S total weight of 80 tons. Operating experience DM-404 showed that this product is not inferior to known analogs quality demagnetization at a lower order of magnitude greater power consumption and several times demagnetization rate.

The following specifications demagnetizer DM-404:

- Maximum diameter demagnetization products - 58 mm;
- Maximum remanence after demagnetization - 0.02 T;
- Maximum demagnetization speed - 2.5 m / s;
- Power Consumption - 100 W;
- Sensitivity Threshold residual magnetic induction meter - 0.001 T;
- Maximum relative error of measurement of the residual magnetic flux density (magnetic flux remanence) - 2.5%;

2.4 Combined method of degaussing

Degaussing combined method combines the use of several methods discussed above.

2.4.1 Device demagnetization FOERSTER - EMAG M / EMAG F

Demagnetizer EMAG M and EMAG F use short coils. These short coils produce strong alternating fields, which may be imposed on the weak, adjustable constant fields. The alternating fields demagnetize the magnetized part and the subordinate DC field compensates for the static magnetic field, which is always present at the site bucking coil arrangement.

Devices demagnetization EMAG M and EMAG F consists of a power supply and a demagnetization coil. Power supply EMAG M / F is mounted on a standard mounting base and placed in a housing made of sheet steel. Demagnetization coils EMAG M and EMAG F are filled with a very durable casting resin that has good temperature properties. Heat is removed from the coils through convection and radiation. Additional cooling is required. Demagnetization coils are connected to power supplies via cables.

Devices demagnetization EMAG M / F used for degaussing rods and tubes of different diameters.

The most practical method - is positioned at the end of the demagnetization coil control lines. This arrangement prevents the magnetization of the other zones of control or the magnetization of the production system.

Demagnetization alternating field generates eddy currents in the product to prevent penetration of the AC material. Alternating field penetration depth into the product depends on the conductivity of the material and the frequency of the alternating magnetization field.

Demagnetizer EMAG M operates with industrial frequency. This is an inexpensive unit well suited for demagnetization:

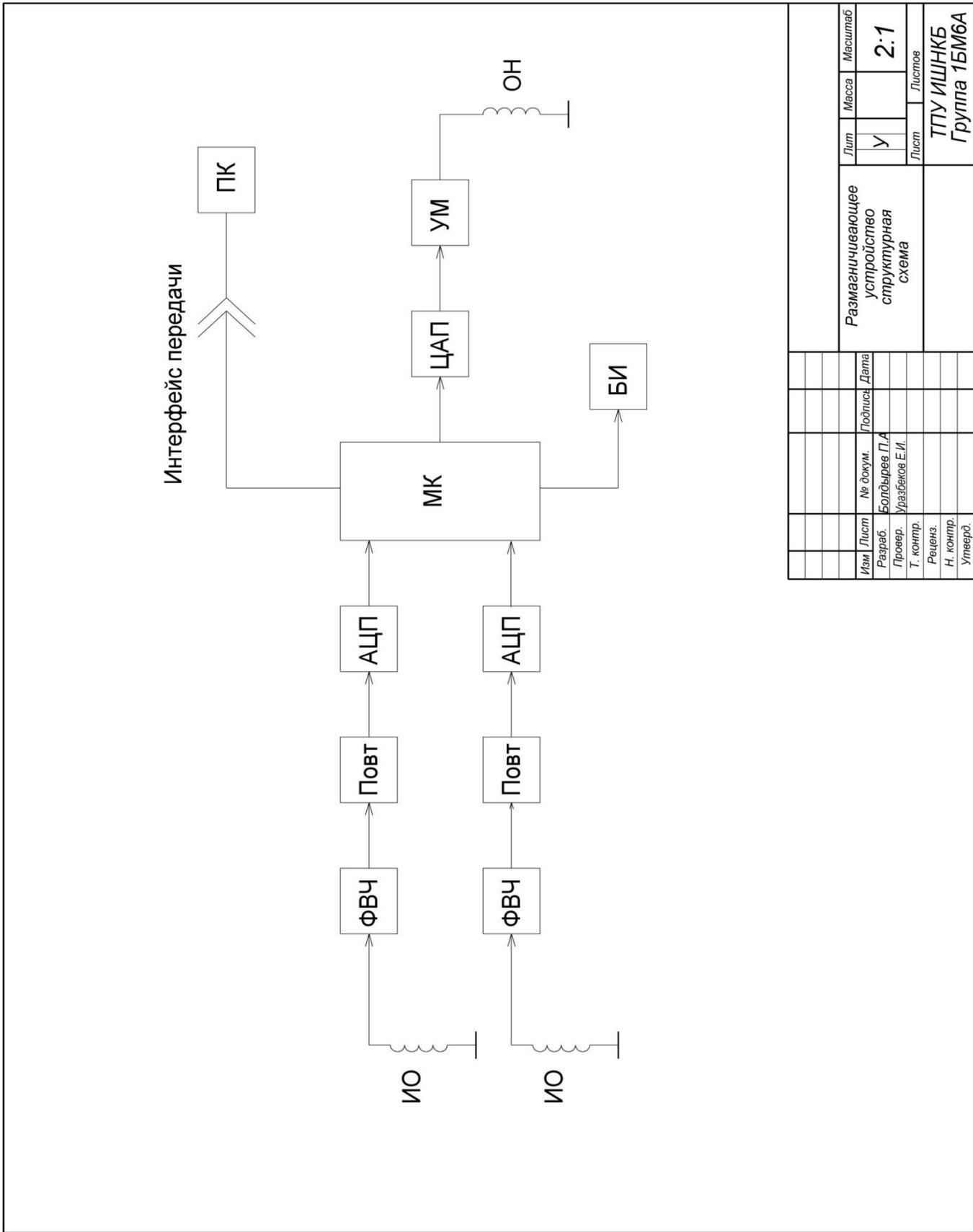
- Bars 30 mm in diameter.
- Pipe wall thickness of 5 mm.

The demagnetization device EMAG F demagnetizing flux is regulated and stabilized. Frequency selectable demagnetization. This is a universal system for demagnetization:

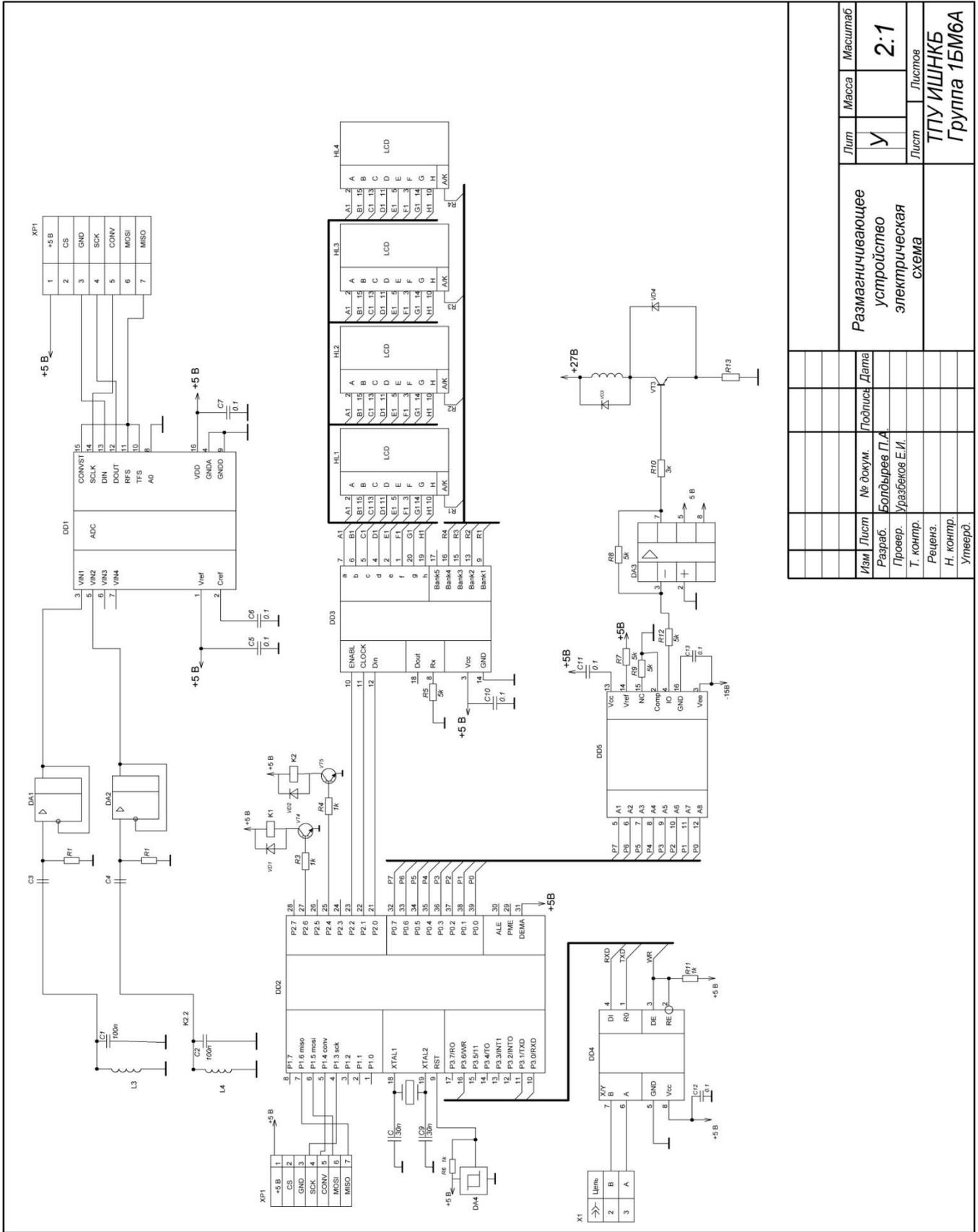
- Bars diameter of 70 mm.
- Pipe wall thickness 25 mm.

Приложение Б

Графический материал



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Болдырев П.А.		
Провер.		Уразбеков Е.И.		
Т. контр.				
Реценз.				
Н. контр.				
Утверд.				
Разрабатывающее устройство структурная схема				
Лист	Масса	Масштаб		
У		2:1		
Лист	Листов			
ТПУ ИШНКБ Группа 1БМ6А				



Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
		Болдырев П.А.		
Провер.		Уразбеков Е.И.		
Реценз.		Н. контр.		
Утверд.				
Размагнитывающее устройство электрической схема			Лист	Листов
ТПУ ИШНКБ			Лит	Масса
Группа 1БМ6А			У	Масштаб
				2:1