

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

Институт – Электронного обучения
Специальность – Информационно-измерительная техника и технология
Кафедра – Физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Суржиков А.П.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-1401	Боброва Виктория Владимировна

Тема работы:

Разработка системы контроля состояния колонных аппаратов производства капролактама	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 277/с от 22.01. 2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования – ректификационная колонна с толщиной металлической стенки 2,5-3,5 см; период контроля толщины стенки 1 раз в месяц. Разработка системы для автоматизации контроля толщины стенки.				
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Обзор методов контроля толщины металла. Выбор наиболее подходящего метода для реализации толщиномера. Проектирование системы контроля состояния колонных аппаратов, используемых для производства капролактама. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Социальная ответственность.				
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Печатная плата, печатная плата как сборочная единица, внешний вид корпуса.				
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 40%;">Раздел</th><th style="width: 60%;">Консультант</th></tr> <tr> <td> </td><td> </td></tr> </table>		Раздел	Консультант		
Раздел	Консультант				

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Петухов О.Н.
По разделу «Социальная ответственность»	Кырмакова О.С.
По разделу «Расчет надежность»	Степанов А.Б.
По разделу «Конструкторская часть»	Степанов А.Б.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.09.2015
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Вавилова Г.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1401	Боброва В.В.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 83 с., 12 рис., 17 таб., 5 прил.

Ключевые слова: ультразвуковой датчик, толщина, коррозия, ректификационная колонна, технический контроль.

Объектом разработки является ректификационная колонна с толщиной металлической стенки 2,5-3,5 см.

Цель работы: проектирование системы контроля состояния колонных аппаратов, используемых для производства капролактама.

В процессе исследования производился обзор методов толщинометрии. Выбор метода применимого для контроля толщины стенки ректификационной колонны. Был выбран наиболее подходящий первичный пьезоэлектрический преобразователь. Разработана структурная и функциональная схема системы контроля.

В результате исследования был выбран метод толщинометрии, конструкция измерительного преобразователя, определены основные технические характеристики разрабатываемого средства измерения.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: размещение датчиков на ректификационной колонне в соответствии с требованием нормативной документации.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	8
1. РЕКТИФИКАЦИОННАЯ КОЛОННА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КАПРОЛАКТАМА	11
1.1 Коррозия.....	14
1.2. Толщинометрия	15
2.МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ.....	18
2.1. Радиационный метод	20
2.2 Ультразвуковой метод	22
2.3 Вихретоковый метод контроля.....	25
3.Обзор датчиков.....	31
3.1 Классификация пьезоэлектрических преобразователей.	33
3.1.1Раздельно-совмещенные преобразователи.....	33
3.1.2 Совмещенные преобразователи.....	34
3.1.3 Наклонные преобразователи.....	35
4.Выбор элементов для реализации схемы.....	37
4.1. Выбор АЦП.....	37
4.2. Выбор микроконтроллера	39
4.3. Генератор	41
5. КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	42
5.1 Общие технические требования к ПП.....	42
5.2. Расчет конструктивных и электрических параметров печатной платы ...	43
5.3 Технология изготовления платы.....	45
5.4 Общие положения при монтаже ПП	47
6. РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ	48
7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	55
7.1.Организация и планирование работ по разработке темы проекта.....	55
7.2. Определение трудоемкости работ	56
7.2.1 Построение графика работ	58

7.3.Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	60
7.3.1.Расчет затрат на специальное оборудование комплектующих	60
7.3.2. Основная и дополнительная заработная плата исполнителей работы ..	61
7.3.3Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	63
7.3.4.Накладные расходы.....	64
7.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, социальной и экономической эффективности исследования.	65
8. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	70
8.1. Техногенная безопасность.....	71
8.1.1. Анализ вредных факторов производственной среды	71
8.1.2. Повышенный уровень шума	72
8.1.3. Неблагоприятные условия микроклимата.	72
8.1.4. Недостаточное освещение	73
8.2. Анализ опасных факторов производственной среды.	73
8.2.1. Возможность поражения электрическим током.	73
8.2.2 Возможность утечки лактам-воды.	76
8.3. Первая помощь при химических ожогах.	76
8.4. Региональная безопасность	77
8.4.1. Охрана окружающей среды	78
8.4.2. Утилизация отходов.....	79
8.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	79
8.5.1. Пожарная безопасность	79
8.5.2. Оценка пожарной безопасности помещения.....	80
8.5.3. Мероприятия по устранению и предупреждению пожаров	81
8.6. Правовые и организационные мероприятия обеспечения безопасности.	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	86
CONCLUSION	87
Список литературы:	88
приложение А	92
Приложение Б	93

приложение В	94
приложение Г	95
приложение Д	96

ВВЕДЕНИЕ

Химическая промышленность одна из ведущих отраслей тяжелой индустрии - является научно-технической и материальной базой химизации народного хозяйства и играет исключительно важную роль в развитии производительных сил, укреплению обороноспособности государства и в обеспечении жизненных потребностей общества.

На данный момент современная техника активно развивается, появляются новые технологии, это приводит к созданию более сложных машин и аппаратов. У новых машин и аппаратов должна быть более высокая эксплуатационная надежность по сравнению со старыми.

Необходимая степень надежности оборудования тщательно контролируется при помощи методов дефектоскопии. Усовершенствование контроля необходимо для предотвращения чрезвычайных ситуаций и аварий на производстве. Во всех этих случаях незаменимы методы дефектоскопии.

Неразрушающие методы контроля занимают особое место среди методов дефектоскопии, так как эти методы позволяют определить качество изделия без нарушения его эксплуатационных свойств. При помощи неразрушающего контроля можно обнаружить не только явные, но и скрытые в материалах дефекты.

В настоящее время неразрушающие методы контроля представляют собой быстроразвивающуюся отрасль. Разработкой методик неразрушающего контроля занимаются научно-исследовательские институты, а производством - специализированные предприятия и заводы.

Все основные элементы аппаратов рассчитаны на один и тот же срок службы, после которого наступает физический износ. На самом же деле некоторые части аппаратов изнашиваются гораздо раньше этого срока.

Другим вариантом контроля качества является разрушающий метод контроля. К разрушающим методам контроля относятся химический, металлографический анализ, спектральный и рентгеноструктурный. Эти

методы позволяют обнаружить отклонения от необходимых параметров состава и структуры металла, но для этого необходимо взятие проб, изготовленных образцов. Эти операции являются трудоемкими и дорогостоящими, так как на них отходит практически столько же металла, как на заготовку самой детали, а иногда даже больше.

На особо ответственных производствах образцов изготавливают «свидетелей» процесса. Этим техническим термином обозначают, что для исследования проверяемой детали специально изготавливают ее дубликат. После этого проводят металлографические исследования «свидетеля», и результатам судят о качестве всей партии этих деталей. Разрушающие методы контроля используют только для выборочного контроля качества, так как эти методы требуют больших затрат материала и трудоемкости.

На данный момент выборочной проверки деталей недостаточно, так как он не гарантирует высокую надежность, более эффективный контроль дефектов, нарушающих сплошность металла.

В соответствии с ГОСТ 18353–73 методы неразрушающего контроля в зависимости от физических явлений подразделяются на несколько основных видов: акустический, капиллярный, магнитный, оптический, радиационный, радиоволновый, тепловой, электрический, электромагнитный (вихревых токов). В соответствии с ГОСТ 18353–79[1] методы неразрушающего контроля в зависимости от физических явлений подразделяются на несколько основных видов: акустический, капиллярный, магнитный, оптический, радиационный, радиоволновый, тепловой, электрический, электромагнитный (вихревых токов). При применении неразрушающих методов контроля определяют нормы браковки, иначе изделия могут напрасно выбраковываться или напротив, попадать в эксплуатацию с дефектами. Методы неразрушающего контроля используют с учетом их чувствительности, эффективности, возможности применения.

В неразрушающий контроль входит: наружный осмотр с использованием оптических приборов; испытание аппаратов на стендах,

установках, для определения величины соответствия фактических рабочих характеристик проектным, обнаружения причин, вызвавших отклонения.

Контроль качества поверхности с применением измерительных средств и приборов; контроль формы, параметров деталей, узлов. Неразрушающий контроль качества очень результативен. Он позволяет понижать трудоемкость контрольных операций, резко повысить продуктивность работы операторов. Например, металлографический анализ структуры образца продолжается 2–3 ч, а механизированные средства контроля за 1–2 с. выявляют такие же дефекты. Использование методов неразрушающего контроля качества дает весомую экономию средств за счет отбраковки недоброкачественного металла, заготовок перед дорогостоящей автоматической обработкой.

1. РЕКТИФИКАЦИОННАЯ КОЛОННА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КАПРОЛАКТАМА

Капролактam представляет собой белые кристаллы, хорошо растворимые в воде, спирте, эфире, бензоле. При нагревании капролактam полимеризуется с образованием полиамидной смолы в присутствии небольших количеств воды, спирта, аминов, органических кислот и некоторых других соединений. Из полученного вещества получают волокно капрон. Важное свойство капролактама - способность полимеризоваться с образованием ценного полимера – поликапроамида. Основное промышленное применение капролактама - производство полиамидных (нилоновых) волокон и нитей (полиамид 6). Около 60% мирового спроса приходится на нити и волокна, 34% - потребляется в производстве конструкционных пластмасс. Остальной объем используется для изготовления упаковочных пленок и других материалов.[12]

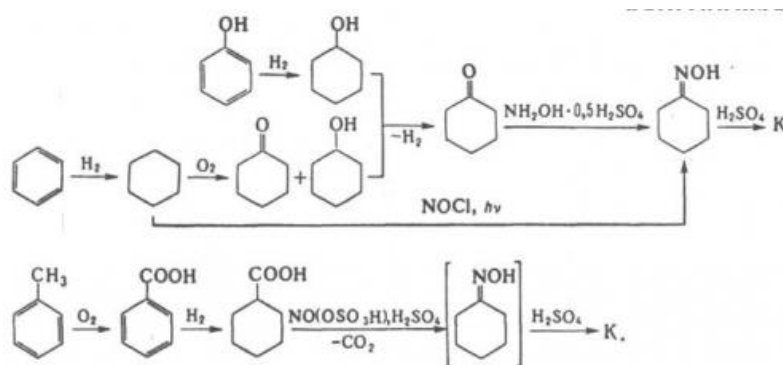


Рисунок 1. Формула капролактама

Полиамидные волокна и нити, как правило, применяются в производстве текстиля, ковровых покрытий, промышленных нитей, используемых в свою очередь для изготовления шинного корда. Кордная нить – крупнейший и наиболее быстрорастущий сегмент рынка ПА6.

ПА6 смола также является основной для производства конструкционных пластиков, используемых для производства компонентов электронной и электрической техники, автомобильных деталей. В

упаковочной отрасли применяется ориентированная полиамидная пленка, также изготовленная на основе ПА6. Небольшие объемы капролактама уходят на синтез лизина, а также в качестве агента в производстве полиуретана.

Кроме того, капролактаму применяется в производстве инженерных пластиков, полиамидных пленок. В небольших количествах капролактаму может использоваться в образовании полиуретана и синтезе лизина, жесткие текстильные подкладки, покрытия для пленок, синтетические кожи, пластификаторы, растворители для красок.

В промышленности наибольшее распространение получил метод синтеза капролактама из бензола. Технологическая схема включает гидрирование бензола в циклогексан в присутствии Pt/Al₂O₃ или никель-хромового катализатора при 250-350 и 130-220°C, соответственно. Жидкофазное окисление циклогексана в циклогексанон осуществляют при 140-160°C, 0,9-1,1 МПа в присутствии нафтената или стеарата Со. Получающийся в результате окисления циклогексанол превращают в циклогексанон путем дегидрирования на цинк-хромовых (360-400°C), цинк-железных (400°C) или медь-магниевых (260-300°C) смешанных катализаторах. Превращение в оксим проводят действием избытка водного раствора сульфата гидроксиламина в присутствии щелочи или NH₃ при 0-100°C. Завершающая стадия синтеза капролактама. - обработка циклогексаноноксида олеумом или концентрированной серной кислотой (H₂SO₄) при 60-120°C (перегруппировка Бекмана). Выход капролактама в расчете на бензол 66-68%. При фотохимическом методе синтеза капролактама из бензола циклогексан подвергают фотохимическому нитрозированию в оксим под действием NOCl при УФ облучении. Метод синтеза капролактама из фенола включает гидрирование последнего в циклогексанол в газовой фазе над Pd/Al₂O₃ при 120-140°C, 1-1,5 МПа, дегидрирование полученного продукта в циклогексанон и дальнейшую обработку как в методе синтеза из бензола. Выход 86-88%.

Одним из этапов производства капролактама является очистка его от примесей. Для этого используют ионообменную смолу. Ионообменная смола – это высокомолекулярные синтетические соединения с трехмерной гелевой и макропористой структурой, которые содержат функциональные группы кислотной или основной природы, способные к реакциям ионного обмена.

Процесс очистки капролактама происходит в ректификационной колонне.

Ректификационная колонна — цилиндрический вертикальный сосуд постоянного или переменного сечения, оснащенный внутренними тепло- и массообменными устройствами и вспомогательными узлами[21], предназначенный для разделения жидких смесей на фракции. Классическая колонна представляет собой вертикальный цилиндр, внутри которого располагаются контактные устройства — тарелки или насадки. Соответственно различают ректификационные колонны тарельчатые и насадочные. Вспомогательные узлы предназначены для ввода, распределения и аккумуляирования (сбора) жидкости и пара. Охлажденная жидкая смесь поступает из теплообменников в ректификационную колонну, где «легкие» фракции (продукты, имеющие более низкую температуру кипения) концентрируются в верхней части колонны, а «тяжелые» (продукты, имеющие более высокую температуру кипения) — в нижней.

В процессе эксплуатации корпуса аппаратов подвергаются механическому и коррозионному износу и постепенно теряют надёжность. Чтобы предотвратить выход аппарата из строя, необходим систематический надзор и уход за ним как в процессе эксплуатации, так и при ремонтах. Лишь при строгом соблюдении правил эксплуатации можно обеспечить длительную работоспособность аппарата и предупредить аварии. Каждый аппарат должен использоваться только в соответствии с его конструктивным назначением и для тех сред и параметров, на которые рассчитан металл

аппарата. Аппараты должны быть снабжены предусмотренными проектами предохранительными и защитными устройствами.

Дополнительные меры безопасности предусматриваются для массообменных аппаратов, в которых обрабатываются вещества, склонные к окислению с образованием полимерных и других высоковязких, губчатых материалов, способных закупорить трубопроводы, в результате чего давление может превысить заданное (например, при обработке диеновых и ацетиленовых углеводородов). В таких случаях общими мерами безопасности являются применение эффективных ингибиторов процессов полимеризации и поликонденсации и ведение процессов в «мягких» режимах (при низких оптимальных температурах и давлениях, под вакуумом и т.д.).

1.1 Коррозия

Одним из основных факторов, оказывающим влияние на изменение толщины стенки ректификационной колонны является коррозия.

Коррозия металлов – физико-химическое или химическое взаимодействие между металлом (сплавом) и средой, приводящее к ухудшению функциональных свойств металла (сплава), среды или включающей их технической системы[6].

Слово коррозия происходит от латинского «corrodo» – «грызу» (позднелатинское «corrosio» означает «разъедание»).

Коррозия вызывается химической реакцией металла с веществами окружающей среды, протекающей на границе металла и среды. Чаще всего это окисление металла, например, кислородом воздуха или кислотами, содержащимися в растворах, с которыми контактирует металл. Особенно подвержены этому металлы.

Когда на металл воздействуют сразу внешняя среда и механические напряжения, все коррозионные процессы активизируются, поскольку при этом понижается термическая устойчивость металла, нарушаются оксидные

пленки на поверхности металла, в местах появления трещин и неоднородностей усиливаются электрохимические процессы.

Для предотвращения разрушения колонны под действием коррозии необходимо контролировать толщину основного металла, так как при воздействии коррозии общая толщина стенки увеличивается, а основного металла уменьшается.

Контроль осуществляется в соответствии с ИТН 93 «Инструкция по техническому надзору, методам ревизии и отбраковке трубчатых печей, резервуаров, сосудов и аппаратов нефтеперерабатывающих и химических производств».[5]

На сегодняшний день на предприятии эту процедуру проводят раз в месяц при замене ионообменной смолы дефектоскопистом. Для минимизации затрат предложено создать систему контроля за толщиной основного металла.

1.2. Толщинометрия

Толщинометрию проводят с целью получения количественной характеристики, позволяющей оценить степень коррозионно-эрозионного износа оборудования, и производится для всех его несущих элементов (обечаек корпуса, днищ, горловин люков-лазов, патрубков штуцеров, крышек, заглушек). При этом толщинометрия в первую очередь производится на участках поверхности, на которых при осмотре выявлены видимые следы коррозии.

Конкретные точки замеров толщины стенки элементов аппаратов и их количество устанавливаются экспертом, выполняющим диагностирование. При отсутствии видимых следов износа обязательной толщинометрии должны подвергаться не менее трех участков поверхности на цилиндрической части корпусов и днищах сосудов (аппаратов).[5] Минимальное количество замеров на горловинах и крышках люков-лазов,

штуцерах и заглушках определяет эксперт, проводящий диагностирование. При этом на участках поверхности, на которых при осмотре выявлен значительный коррозионный износ, замер толщины стенок производится по сетке с размером квадрата, обеспечивающим надежную оценку толщины стенки на данном участке поверхности.

Результаты замеров толщины стенки на каждом участке должны оцениваться не менее чем по трем замерам.

Для измерения толщины стенки должны применяться приборы, обеспечивающие погрешность не более (плюс/минус) 0,1 мм.

Участки поверхности, на которых выполнялись замеры толщины стенки, должны быть нанесены на схему сосуда (аппарата), а минимальные из полученных на каждом участке значений приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты измерения толщин стенок элементов корпуса

Наименование элементов	Номер точки	Толщина стенки, мм	
		Первоначальная, мм	Фактическая, мм
Днище левое	1 - 4	6.0	6.1; 6.0; 5.9; 6.0
Обечайка корпуса	5 - 12	6.0	6.0; 6.1; 6.0; 6.1; 5.9; 5.8; 6.0; 6.0
	13 - 20		6.1; 6.0; 6.2; 6.3; 5.8; 5.8; 6.1; 6.0
Днище правое	21 - 24	6.0	6.0; 6.1; 5.8; 5.9
Патрубки люка и штуцеров:			
Б Ду 300	25 - 28	4.0	4.1; 3.9; 4.0; 4.0
К Ду 500	29 - 32	4.0	3.9; 3.7; 4.1; 4.0
Е Ду 55	33	2.0	1.7
Д Ду 65	34	2.0	1.8
Г Ду 200	35 - 38	4.0	4.0; 3.9; 3.6; 3.7

З ₁ Дy 65	39	2.0	2.1
З ₂ Дy 40	40	2.0	2.0

2.МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

Толщинометрия— это метод исследования толщины и целостности материалов. Существуют ультразвуковой, магнитный, механический, вихретоковый и электромагнитно-акустический методы исследования. Чтобы выбрать оптимальный метод для контроля толщины и целостности материала необходимо учесть множество факторов.

Существуют три вида задач при измерении толщины, которым соответствует три группы приборов:

I. Ручной контроль изделий с гладкими параллельными поверхностями.

II. Ручной контроль изделий с грубыми параллельными поверхностями, например, изделий, внутренняя поверхность которых поражена коррозией.

III. Автоматический контроль в потоке (обычно трубного проката).

Для ручного контроля изделий с гладкими параллельными поверхностями и автоматического контроля в потоке необходима точность измерения. При решении задач ручного контроля изделий с грубыми параллельными поверхностями требования к точности снижены, но нужна высокая чувствительность, чтобы зафиксировать рассеянное отражение от неровной противоположной поверхности. Главная трудность – в снижении минимальной измеряемой толщины, которая определяется мертвой зоной. Поэтому в толщинометрии применяют РС-преобразователи. Для приборов группы I и III минимальная измеряемая толщина составляет 0,1...0,5 мм, а приборах группы II – 0,5...1,0 мм. Мертвая зона зависит от частоты и размеров преобразователя: чем выше частота и чем меньше размеры преобразователя, тем меньше мертвая зона. Максимальная толщина контролируемых изделий физическими причинами не ограничивается, кроме большого затухания ультразвука в некоторых материалах (чугуны,

высоколегированные стали, полимеры и др.). Обычно она составляет 200...1000 мм. Ограничивающими факторами также являются большая неровность поверхностей контролируемого изделия, их непараллельность и кривизна поверхности ввода. В некоторых современных толщиномерах для снижения ошибки измерения, указанными причинами, имеется возможность переключения частоты измерения. Обычно показания усредняются по 4 измерениям в секунду, но можно провести измерение (особенно в условиях высоких температур) на повышенной частоте – 20 измерений в секунду. Следует также помнить, что точность измерения сильно зависит от состояния контактной и донной (отражающей) поверхностей изделия, толщины и вязкости контактной жидкости.[6]

Дефектоскоп - устройство, позволяющие выявить дефекты в изделиях из различных металлических и неметаллических материалов без их разрушения. Дефектоскопия необходима, так как любая трещина, раковина в глубине или любой другой дефект может привести к аварии.

Самым простым и доступным методом дефектоскопии является визуальный контроль изделия или с помощью оптических приборов. Этот метод неразрушающего контроля материалов и изделий используется с целью обнаружить скрытые дефекты, или визуальный контроль изделия невооруженным глазом или с помощью оптических приборов. Но таким путем в непрозрачных предметах удастся обнаружить только поверхностные дефекты. Минимальный размер дефекта, обнаруживаемого невооруженным глазом, равен 0,1—0,2 мм, а с оптической системой - несколькими микрометрами. Чтобы увидеть дефект в глубине материала, прибегают различного рода проникающим излучениям: рентгеновским и гамма-лучам, нейтронам.

Широкое распространение получила ультразвуковая дефектоскопия. Наиболее известен эхо-метод, в какой-то мере аналогичный обнаружению объектов с помощью радиолокатора. Применяется также теневой метод, основанный на том же принципе, что и рентгенодефектоскопия. В

капиллярной дефектоскопии искусственно повышается световой или цветовой контраст между дефектным и неповрежденным участком. Для этого на поверхность изделия наносят люминесцирующее вещество, которое засасывается капиллярами в трещины и другие повреждения поверхности и делает их легко обнаружимыми. Этот метод называют люминесцентной, а иногда и цветной дефектоскопией. С его помощью выявляют дефекты размерами до 0,02 мм. Существуют и другие менее распространенные методы дефектоскопии[9]. К сожалению, ни один из методов не является универсальным, пригодным на все случаи. Каждый вид дефектоскопии имеет свою область применения.

Дефектоскопия на производстве не только помогает обнаружить ненадежные и недолговечные изделия, но и приносит большой экономический эффект, так как избавляет от ненужной обработки деталей со скрытыми дефектами.

Основными методами, для дефектоскопии толщины основного металла являются радиационный, ультразвуковой и вихретоковый методы.

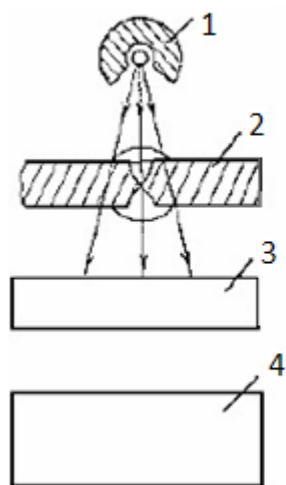
2.1. Радиационный метод

При радиационном контроле используют, как минимум, три основных элемента:

- источник ионизирующего излучения;
- контролируемый объект;
- детектор, регистрирующий дефектоскопическую информацию.

При прохождении через изделие ионизирующее излучение ослабляется - поглощается и рассеивается (рис. 1.1). Степень ослабления зависит от толщины, плотности и атомного номера материала контролируемого объекта, а также от интенсивности и энергии излучения.

При наличии в веществе дефектов изменяются интенсивность и энергия пучка излучения [19].



- 1 – источник излучения;
2 – объект контроля;
3 – детектор (приёмник) излучения;
4 – средство расшифровки результатов и их оценки.

Рисунок 2. Схема прохождения лучей

Методы радиационного контроля различаются способами детектирования дефектоскопической информации и соответственно делятся на:

- радиографические;
- радиоскопические;
- радиометрические

Радиографические методы радиационного неразрушающего контроля. Основаны на преобразовании радиационного изображения контролируемого объекта в радиографический снимок или запись этого изображения на запоминающем устройстве с последующим преобразованием в световое изображение. На практике этот метод наиболее широко распространен в связи с его простотой и документным подтверждением получаемых результатов.

В зависимости от используемых детекторов различают:

- Пленочную радиографию;
- ксерорадиографию (электрорадиографию)

В первом случае детектором скрытого изображения и регистратором статического видимого изображения служит фоточувствительная пленка, во

втором - полупроводниковая пластина, а в качестве регистратора используют обычную бумагу.

Радиационная интроскопия – это метод неразрушающего контроля, основанный на преобразовании радиационного изображения контролируемого объекта в световое изображение на выходном экране радиационно-оптического преобразователя, причем анализ полученного изображения проводится в процессе контроля.

Чувствительность этого метода несколько меньше, чем радиографии, но его преимуществами являются повышенная достоверность получаемых результатов благодаря возможности стереоскопического видения дефектов и рассмотрения изделий под разными углами, "экспрессность" и непрерывность контроля.

Радиометрическая дефектоскопия - метод получения информации о внутреннем состоянии контролируемого изделия, просвечиваемого ионизирующим излучением, в виде электрических сигналов (различной величины, длительности или количества).

Этот метод обеспечивает наибольшие возможности автоматизации процесса контроля и осуществления автоматической обратной связи контроля и технологического процесса изготовления изделия. Преимуществом метода является возможность проведения непрерывного высокопроизводительного контроля качества изделия, обусловленная высоким быстродействием применения аппаратуры. По чувствительности этот метод не уступает радиографии [3].

2.2 Ультразвуковой метод

Звук, сгенерированный выше области слышимости человека (примерно 20 кГц), называется ультразвуком. Тем не менее, диапазон частот для ультразвуковой дефектоскопии и толщинометрии составляет от 200 кГц до 100 МГц. Ультразвуковые колебания распространяются в виде волн, но в

отличие от световых волн, которые могут распространяться в вакууме, ультразвук требует наличия упругой среды, например, жидкости или твердых веществ. Количество полных колебаний в единицу времени называется частота (f) и измеряется в Герцах (Гц). При одном полном колебании в секунду частота равна 1 Гц, при 1000 колебаний в секунду – 1 килогерцу (1 кГц), одном миллионе колебаний в секунду – 1 мегагерцу (1 МГц). Время завершения полного колебания – период (T) измеряется в секундах. Отношение между частотой и периодом в непрерывной волне выражено уравнением: $f = 1/T$. При увеличении частоты длина волны ультразвуковых колебаний уменьшается. Поэтому ультразвуковые волны могут отражаться от более маленьких поверхностей, таких как дефекты в материалах. Это позволяет использовать ультразвук для поиска дефектов с очень малыми размерами. Скорость ультразвука (C) для упругого материала при данной температуре и внутренних напряжениях является его константой[4].

Ультразвуковая дефектоскопия - метод, предложенный С. Я. Соколовым в 1928 году и основанный на исследовании процесса распространения ультразвуковых колебаний с частотой 0,5 - 25 МГц в контролируемых изделиях с помощью специального оборудования - ультразвукового дефектоскопа.

Ультразвуковой волной называется процесс распространения упругих колебаний ультразвуковой частоты в материальной среде.

Направление, в котором распространяется максимум энергии волнового процесса, называется лучом.

Продольной волной называется такая волна, в которой колебательное движение отдельных частиц происходит в том же направлении, в котором распространяется волна.

Сдвиговой (поперечной) называют такую волну, в которой отдельные частицы колеблются в направлении, перпендикулярном направлению распространения волны.

Поверхностными волнами (волнами Рэлея) называют упругие волны, распространяющиеся вдоль свободной (или слабо нагруженной) границы твердого тела и быстро затухающие с глубиной.

В зависимости от геометрической формы фронта различают следующие виды волн: сферическая, цилиндрическая, плоская [20].

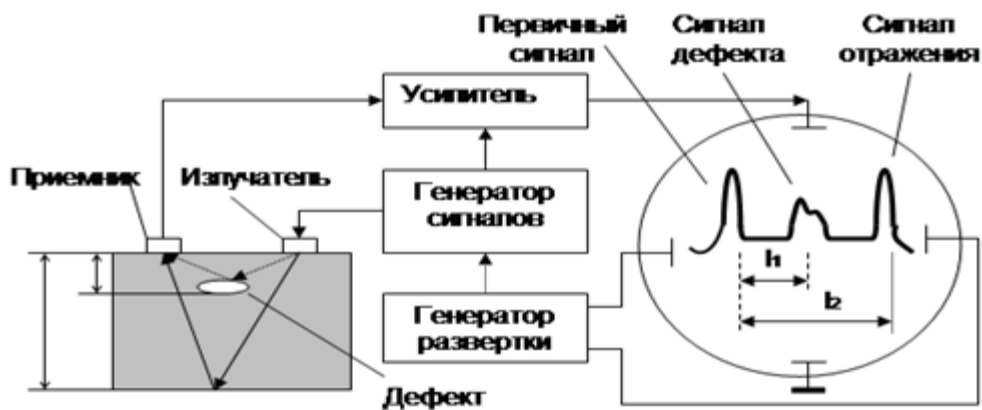


Рисунок 3. Схема определения скрытых дефектов ультразвуковым просвечиванием

Ультразвуковой метод неразрушающего контроля применяют для контроля металла, полиэтилена, бетона, сварных соединений, литых заготовок и стального литья, теплотрасс, водопроводов, газопроводов, качества котлов, сварных стыков рельс, труб, поковок и другие. Ультразвуковой контроль труб и трубопроводов является эффективным неразрушающим методом контроля качества трубопроводов, диагностики дефектов труб, водопроводов и теплотрасс без вывода их из эксплуатации. Ультразвуковой метод контроля качества трубопроводов позволяет выполнять весь комплекс работ по ультразвуковой диагностике трубопроводов, выявлять слабые места сварных швов, внутреннюю коррозию труб теплотрасс и водопроводов. При использовании этого метода исключаются традиционные погрешности, а также погрешности, обусловленные объемным распределением электромагнитно-динамических сил в поверхностном слое объекта контроля. Своевременное и плановое устранение разрушающихся участков трубопроводов позволит сэкономить на ремонте в чрезвычайных обстоятельствах. Ультразвуковые толщинометры

измеряют время прохождения импульса от излучателя до противоположной поверхности объекта контроля и обратно к преобразователю. Для проведения таких измерений доступ к противоположной поверхности объекта контроля не требуется. Благодаря этому, если противоположная поверхность объекта контроля является труднодоступной или полностью недоступной, необходимость разрезать объект контроля, что требуется при использовании микрометра или штангенциркуля, отсутствует.[2]

На заводах нефтяной, химической и других отраслях промышленности ультразвуковой метод исследования является самым востребованным. Ультразвуковой метод применяют для измерения толщины плакирующего слоя биметаллов, штампованных днищ, изделий сложной конфигурации, например блоков компрессоров и т.д. Часто возникает необходимость измерить отдельные детали, подверженные износу вследствие технологического процесса. Конструктивные особенности многих таких деталей не позволяют измерить их обычными способами, поскольку, зачастую, доступ к внутренней стороне изделия затруднен или невозможен. Бывает необходимо определить размеры деталей без их демонтажа из узлов оборудования (шпильки, фланцы, оболочки аппаратов и др.).

2.3 Вихретоковый метод контроля

Вихретоковый контроль позволяет обнаруживать как поверхностные, так и подповерхностные (залегающие на глубине 1–4 мм) дефекты. Его применяют только для контроля объектов из электропроводящих материалов. Контроль вихревыми токами можно выполнять без непосредственного механического контакта преобразователей с объектом, что позволяет вести контроль при взаимном перемещении преобразователя и объекта с большой скоростью[1].

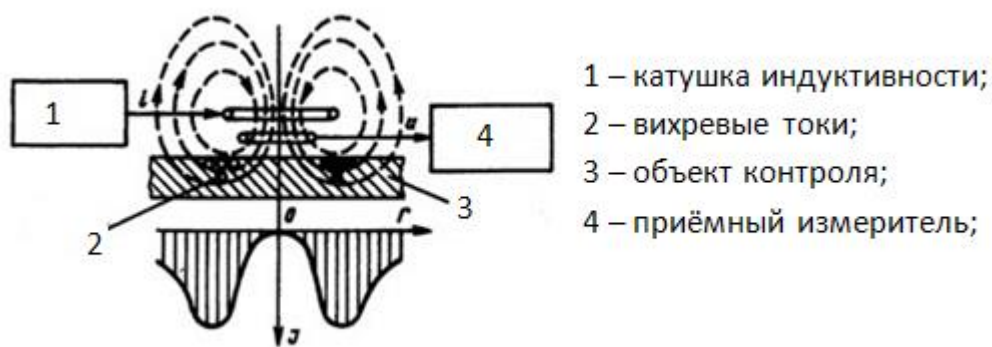


Рисунок 4. Вихретоковый метод прохождения.

Объектами контроля являются основной металл, сварные соединения конструкций, а также детали. Вихретоковым контролем могут быть выявлены: ковочные, штамповочные, шлифовочные трещины, надрывы в элементах конструкций и деталях; волосовины, неметаллические включения, поры в поковках и прокате; трещины, возникшие в элементах конструкций и деталях при эксплуатации машин.

Вихретоковым методом не могут быть проконтролированы элементы конструкций и детали: с резкими изменениями магнитных или электрических свойств; с дефектами, плоскости раскрытия которых параллельны контролируемой поверхности или составляют с ней угол менее 10° ; сварные швы без снятого усиления[10].

При вихретоковом контроле не обнаруживаются дефекты в элементах конструкций и деталях: с поверхностями, на которые нанесены электропроводящие защитные покрытия, если дефект не выходит на поверхность покрытия; с поверхностями, покрытыми коррозией.

Выявляемость дефекта при прочих равных условиях зависит от его типа. Наилучшим образом выявляются дефекты типа усталостных трещин, ориентированные перпендикулярно контролируемой поверхности. Ширина раскрытия усталостных трещин в определенных пределах не влияет на их выявляемость (20–30 мкм), однако выявляемость очень плотных трещин резко уменьшается. Такое явление, например, характерно для закалочных трещин. Риски и надрезы по сравнению с усталостными трещинами, как

правило, выявляются хуже. Заполнение полости дефекта грязью, нагаром, неэлектропроводящими окислами и т. п. не приводит к снижению их выявляемости.

Вихретоковый контроль наиболее эффективен при контроле немагнитных материалов. Возможность контроля ферромагнитных материалов и деталей из них определяется однородностью магнитных свойств, наличием локальных магнитных полюсов. Наличие локального изменения магнитных свойств материала детали может вызвать ложное срабатывание вихретокового дефектоскопа. Наличие на контролируемой поверхности зон структурной неоднородности, приводящих к изменению электропроводности, вызывает расстройку дефектоскопа. Увеличение электропроводности снижает чувствительность, уменьшение электропроводности вызывает эффект, аналогичный влиянию дефекта. Наличие на контролируемой поверхности значительных остаточных макронапряжений, возникающих в результате поверхностного упрочнения детали или под действием сжимающих остаточных напряжений, приводит к сжатию полостей трещин и других дефектов и к снижению их выявляемости. Максимальная чувствительность вихретокового вида контроля может быть достигнута при контроле деталей с шероховатостью поверхности не более Rz20. Возможность и целесообразность контроля деталей с грубой поверхностью должна определяться в каждом конкретном случае специалистами по вихретоковому контролю [5].

Таблица 2. Обзор методов.

Вид метода	Достоинства	Недостатки
Радиационный	Внутренние дефекты сварных соединений (трещины, непровары, поры, шлаковые включения)	Низкое выявление поверхностных дефектов Не позволяет выявлять включения и поры с

	Документное подтверждение получаемых результатов	диаметром поперечного сечения, трещины и непровары с плоскостью раскрытия не совпадающей с направлением просвечивания Необходимо обеспечение радиационной безопасности персонала
Ультразвуковой	Подходит для неразрушающего контроля изделий как из металлов, так и неметаллов Позволяет выявлять все виды дефектов в основном материале, сварных швах, околошовных зонах Высокая скорость, производительность контроля при низкой стоимости и безопасности для человека Мобильность	Поверхность объекта должна быть подготовлена для введения ультразвука, а в случае сварных соединений - необходима подготовка и направлений шероховатости (они должны быть перпендикулярными шву) Необходимо применение контактных жидкостей Применение «притертых» преобразователей (с радиусом кривизны подошвы R, равным 0,9-1,1 R радиуса контролируемого объекта), не пригодных в таком виде для диагностики плоских поверхностей Приборы данного метода

		неразрушающего контроля не позволяют ответить на вопрос о размерах обнаруженного дефекта, измеряя лишь его отражательную способность в направлении приемника (в то время как данная величина коррелирует не для всех видов дефектов)
Вихретоковый	Обнаруживает поверхностные и подповерхностные (глубина -1 – 4 мм) дефекты	Предполагает необходимость контакта с объектом Жесткие требования к чистоте поверхности объекта Сложность автоматизации процесса неразрушающего контроля Зависимость корректности результатов измерений от состояния окружающей среды

На основе обзора методов измерения толщины для осуществления контроля толщины стенки основного металла выбран наиболее подходящий метод толщинометрии – ультразвуковой.

Данный метод позволяет осуществлять измерение толщины стенки ректификационной колонны в необходимом диапазоне (3-3,5 см), в одностороннем доступе. Кроме того этот метод безопасен для здоровья работников и окружающей среды; не требует дополнительного.

Влияние внешних факторов легко скорректировать. Поэтому данный метод является наиболее подходящим для решения поставленной задачи.

3.ОБЗОР ДАТЧИКОВ

Для ультразвуковой дефектоскопии применяются первичные пьезоэлектрические преобразователи (ПЭП).

Первичный пьезоэлектрический преобразователь (ПЭП) – это устройство, предназначенное для преобразования акустического сигнала в электрический и обратно, основанное на применении прямого и обратного пьезоэлектрических эффектов и применяемое для работы в составе средств неразрушающего контроля.

Их классифицируют по способу создания акустического контакта с изделием; способу включения пьезоэлементов в электрическую схему дефектоскопа и расположению электрода относительно пьезоэлемента; по ориентации акустической оси относительно поверхности изделия; характеристикам направленности акустического поля; ширине полосы рабочих частот, числу пьезоэлементов, динамике сканирования в плоскости падения[15].

С позиций ширины полосы рабочих частот выделяют узкополосные ПЭП, у которых ширина полосы меньше одной октавы, и широкополосные, у которых ширина полосы пропускания больше одной октавы (отношение максимальной и минимальной частот на уровне 0,5 больше двух).

Число пьезоэлементов в ПЭП также является классификационным признаком (одно-, двух- и многоэлементные). Обычно многоэлементные ПЭП называются акустическими системами, или матрицами. К последним также относятся мозаичные ПЭП в виде фазоуправляемых решеток, формирующих заданную направленность акустического поля за счет последовательного возбуждения пьезоэлементов по выбранному временному закону.

По способу расположения электрода относительно пьезоэлемента различают ПЭП с контактным электродом и бесконтактным (разнесенным). В

последнем случае возбуждение пьезоэлемента осуществляется через зазор, заполненный диэлектриком.

По динамике сканирования выделяют ПЭП и акустические системы с фиксированным и переменным углом ввода (качающийся луч), регулируемым автоматически или вручную.

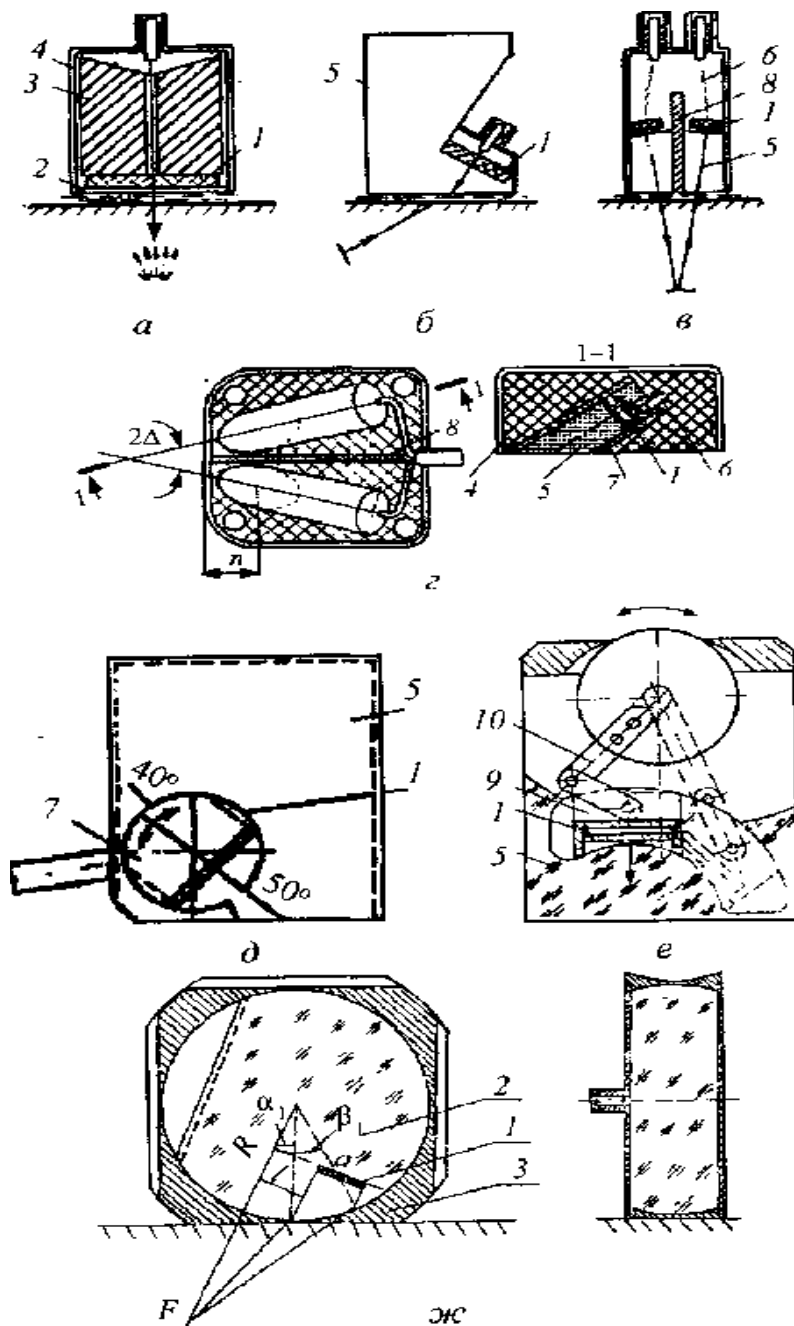


Рисунок 5. Конструкция основных типов УЗ-преобразователей: а - прямой; б - наклонный ИЦ-1; в - раздельно-совмещенный; г- «дуэт» (МГТУ им. Н.Э. Баумана); д - ИЦ-52 с поворотной вставкой (ЦНИИТМАШ); е - с постоянной точкой ввода (ЦНИИТМАШ); ж - ИЦ-13 с фокусировкой (ЦНИИТМАШ)

1 - пьезоэлемент; 2 - протектор; 3 - демпфер; 4 - корпус; 5 - призма; 6 - высокочастотный кабель; 7 - вставка; 8 - электроакустический экран; 9 - ползун; 10 - рычажно-шарнирный механизм

3.1 Классификация пьезоэлектрических преобразователей.

Все пьезоэлектрические преобразователи можно классифицировать на типы по следующим принципам:

- ✓ по углу ввода:
- ✓ прямой;
- ✓ наклонный;
- ✓ по конструкции:
- ✓ совмещенный;
- ✓ раздельно-совмещенный;
- ✓ по типу ввода:
- ✓ контактный;
- ✓ безконтактный.

3.1.1 Раздельно-совмещенные преобразователи

Раздельно-совмещенный преобразователь (РС-преобразователь) состоит из элементов в едином корпусе. Один пьезоэлемент является



Рисунок 6. РС-преобразователь.

излучателем ультразвука, а другой – приемником (Рисунок 6). Эти два элемента разделены между собой перегородкой и имеют временную задержку. Для создания сфокусированного ультразвукового луча элементы располагаются под углом друг к другу. Такая конфигурация обеспечивает лучшее разрешение вблизи наружной поверхности, а также дает возможность проведения контроля на поверхностях с высокой шероховатостью и при контроле внутренних поверхностей, подвергнутых воздействию коррозии.[18] Кроме того, наличие пересекающегося луча обеспечивает возникновение псевдо-фокуса, который усиливает чувствительность измерений при наличии сплошной и язвенной коррозии.

3.1.2 Совмещенные преобразователи.

Совмещенный преобразователь (С-преобразователь) имеет один пьезоэлемент, который может в режиме временной задержки работать как излучатель ультразвука, так и приемник (Рисунок7). С-преобразователи



Рисунок 7. С-преобразователи.

позволяют проводить контроль продольными, поперечными волнами и их комбинацией. Современный преобразователь поперечных волн (СП-преобразователь) является уникальным, так как позволяет вводить в контролируемый объект сдвиговые (поперечные) волны без использования

наклонных призм. СП-преобразователи служат не только для поведения контроля, но и в исследованиях, связанных с измерением скорости поперечных волн, определения коэффициента Пуассона, модулей упругости и сдвига, изучения структуры зернистых материалов.

3.1.3 Наклонные преобразователи.

Принципы работы наклонных преобразователей основан на использовании преломления и преобразования продольной волны при ее падении на границу раздела двух сред с различными акустическими свойствами (Рисунок 8). При этом в исследуемом материале в зависимости от угла ввода акустического луча возникают продольные, поперечные или поверхностные волны.



Рисунок 8. Наклонные преобразователи.

Наклонные преобразователи используются для поиска и измерения дефектов, ориентированных на параллельно контролируемой поверхности. Большинство методов ультразвукового контроля основано на использовании преломленных поперечных волн. Однако крупнозернистые материалы, такие как чугун и аустенитные стали лучше всего контролировать продольными волнами или использовать специальные наклонные преобразователи.

Для наших целей лучше всего использовать прямой раздельно-совмещенный преобразователь П112-2,5-10/2-А-0,1.



Рисунок 9. ПЭП 112-2,5-10/2-А-0,1

Этот датчик предназначен для измерения остаточной толщины стенок металлических и неметаллических изделий при изготовлении, эксплуатации и ремонте.

Отличительные особенности:

призмы из износостойкой пластмассы;

хороший акустический контакт на шероховатых поверхностях;

Основные технические характеристики:

эффективная частота – 2,5; 5; 10 МГц;

при кратковременном контакте (до 10 секунд) возможны измерения на объектах с температурой до 120°C;

тип разъемов – Lemo 00.250/CP-50-74/BNC на встроенном кабеле длиной 2 м; максимальное значение шероховатости поверхности контроля – 160 Rz..

Размещение датчиков[17]. Датчики расположены на колонне группами по 10штук. Всего на колонну необходимо 30 датчиков. В качестве контактного средства, используется цитатим.

4.ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СХЕМЫ

Схема системы представляет собой систему из 30 датчиков, которые закреплены на ректификационной колонне с помощью резинового фиксатора, далее идут соединительные коробки, так как экранированные провода датчика дорогие, а расстояние между колонной и рабочим местом оператора около 10 метров. Затем сигнал поступает в модуль обработки сигнала, где сигнал усиливается, переводится в цифровой код и визуализируется на ПК.

На функциональной схеме более подробно рассмотрен принцип действия прибора:

Генератор подает высокочастотный сигнал на первичный пьезоэлектрический преобразователь, он проходит через стенку колонны, отражается от ее обратной стороны и идет обратно в первичный преобразователь. Затем сигнал поступает на усилитель, так как после прохождения через толщину стенки, сигнал стал слабее. После усиления сигнал проходит в АЦП, где после оцифровки он в микроконтроллер. В микроконтроллере происходит вычисление время прохождения сигнала с момента его генерации до момента поступления на усилитель. Результат вычисления поступает на персональный компьютер оператора, где он наблюдает результат измерения.

4.1. Выбор АЦП

Для наших целей подходит АЦП Max 197.

ИС MAX197 является мультидиапазонной, 12-тиразрядной системой сбора данных (DAS), с униполярным питанием +5В, и возможностью работы с входными сигналами, превышающими, как уровень шины питания, так и с уровнями сигналов ниже уровня корпуса. Данная система имеет 8 каналов аналоговых входов, которые могут независимо программироваться для

работы в разных диапазонах входных напряжений: $\pm 10\text{В}$, $\pm 5\text{ В}$, от 0 В до $+10\text{ В}$, или от 0 В до $+5\text{ В}$. Это повышает эффективный динамический диапазон до 14 разрядов, и обеспечивает гибкость в использовании, при подключении сенсоров с питанием 4 мА - 20 мА , $\pm 12\text{ В}$, и $\pm 15\text{В}$, в системе с униполярным питанием $+5\text{ В}$. Дополнительно, конвертер не чувствителен к перегрузке напряжениями до $\pm 16.5\text{ В}$; режим ошибки на любом из каналов не влияет на результат преобразования выбранного канала. Другие функции включают: 5 МГц полосу пропускания системы фиксации Track/Hold, пропускную способность 100 kbps , программируемый выбор внешнего/внутреннего генератора и системы ввода данных, $8 + 4$ параллельный интерфейс, и использование встроенного 4.096 В или внешнего источника опорного напряжения.[15]

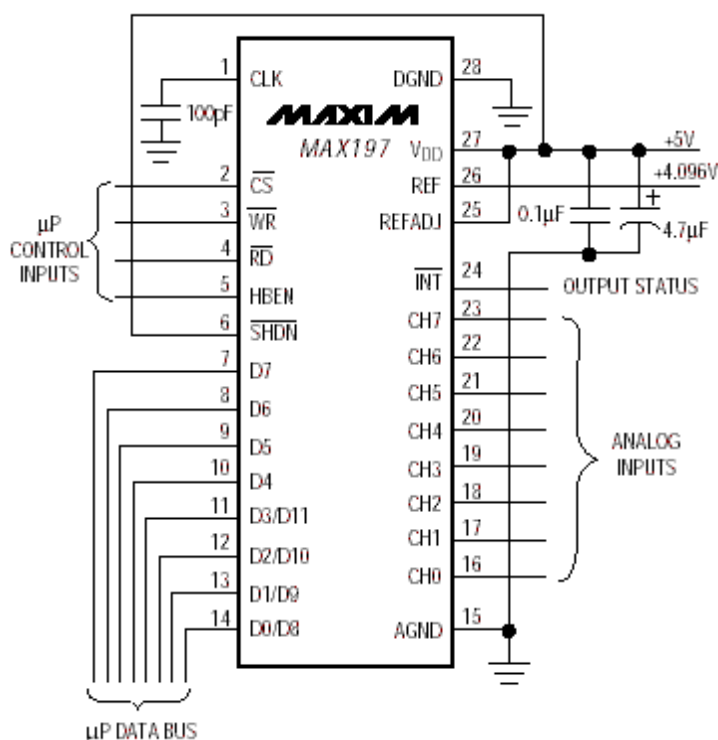


Рисунок 10. Типовая схема включения АЦП MAX197

ИС MAX197 имеет стандартный микропроцессорный интерфейс. Порты ввода/вывода данных с тремя состояниями имеют конфигурацию для работы с 8-и разрядными шинами данных. Тайминги запроса и освобождения

шины данных совместимы с большинством популярных микропроцессоров. Все логические входы и выходы ИС совместимы с уровнями TTL/CMOS.

ИС MAX197 выпускается в корпусах 28- pinDIP, wideSO, SSOP, и в керамическом SB.

4.2. Выбор микроконтроллера

Был выбран микроконтроллер Atmega 16 (Рисунок 11), который обладает следующими функциями:

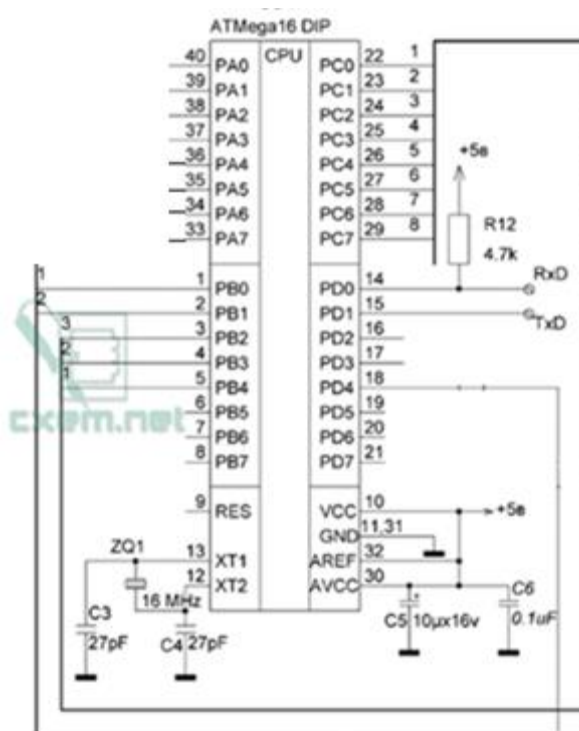


Рисунок 11. Типовая схема включения микроконтроллера Atmega 16

Микроконтроллер имеет гарвардскую архитектуру, в которой программа и данные содержатся в разных адресных пространствах;

Система команд содержит 130 инструкций, большинство которых выполняется за один машинный цикл;

Единый 16-разрядный формат команд.

Производительность 16 MIPS на частоте 16 МГц, наличие аппаратного умножителя;

16 Кбайт Flash ПЗУ программ, с возможностью до 1000 циклов стирания/записи;

512 байт ЭСППЗУ (EEPROM) данных, с возможностью до 100000 циклов стирания/записи;

1 Кбайт оперативной памяти (SRAM);

Два 8-разрядных таймера/счетчика с предварительным делителем частоты и режимом сравнения;

16-разрядный таймер/счетчик с предварительным делителем частоты, режимом сравнения и режимом внешнего события;

сторожевой таймер WDT;

четыре канала генерации выходных ШИМ-сигналов;

аналоговый компаратор;

8-канальный 10-разрядный АЦП как с несимметричными, так и с дифференциальными входами;

полнодуплексный универсальный синхронный/асинхронный приемопередатчик USART;

последовательный синхронный интерфейс SPI, используемый также для программирования Flash-памяти программ;

последовательный двухпроводный интерфейс TWI (аналог I2C)

32 программируемые линии ввода/вывода с уровнями ТТЛ; на эти линии выведена также поддержка периферийных функций;

напряжения питания 2.7 ... 5.5 В.

4.3. Генератор

В качестве генератора использовали кварцевый генератор, который вырабатывает необходимый нам сигнал. Кварцевый генератор выполнен в корпусе DIL-8.



Рисунок 12. Кварцевый генератор

Рабочая частота 2,5 МГц, напряжение питания $5\text{ В} \pm 0,5\text{ В}$, рабочая температура $-40\dots+85^{\circ}\text{C}$.

5. КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5.1 Общие технические требования к ПП

Изготовление ПП должно производиться согласно всем требованиям чертежа и технических условий. К ПП предъявляются следующие требования:

Поверхность ПП не должна иметь пузырей, вздутий, посторонних включений, трещин и расслоений материала основания, снижающих электрическое сопротивление и прочность изоляции. Материал основания ПП должен быть таким, чтобы при обработке (сверление, штамповка, распиловка), не образовывались трещины, отслоения и другие неблагоприятные явления, влияющие на эксплуатационные свойства, а также на электрические параметры плат.

Ширина печатных проводников и расстояние между ними устанавливаются требованиями чертежа. Печатные проводники должны быть с ровными краями. Цвет медного проводника может быть от светло-розового до темно - розового. Для повышения качества и надёжности проводников часто применяются гальванические покрытия, которые обеспечивают защиту проводников от коррозии, увеличивают сопротивление механическому износу, позволяют повысить предельно допустимые токи в схеме. На печатных проводниках недопустимы механические повреждения.

Толщина ПП также ограничена. В соответствии с международными требованиями номинальными толщинами ПП являются следующие: 0.2; 0.5; 0.8; 1.6; 2.4; 3.2; 6.4 мм. Величина допуска на толщину платы определяется чертежом. Прочность сцепления печатных проводников с основанием ПП определяет качество и надёжность печатной схемы ПП, предназначенные для установки радиоэлементов с гибкими выводами (резисторы, конденсаторы и т.п.), должны выдерживать не менее 5 одиночных перепаек, а ПП,

предназначенные для установки многовыводных элементов (микросхемы и т.п.), - не менее 3 перепаек. Устойчивость при механических воздействиях и прочность ПП обеспечивается конструкцией узла или блока.

5.2. Расчет конструктивных и электрических параметров печатной платы

Основной целью процесса конструирования является создание коммутационного устройства для объединения группы радиоэлементов в функциональный узел с обеспечением требуемых механических и электрических параметров в заданном диапазоне эксплуатационных характеристик при минимальных затратах. Для этого необходимо: выбрать тип печатной платы, определить класс точности, установить габаритные размеры и конфигурацию, выбрать материал основания для печатной платы, разместить навесные элементы, определить размеры элементов рисунка, разместить их на плате и осуществить трассировку, обеспечить автоматизацию процессов изготовления и контроля платы и процесса сбора, изготовить конструкторскую документацию. Размеры платы выбираются на основании некоторых конструктивных расчетов. Согласно ГОСТ 10317-79 «Платы печатные. Основные размеры» размеры каждой стороны ПП должны быть кратными:

- 2.5 при длине до 100 мм;
- 5.0 - 350 мм;
- 10.0 - более 350 мм.

Максимальный размер любой из сторон должен быть не более 470 мм. Допуски на линейные размеры платы должны соответствовать установленным стандартами ГОСТ 25346-82 и ГОСТ 25347-82. Стандарт ГОСТ 23751-86 устанавливает 5 классов точности ПП. Исходя из этого положения выбираем 3-й класс точности для изготовления нашей платы (ПП с микросборками и микросхемами, имеющими штыревые и планарные

выводы при средней и высокой насыщенности поверхности ПП навесными элементами).

При компоновке элементов на плоских печатных платах оперируют понятием установочной площади элемента, которую для большинства элементов вычисляют по формуле:

$$S_{\text{уст}} = 1.25 \cdot B \cdot L,$$

где B - ширина элемента;

L - длина элемента.

При определении полной площади платы вводят коэффициент ее увеличения, равный 2-3. В результате полная площадь будет в 2-3 раза больше суммы установленных на ней элементов.

Все электрические соединения на плате выполнены пайкой, обеспечивающей достаточное механическое крепление элементов и хорошее электрическое соединение выводов элементов с проводниками плат. Микросхемы устанавливаются на плате с учетом некоторых требований: учет электрических связей между микросхемами и другими элементами схемы; получение требуемой плотности компоновки монтажа; возможность замены микросхемы при изготовлении и настройке устройства[12].

Рекомендуется разрабатывать печатные платы с соотношением сторон не более 3:1. Разработанная плата с размерами 160x140 мм удовлетворяет ГОСТ 4.010.020-83, ограничивающего ГОСТ 10317-79.

Толщина печатной платы определяется исходным материалом, используемой элементной базой и воздействующими механическими нагрузками. В данном устройстве толщина печатной платы была выбрана равной 1.6 мм. Все монтажные отверстия располагают в зоне контактных площадок. Металлизированные отверстия должны иметь контактные площадки с двух сторон печатной платы. Контактные площадки должны быть круглой формы, а предназначенные под установку первого вывода микросхем должны иметь квадратную форму. Диаметры отверстий были

выбраны равными 3,6 мм. Рассчитаем ширину печатных проводников платы. Выберем ширину проводников 0.9 мм. Чтобы нагрев печатного проводника не выходил за пределы допустимого необходимо выполнение неравенства:

$$b \geq \frac{I_{max}}{i \cdot h}, \quad (23)$$

где I_{max} - максимальное значение тока, А;

i - допустимая плотность тока, А/мм (в нашем случае равна 25 А / мм²);

h - толщина проводника, мм (в нашем случае равна 0.15 мм).

Проверим выполнение неравенства: $0.2 / (25 \cdot 0.15) = 0.053$. То есть $b = 0.9$ больше 0.005 - неравенство выполняется. Значит, нагрев печатного проводника не будет выше допустимого. С другой стороны ширина печатного проводника должна быть такой, чтобы допустимое падение напряжения на нём не превышало 1-2% номинального рабочего напряжения. Должно быть выполнено условие:

$$b \geq (50 \div 100) \cdot \frac{P \cdot l \cdot I_{max}}{h \cdot U_{ном}}, \quad (24)$$

где l - длина печатного проводника, м;

P - удельная электропроводность меди, Ом/м² ;

$U_{ном}$ - номинальное рабочее напряжение.

Проверим это неравенство: $0.01 \cdot (75 \cdot 0.2 \cdot (15 \cdot 0.2) / (0.15 \cdot 15)) = 0.2$. То есть $b=0.9$ больше 0.2 - неравенство выполняется. Следовательно, допустимое падение напряжения не будет превышать допустимого, и выбранная ширина печатных проводников удовлетворяет нашим требованиям.

5.3 Технология изготовления платы

Разработанная плата имеет размеры 23x80 мм и изготовлена из стеклотекстолита СФ ГОСТ 10316-78.

Разводка платы выполнялась при помощи программы Р-CAD. Плата изготовлена химическим комбинированным методом.

Технология изготовления платы следующая:

1. Изготовление заготовок:

- а) нарезка гильотинными ножницами,
- б) зачистка заготовок,
- в) сверление отверстий.

2. Подготовка поверхности заготовок:

- а) окунание в раствор (1%) щавелевой кислоты,
- б) очистка поверхности,
- в) обезжиривание поверхности,
- г) промывка и сушка.

3. Нанесение эмульсии:

- а) равномерное распределение эмульсии,
- б) сушка в центрифуге.

4. Получение рисунка схемы на плате:

- а) экспонированное,
- б) проявление изображения в воде,
- в) окрашивание метилофиолете,
- г) химическое задубливание промывка,
- д) сушка на воздухе, ретуширование,
- е) термическое задубливание.

5. Получение схемы платы:

- а) травление фольги,
- б) промывка и сушка заготовок,
- в) снятие ретуши и эмульсии,
- г) промывка,
- д) чистка электрокорцундом,
- е) промывка и сушка на воздухе,
- ж) удаление непротравленных мест.

6. Подготовка платы к металлизации:

- а) лакирование,

7. Металлизация платы:

- а) обезжиривание и сушка на воздухе,
- б) обработка платы в растворе двухлористого олова,
- в) промывка и сушка, химическое меднение,
- г) чистка наждаком.

5.4 Общие положения при монтаже ПП

Механический монтаж ПП производят в такой последовательности, чтобы при креплении деталей не были повреждены установленные ранее. Предназначенные для прибора детали должны быть обязательно проверены. Лучше устанавливать в прибор те детали, которые были испытаны на макете. Выводы деталей не должны быть слишком короткими, во избежание перегрева при пайке.

В целом, конструкция электронного блока отвечает конструктивно-технологическим требованиям, эксплуатационным и экономическим требованиям, оптимальное сочетание которых обеспечивает важнейшие характеристики устройства: надёжность, быструю сборку и разборку, доступность к элементам схемы, удобство обслуживания, хорошую ремонтпригодность. При его эксплуатации оператору не требуется специальной подготовки, достаточно изучение инструкций и правил техники безопасности.

В приложении В представлен чертеж печатной платы.

6. РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ

Повышение надежности радиоэлектронной аппаратуры является одной из важнейших проблем радиоэлектроники и измерительной техники.

Надежность – одно из важнейших свойств изделий, которая определяет их эксплуатационную пригодность. Основными техническими параметрами изделия, являются именно показатели надежности, так же как и точность, массогабаритные характеристики и т.д.

Надежность – это свойство объекта сохранять значения всех параметров, в установленных пределах времени, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования в соответствии с ГОСТ 27.002-89.

Критериями надежности являются признаки, оценивающие надежность технического устройства. Основными критериями надежности являются:

- сохраняемость;
- безотказность;
- долговечность;
- ремонтпригодность.

Надежность является комплексным свойством технического устройства. На практике с количественной стороны надежность оценивается рядом критериев. Основные единичные и комплексные показатели приведены в таблице 1.

Таблица 3. Показатели надежности

Свойства	Показатель
Безотказность	-вероятность безотказной работы -интенсивность отказов -средняя наработка до отказа -параметр потока отказов -средняя наработка на отказ
Ремонтпригодность	-вероятность восстановления -интенсивность восстановления

		-среднее время восстановления
Безотказность	и	-коэффициент готовности
ремонтпригодность		-коэффициент простоя
		-коэффициент технического использования
		-коэффициент оперативной готовности
Долговечность		-назначенный ресурс
		-средний ресурс между капитальными (средними) ремонтами
		-средний срок службы
Сохраняемость		-средний срок сохраняемости

В основном, для любого технического устройства, понятие надежности связано с отказами. Отказ это событие, при котором нарушается работоспособное состояние объекта.

Работоспособностью называется состояние изделия или устройства, при котором оно может выполнять заданные функции с параметрами, которые установлены требованиями технической документации.

Отказы для радиоэлектронных устройств классифицируются следующим образом:

- характер возникновения отказа (внезапные и постепенные);
- времени существования отказа: постоянный, временной и перемежающийся (временные отказы, которые следуют один за другим);
- характер проявления отказа (явный и неявный);
- зависимость отказов между собой (зависимый и независимый);
- причина возникновения отказа (конструктивный, производственный, эксплуатационный и деградационный).

Расчёт надежности проектируемой технической системы заключается в определении показателей надежности системы по известным характеристикам надежности составляющих элементов конструкции и компонентов системы с учетом условий эксплуатации.

Вероятность безотказной работы $P(t)$ считается основным показателем безотказности изделия. Вероятность безотказной работы $P(t)$ – это

безразмерная величина, которая зависит от времени наработки τ и изменяется в пределах от 0 до 1.

Для нерезервированных систем на основном временном участке работы, при окончании срока приработки изделия и устранении выявленных дефектов, вероятность безотказной работы вычисляется по формуле:

$$P(\tau) = \exp\left(-\sum_{i=1}^m (\lambda_i \tau)\right) \quad (25)$$

где λ_i – интенсивность отказа i – элемента,

m – число элементов.

Таким образом, вероятность безотказной работы со временем уменьшается по экспоненциальному закону от значения 1. Тогда интенсивность отказа системы определяется по формуле:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^m \lambda_i \quad (26)$$

Интенсивность отказа элементов и компонентов проектируемой системы или устройства с можно определить по формуле:

$$\lambda_i = \lambda_{0i} * K1 * K2 * K3 * K4 * a_i(t_k, K_H) \quad (27)$$

где λ_{0i} – номинальная интенсивность отказа i -го элемента или компонента,

$K1$, $K2$ – поправочные коэффициенты на воздействие механических факторов,

$K3$ – поправочный коэффициент на воздействие влажности,

$K4$ – поправочный коэффициент на давление воздуха,

$a_i(t_k, K_H)$ – поправочный коэффициент на температуру поверхности компонента (t_k) и коэффициента электрической нагрузки (K_H).

Значения коэффициентов $a_i(t_k, K_H)$ определяют по графикам из справочников для соответствующих компонентов. В таблице 5 приведены значения отдельных поправочных коэффициентов K_1 и K_2 , учитывающих влияние механических воздействий.

Таблица 4. Поправочные коэффициенты влияния механических воздействий

Условия эксплуатации аппаратуры	Вибрация, k_1	Ударные нагрузки, k_2	Суммарное воздействие, k_Σ
Лабораторные	1,0	1,0	1,0
Стационарные (полевые)	1,04	1,03	1,07

Для разрабатываемого прибора $K_\Sigma = 1$.

В таблице 5 приведены значения поправочного коэффициента K_3 , учитывающего влияние влажности.

Таблица 5. Поправочный коэффициент на воздействие влажности

Влажность, %	Температура, °C	Поправочный коэффициент k_3
60...70	20...40	1,0
90...98	20...25	2,0
90...98	30...40	2,5

Для разрабатываемого прибора $K_3 = 2,5$.

Значения номинальной интенсивности отказов компонентов λ_{0i} являются справочными, если они не указаны в характеристиках данного компонента. В таблице 6 приведены значения интенсивности отказов всех используемых компонентов.

Таблица 6. Интенсивность отказов компонентов

Элемент	Обозначение	Номинальная интенсивность отказов, $\lambda_{0i} \cdot 10^{-6}$ 1/ч
Конденсаторы	C1-C6	1,2
Микросхема	DD1-DD2	0,01
Резисторы	R1-R2	0,05
Паяные соединения	25	0,005

Коэффициенты электрической нагрузки K_n компонентов определяются исходя из отношения значений контролируемого параметра (тока, напряжения или мощности) к максимально возможному (допустимому) значению этого параметра по техническим условиям. Контролируемым

параметром для конкретного компонента является тот, от которого надежность данного компонента зависит в наибольшей степени.

Результаты по определению коэффициента нагрузки сведены в таблице 6.

Результаты расчета надежности устройства представлены в таблице 7.

Таблица 6 – Коэффициенты электрической нагрузки элементов

Элемент	Обозначение элемента	Отношение параметров	Коэффициент нагрузки, k_n
Конденсаторы	C1- C6	$K_n = \frac{U_p}{U_{ном}}$	0,5
Микросхемы	DD1-DD2	-	1
Резисторы	R1-R2	$K_n = \frac{P_p}{P_{ном}}$	0,88

Таблица 7 – Интенсивность отказов компонентов проектируемого устройства

Элемент	Обозначение	Кол-во элементов	Коэффициент нагрузки,	Поправочный коэффициент	Интенсивность отказов в рабочем режиме,	Суммарная интенсивность отказов,
			K_n	$a_i(t_k, K_n)$	$\lambda_i \cdot 10^{-5} \text{ 1/ч}$	$\lambda_{\Sigma i} \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$
Конденсаторы	C1-C6	6	0,5	0,5	1,078	6,468
Микросхема	DD1-DD2	2	1	-	0,0154	0,0077
Резисторы	R1-R2	2	0,8	0,9	0,0693	0,1386
Паяные соединения		25	1	0,004	0,00616	0,1
Итого	6,7143 · 10 ⁻⁶					

Среднее время наработки до отказа является обратной величиной λ_c и рассчитывается по формуле:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_c} \quad (28)$$

Произведя расчеты, среднее время безотказной работы:

$$T_{cp} = 148953 \text{ (час)}$$

Вероятность безотказной работы устройства в течение 1000 часов рассчитывается по формуле и будет составлять:

$$P_c(t) = e^{-\frac{t}{T_{cp}}} = e^{-\frac{1000}{148953}} = 0,99$$

Произведенные расчеты показывают, что разработанное устройство удовлетворяет условиям технического задания по требованиям к показателям надежности.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1401	Боброва Виктория Владимировна

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	специалитет	Направление/специальность	ИИТТ

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Финансовые ресурсы – 231494,2руб. Человеческие ресурсы - 3 чел.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	-
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	-

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	1.Формирование плана работ по разработке проекта. 2. Расчет сметы затрат на создание проекта. 3. Оценка эффективности работы.
2. Разработка устава научно-технического проекта	-
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	-
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	-

Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):

- «Портрет» потребителя результатов НТИ
- Сегментирование рынка
- Оценка конкурентоспособности технических решений
- Диаграмма FAST
- Матрица SWOT
- График проведения и бюджета НТИ
- Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
- Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов О.Н.	Кандидат		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1401	Боброва Виктория Владимировна		

7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

7.1. Организация и планирование работ по разработке темы проекта

Одной из основных целей планирования работ является определение общей продолжительности их проведения. Наиболее удобным, простым и наглядным способом для этих целей оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.[12]

Разделим выполнение ВКР работы на этапы, представленные в таблице 8.

Таблица 8.Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Задание на проект	1	Составление и утверждения задания	Инженер технолог 6 разряда
Изучение технической документации	2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов	Инженер технолог 8 разряда
Определения состояния установки	3	Календарное планирование работ	Инженер технолог 8 разряда
Подбор промышленного оборудования	4	Выбор моделей и способов анализа	Инженер технолог 8 разряда
Разработка информационно передаточного блока	5	Разработка модели для исследования	Инженер технолог 8 разряда
Разработка измерительного блока	6	Поиск методов решения	Инженер технолог 8 разряда
Поиск неполадок информационного передаточного блока	7	Достоинства и недостатки	Инженер технолог 8 разряда
Поиск неполадок измерительного блока	8	Достоинства и недостатки	Инженер технолог 8 разряда
Получение комплектующих для мддуля аналогового	9		Электромонтер 5 разряда

ВВОДО-ВЫВОДА			
Подбор первичного пьезоэлектрического преобразователя	10	Выбор метода для измерения толщины основного металла	Инженер технолог 8 разряда
Ознакомление с инструкцией монтажа модуля аналогового сигнала ввода-вывода	11	Изучение инструкции	Электромонтер 5 разряда
Получение датчика ПЭП со склада	12	Выдача датчика	Слесарь КИПа 6 разряда
Поиск неполадок комплектующих с модулем аналогового сигнала ввода-вывода	13	Поиск неполадок	Инженер технолог 8 разряда
Монтаж датчика ПЭП с модулем аналогового сигнала ввода-вывода	14	Монтаж датчика	Слесарь КИПа 6 разряда
Монтаж комплектующих модуля аналогового сигнала ввода-вывода	15		Электромонтер 5 разряда

7.2. Определение трудоемкости работ

Одной из основных целей планирования работ является определение общей продолжительности их проведения. Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{maxi}}}{5} \quad (4.1)$$

где $t_{\text{ож}i}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

t_{mini} - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{oji}}{ч_i} \quad (4.2)$$

где T_{pi} - продолжительность одной работы, раб.дн.;

t_{oji} - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k$$

где T_{ki} - продолжительность выполнения одной работы, календ.дн.;

T_{pi} - продолжительность одной работы, раб.дн.;

k - коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}}$$

где $T_{кг}$ - количество календарных дней в году;

$T_{вд}$ - количество выходных дней в году;

$T_{пд}$ - количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}} = \frac{365}{365} = 1$$

тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ T_k нужно округлить до целых чисел.

Результаты расчетов приведены в таблице 9.

Таблица 9.Перечень и продолжительность выполнения работ.

№ Раб.	Исполнители	Продолжительность работ				
		t_{min} чел-дн.	t_{max} чел-дн	$t_{ож}$ чел-дн	T_p Раб.дн	T_k Кал.дн
1	Инженер технолог 8 разряда	1	2	1,4	0,7	1
2	Инженер технолог 8 разряда	6	7	6,4	3,2	4
3	Инженер технолог 8 разряда	4	5	4,4	2,2	3
4	Инженер технолог 8 разряда	6	7	6,4	3,2	4
5	Инженер технолог 8 разряда	2	3	2,4	1,2	2
6	Инженер технолог 8 разряда	1	2	1,4	0,7	1
7	Инженер технолог 8 разряда	5	7	5,8	2,9	3
8	Инженер технолог 8 разряда	5	7	5,8	2,9	3
9	Электромонтер 5 разряда	3	4	6,8	3,4	4
10	Инженер технолог 8 разряда	4	6	4,8	2,4	3
11	Электромонтер 5 разряда	9	11	9,8	4,9	5
12	Слесарь КИПа 6 разряда	3	4	3,4	1,7	2
13	Инженер технолог 8 разряда	2	3	2,4	1,2	2
14	Слесарь КИПа 6 разряда	12	14	12,8	6,4	7
15	Электромонтер 5 разряда	5	7	5,8	2,9	3

7.2.1 Построение графика работ

Наиболее удобным и наглядным видом календарного плана работ является построение ленточного графика проведения НИР в форме диаграмм Ганта.

Диаграмма Ганта - горизонтальный ленточный график, на котором

работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в рамках таблицы 2 с разбивкой по месяцам и неделям (7 дней) за период времени вахты. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу (смотреть таблицу 10).

Таблица 10. Календарный план проведения НИР

Этапы	Вид работ	Исполнители	T _к	Февраль	Март	Апрель
1	Задание на проект	Инженер технолог 8 разряда	1	■		
2	Изучение технической документации	Инженер технолог 8 разряда	4	■		
3	Определения состояния установки	Инженер технолог 8 разряда	3	■		
4	Подбор промышленного оборудования	Инженер технолог 8 разряда	4		■	
5	Разработка информационно передаточного блока	Инженер технолог 8 разряда	2		■	
6	Разработка измерительного блока	Инженер технолог 8 разряда	1		■	
7	Поиск неполадок информационного передаточного блока	Инженер технолог 8 разряда	3		■	
8	Поиск неполадок измерительного блока	Инженер технолог 8 разряда	3		■	
9	Получение комплектов для модуля аналогового ввода	Электромонтер 5 разряда	4		▨	
10	Подбор ПЭП	Инженер технолог 8 разряда	3		■	
11	Ознакомление с инструкцией монтажа модуля аналогового ввода	Электромонтер 5 разряда	5		▨	
12	Получение датчика термосопротивления со склада	Слесарь КИПа 6 разряда	2		▨	
13	Поиск неполадок комплектов модуля аналогового ввода	Инженер технолог 8 разряда	2		■	
14	Монтаж датчиков с модулем аналогового ввода	Слесарь КИПа 6 разряда	7		■	▨

$$З_{д2} = \frac{30 \cdot 2714 \cdot 15}{100} = 12213 \text{руб};$$

Таблица 11. Расчет потребности в приборах и оборудовании для выполнения исследовательской работы

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1.	Синхронный электродвигатель STD-630	1	8340	9591
2.	Датчик первичного пьезоэлектрического преобразователя	30	3000	93633
Итого				103224

7.3.2. Основная и дополнительная заработная плата исполнителей работы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 -30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 5.

Под основной заработной платой понимаем заработную плату инженера технолога 8 разряда, электромонтажник 5 разряда и слесарь КИПа 6 разряда. Размер основной заработной платы устанавливается, исходя из численности исполнителей, трудоемкости и средней заработной платы за один рабочий день. Месячный оклад инженера составляет-40000 руб., электромонтажника – 25000 руб., слесарь КИПа – 25000 руб..

Средняя заработная плата рассчитывается следующим образом:

$$\text{Дневная з/плата} = \text{Месячный оклад} / 28 \text{дней}, \quad (3.9)$$

Соответственно дневной оклад инженера равен 1400,15 руб.,
электромонтажника – 892,85 руб., слесарь КИПа – 892,85 руб.

Таблица 12. Средняя заработная плата

№ п/п	Вид работ	Исполнители	Трудоемкость , чел.- дн	Зарботная плата, приходящаяся на один чел. - дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Задание на проект	Инженер технолог 8 разряда	1	1,4	1,4
2	Изучение технической документации	Инженер технолог 8 разряда	4	1,4	5,6
3	Определения состояния установки	Инженер технолог 8 разряда	3	1,4	4,2
4	Подбор промышленного оборудования	Инженер технолог 8 разряда	4	1,4	5,6
5	Разработка информационно передаточного блока	Инженер технолог 8 разряда	2	1,4	2,8
6	Разработка измерительного блока	Инженер технолог 8 разряда	1	1,4	1,4
7	Поиск неполадок информационного передаточного блока	Инженер технолог 8 разряда	3	1,4	4,2
8	Поиск неполадок измерительного блока	Инженер технолог 8 разряда	3	1,4	4,2
9	Получение комплектующих для модуля аналогового сигнала ввода-вывода	Электромонтер 5 разряда	4	0,9	3,6
10	Подбор первичного пьезоэлектрического преобразователя	Инженер технолог 8 разряда	3	1,4	4,2
11	Ознакомление с инструкцией монтажа модуля аналогового сигнала ввода-вывода	Электромонтер 5 разряда	5	0,9	4,5
12	Получение первичного пьезоэлектрического преобразователя	Слесарь КИПа 6 разряда	2	0,9	1,8
13	Поиск неполадок комплектующих с модулем аналогового сигнала ввода-вывода	Инженер технолог 8 разряда	2	1,4	2,8
14	Монтаж ПЭП с модулем аналогового сигнала ввода-вывода	Слесарь КИПа 6 разряда	7	0,9	6,3

15	Монтаж комплектующих модуля аналогового сигнала ввода-вывода	Электромонтер 5 разряда	3	0,9	2,7
Итого					55,3

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работали инженер технолог , электромонтажник и слесарь КИПа. Принимая во внимание, что за час работы инженер получает 117 руб., электромонтажника – 75 руб., слесарь КИПа – 75 руб. (рабочий день 12 часов).

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}$$

Где, $З_{осн}$ - основная заработная плата;

$З_{доп}$ - дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}$$

Где, $k_{доп}$ - коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 - 0,15).

Таким образом, заработная плата инженера технолога 45000, электромонтажника 28000 и слесарь КИПа 28000

7.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

Где, $k_{внеб}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. (данные приведены в таблице 13).

Таблица 13. Отчисления во внебюджетный фонд

Исполнитель	Основная заработная плата, Руб	Дополнительная заработная плата, руб
инженер технолог	40000	4800
электромонтажник	25000	3000
слесарь КИПа	25000	3000
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого		
30240		

7.3.4. Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{\text{накл}} = \left(\sum \text{статей} \right) \cdot k_{\text{нр}}$$

Где, $k_{\text{нр}}$ - коэффициент, учитывающий накладные расходы

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны:

$$З_{\text{накл}} = 199564 \cdot 0,16 = 31930,2$$

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 14. Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	103224	Пункт 3.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	55300	Пункт 3.2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10800	Пункт 3.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	30240	Пункт 3.3
5. Накладные расходы	31930,21	16 % от суммы ст. 1 - 5
6. Бюджет затрат НТИ	231494,2	Сумма ст. 1- 6

7.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, социальной и экономической эффективности исследования.

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.[19]

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

Где , $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} - стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} - максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{231494,2}{346800} = 0,7; I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{346800}{346800} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i,$$

Где, I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a^i - весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p - бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n - число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 15).

Таблица 15. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2 (Аналог)
1. Надежность	0,2	5	4
2. Универсальность	0,2	4	3
3. Уровень материалоемкости.	0,15	4	4
4. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,20	5	3
5. Ремонтопригодность	0,1	5	5
6. Энергосбережение	0,15	5	3
ИТОГО	1	4,65	3,15

$$I_{p-\text{исп.1}} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 = 4,5$$

$$I_{p-\text{исп.2}} = 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 = 3,55.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{\text{исп.}i}$) определяется на основании интегрального

показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{p-\text{исп.}i}}{I_{\text{финр}}}$$

$$I_{\text{исп.}1} = \frac{4,5}{0,7} = 6,428; I_{\text{исп.}2} = \frac{3,55}{1} = 3,55.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (смотреть таблицу 16) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.}i}}{I_{\text{исп.}max}}$$

Таблица 16. Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,2	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,55
3	Интегральный показатель эффективности	6,428	3,55
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,55	0,43

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1401	Боброва Виктория Владимировна

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	ИИТТ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рабочим местом аппаратчика адсорбции является помещение на отметке 12 м. Вредными и опасными факторами при работе являются: - Недостаток освещения; - Повышенный уровень шума; - нервно-психические перегрузки; - Неблагоприятные условия микроклимата; - Возможность поражения электрическим током; - Опасность возникновения пожара; - Опасность утечки лактам-воды; - Выполнение работ на площадках обслуживания технологического оборудования с перепадом высот более 1,3 метра.
--	--

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: - физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; - действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); - предлагаемые средства защиты; - (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: - механические опасности (источники, средства защиты); - термические опасности (источники, средства защиты); - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	При работе с колонными аппаратами к физическим вредным производственным факторам относятся: - Повышенный уровень шума; - Недостаточный уровень освещения; - Неблагоприятные условия микроклимата; - Электромагнитное излучение. - Выполнение работ на площадках обслуживания технологического оборудования с перепадом высот более 1,3 метра К физическим опасным производственным факторам при работе с ЭВМ относятся: - возможность поражения электрическим током; - возможность возникновения пожара. - возможность утечки лактам-воды
2. Экологическая безопасность: - защита селитебной зоны - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической	- Чрезмерное потребление электроэнергии аппаратами - Химические отходы при производстве

безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	капролактама
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Наиболее типичной ЧС на объекте является пожар. Оценка пожарной безопасности. Разработка мероприятий по устранению и предупреждению пожаров.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Главным направлением государственной политики в области охраны труда является обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников. Это достигается путем принятия и реализации федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, законов и иных нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации об охране труда.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1401	Боброва Виктория Владимировна		

8. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Обеспечение безопасности работника зависит от правильной оценки вредных и опасных факторов производства, а именно сочетания факторов производственной среды, чрезмерной физической, умственной нагрузки и нервно-эмоционального напряжения.

Опасными называются производственные факторы, воздействие которых на работника в определенных условиях приводит к травмам или резкому ухудшению состояния здоровья. Если производственные факторы вызывают заболевание или снижают работоспособность, то их считают вредными. При продолжительном воздействии на организм человека вредные факторы могут стать опасными.

Рассмотренная работа, связанная с выполнением ВКР, является эксплуатация, ремонт, ревизия основного технологического и вспомогательного оборудования связаны с вскрытием внутренних полостей оборудования и возможностью поражения человека химическими и вредными веществами.

Ректификационные колонны оснащены электрооборудованием, контрольно-измерительными приборами.

Неблагоприятные факторы понижают восприимчивость работников к сигналам опасности. Неосторожное выполнение операций в этих условиях может явиться причиной несчастного случая с самим работающим или его соседями по рабочему месту.

8.1. Техногенная безопасность.

8.1.1. Анализ вредных факторов производственной среды

Обеспечение безопасности жизнедеятельности человека во многом зависит от правильной оценки опасных и вредных производственных факторов. Это могут быть какие-либо факторы производственной среды, чрезмерная физическая или умственная нагрузка, нервно-эмоциональное напряжение, а также различное соединение этих причин.

Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или внезапному ухудшению здоровья. Производственный фактор, воздействие которого приводит к заболеванию или ухудшению здоровья считают вредным. В зависимости от уровня продолжительности воздействия опасный фактор может стать вредным.[16]

Работа в производственном цеху относится к категории работ связанных с опасными и вредными производственными факторами. По природе действия опасные и вредные производственные факторы делятся на четыре группы:

- Физические
- Химические
- Биологические
- Психофизиологические

При работе в химическом производственном цеху на состояние здоровья работника влияют физические, химические и психофизиологические факторы.

8.1.2. Повышенный уровень шума

Одним из самых распространенных вредных факторов производства является шум, который исходит от работающего оборудования, работающих ламп дневного света, а также проникает извне. Шум воздействует не только на органы слуха, но и на весь организм человека через центральную нервную систему. Под воздействием шума ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, что в свою очередь может повлечь за собой серьезные расстройства организма, а также сказаться на результатах работы производства.[20]

По нормативам при работе на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 80дБ.

Для снижения шума следует применять звукоизолирующие и звукопоглощающие конструкции. Среди средств индивидуальной защиты можно выделить противошумовые шлемофоны, наушники, беруши.

Наиболее оптимальным способом снижения воздействия шума, являются кратковременные перерывы в течение рабочего дня в местах без постоянных источников шума.

8.1.3. Неблагоприятные условия микроклимата.

Существуют определенные гигиенические требования к микроклимату рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности энергозатрат работников и относительно периодов года. В технологических корпусах зданий станций параметры микроклимата поддерживаются в пределах санитарных норм для категории работ средней тяжести – II б по СанПиН 2.2.4.548-96:

- | | |
|--------------------------------------|------------|
| а) температура в теплое время года | 22 - 24°C; |
| б) температура в холодное время года | 17 - 19°C; |
| в) относительная влажность воздуха | 60 - 40 %; |

г) скорость движения воздуха в теплое и холодное время года не более 0,2 м/с.

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.[14]

Для поддержания параметров микроклимата помещения в необходимых пределах необходимо: в теплое время года необходимо использование системы вентиляции совместно с кондиционирующей установкой, а в холодное время года необходимо использование системы электрического отопления совместно с системой вентиляции.

8.1.4. Недостаточное освещение

Правильно спроектированное освещение производственных помещений оказывает положительное воздействие на работников, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность. Освещенность рабочего места при комбинированном освещении должна составлять 300 лк.[14]

8.2. Анализ опасных факторов производственной среды.

8.2.1. Возможность поражения электрическим током.

Цех оснащен большим количеством электрооборудования с напряжениями до 380 В, согласно ПУЭ помещение цеха относится к

помещениям с повышенной опасностью электропоражения из-за наличия токопроводимых полов.

Основные причины травматизма в электроустановках можно сгруппировать по следующим группам:

- прикосновение к токоведущим частям под напряжением вследствие несоблюдения правил безопасности, дефектов конструкции и монтажа электрооборудования;

- прикосновение к нетоковедущим частям, которые случайно оказались под напряжением (повреждение изоляции, замыкание проводов);

- ошибочная подача напряжения в установку, где работают люди;

- отсутствие надежных защитных средств.

По сравнению с другими видами травматизма травматизм в электроустановках имеет следующие особенности:

- организм человека не обладает органами, с помощью которых можно дистанционно определять наличие напряжения, и поэтому защитная реакция организма проявляется только после попадания под напряжение;

- ток, протекающий через человека, действует не только в местах контактов и по пути протекания через организм, но и вызывает рефлекторное воздействие с нарушением нормальной деятельности отдельных органов (сердечнососудистой, нервной системы, органов дыхания);

- существует возможность получения травм не только при прикосновении или приближении к частям электроустановки, но и без непосредственного контакта с этими частями (при поражении напряжением прикосновения или через электрическую дугу).

Электрический ток, протекая через организм человека, вызывает четыре вида воздействия: термическое, электролитическое, механическое и биологическое. Термическое действие проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве до высоких температур внутренних тканей человека, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства. Электролитическое действие проявляется в разложении органических

жидкостей, в том числе и крови, что вызывает значительные нарушения их физико-химического состава. Механическое действие приводит к разрыву тканей и переломам костей. Биологическое действие проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей в организме, а также в нарушении внутренних биоэлектрических процессов, присущих нормально действующему организму; с биологической точки зрения исход поражения человека электрическим током может быть следствием тех физиологических реакций, которыми ткани отвечают на протекание через них электрического тока.[18]

При внезапном прекращении подачи электроэнергии все электродвигатели должны быть немедленно отключены от сети во избежание их самопроизвольного запуска при подаче тока.

Во время работы неавтоматизированных агрегатов эксплуатационный персонал обязан:

- следить за показаниями всех контрольно-измерительных приборов.
- наблюдать за температурой подшипников и сальников и поступлением к ним смазки и уплотнительной жидкости;
- следить за уровнем продукта в приемном резервуаре;
- производить не реже одного раза в 1 ч смазку деталей, смазываемых вручную, и проверять наличие смазки в масленках;
- следить за исправной работой системы вентиляции;
- Температура подшипников и сальников не должна превышать 60 °С. Ее необходимо проверять не реже одного раза в 1 ч.

Для защиты персонала от поражения электрическим током на насосной станции предпринят ряд организационных и технических мер, таких как:

- а) Перед пуском электродвигателя необходимо надеть диэлектрические перчатки и встать на изолирующую подставку;
- б) оснащение специальной маркировкой всех энергопотребляющих устройств;

в) размещение токоприемников способом, исключающим случайный доступ и использование;

г) ограждение токоведущих частей для защиты от случайного прикосновения к ним;

д) применение малых напряжений (не выше 42 В для питания переносных токоприемников (электроинструмент, электропаяльники, электросветильники), используемых в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, а также использование электроинструментов и бытовых электроприборов с двойной изоляцией;

е) использование устройств защитного заземления и зануления в электроустановках и для передвижных токоприемников.

8.2.2 Возможность утечки лактам-воды.

При производстве капролактама на стадии адсорбции может произойти утечка лактам-воды при повреждении трубопровода. На данном этапе состав лактам-воды следующий: 30-35% лактам и 65-70% вода, температура 35-40°C. Так как концентрация лактама низкая, то при попадании его на кожу человека может возникнуть химический ожог легкой степени.

8.3. Первая помощь при химических ожогах.

Одежда и украшения в области поражения, также подвергшиеся попаданию на них химических компонентов, снимаются. Для избавления от воздействующих на кожный покров причин химического ожога следует смыть химические вещества с него с помощью проточной воды, область поражения под струей воды необходимо продержать порядка от 15 минут и более. Если же не было произведено своевременное устранение воздействующего компонента, то длительность последующего промывания

должна составить от получаса и более. Избавляться от действующего химического вещества с помощью салфеток или ватных тампонов, смоченных водой, нельзя – это лишь приведет к усилению его проникновения. При порошкообразной форме действующего химического вещества сначала удаляется его остаток с кожного покрова, после чего производится промывание. Единственным исключением в данной ситуации является категорическое недопущение взаимодействия такого вещества с водой. В частности это актуально для алюминия – органическое соединение этого вещества в результате контакта с водой приводит к воспламенению. При усилении жжения после проведенного промывания пораженного участка следует вновь его промыть (около 5 минут). После промывания пораженной области приступают к нейтрализации действующих химических компонентов. Если речь идет об ожоге кислотой, то для этого используется 2%-ный раствор пищевой соды (2,5 стакана воды + 1 ч.л. соды пищевой) или мыльная вода. В случае ожога щелочью применяется слабый раствор лимонной кислоты или уксуса. При действии химических компонентов извести применяется 2%-ный раствор сахара. Нейтрализация карболовой кислоты производится при помощи известкового молока и глицерина. Уменьшение болевых ощущений достигается за счет использования влажной холодной ткани/полотенца, прикладываемых к области поражения. В завершение на область, подвергшуюся химическому поражению, накладывается свободная повязка (с исключением возможности сдавливания) из сухой чистой ткани или из сухого бинта/марли.

8.4. Региональная безопасность

8.4.1. Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды является одной из главных проблем на фоне быстрого развития промышленности. Наиболее эффективной защитой окружающей среды от отходов деятельности предприятий является переход к малоотходным, а в идеале и к безотходным технологиям производства. Это требует решения ряда сложных технологических, конструкторских и организационных задач.

Одной из серьезных проблем является рост потребления электроэнергии. С увеличением количества предприятий, увеличивается и объем потребляемой ими электроэнергии, что влечет за собой увеличение производительности электростанций. Рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как:

- изменение климата вследствие накопления углекислого газа в атмосфере Земли;
- загрязнение воздуха, почвы и воды вредными веществами;
- опасность загрязнения окружающей среды радиоактивными веществами.

Из перечисленных проблем следует сделать вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления путем внедрения систем с малым энергопотреблением. В современных компьютерных системах, имеются режимы с пониженного потребления электроэнергии.

При разработке автоматизированных систем управления возникает необходимость утилизации производственных отходов, таких как неисправные элементы и модули средств автоматизации. Производственные отходы должны передаваться организациям, осуществляющим утилизацию или переработку производственных отходов. Переработка отходов является более рациональным решением проблемы, так как позволяет наиболее бережно и полно использовать природные ресурсы.

8.4.2. Утилизация отходов

Все отходы от производства капролактама утилизируют. Для этого используют огневой способ. Огневой способ обезвреживания и переработки отходов является наиболее универсальным, надежными эффективным по сравнению с другими. Во многих случаях он является единственно возможным способом обезвреживания промышленных и бытовых отходов. Способ применяется для утилизации отходов в любом физическом состоянии: жидких, твердых, газообразных и пастообразных. Наряду со сжиганием горючих отходов огневую обработку используют и для утилизации негорючих отходов. В этом случае отходы подвергают воздействию высокотемпературных (более 1000 °С) продуктов сгорания топлива.

При горении образуются диоксид углерода, вода и зола. Сера и азот, содержащиеся в отходах, образуют при сжигании различные оксиды, а хлор восстанавливается до HCl. Помимо упомянутых газообразных продуктов при сжигании отходов образуются и твердые частицы - металлы, стекло, шлаки и другие, которые требуют дальнейшей утилизации или захоронения.

Этот способ характеризуется высокой санитарно-гигиенической эффективностью.

Способом сжигания можно обезвреживать и такие сложные с точки зрения утилизации отходы, как смесь органических и неорганических продуктов, а также галоген-органические отходы.

8.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

8.5.1. Пожарная безопасность

Мероприятия по пожарной безопасности разделяются на организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и сооружений, противопожарный инструктаж персонала, издание инструкций по противопожарной безопасности, составление плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных норм при строительстве зданий и сооружений.

К режимным мероприятиям относится установление правил организации работ и соблюдение мер противопожарной безопасности.

8.5.2. Оценка пожарной безопасности помещения

Помещение и здание операторной относится к категории «Д» по степени пожарной опасности, так как в нем не производится обработка пожароопасных веществ, отсутствуют источники открытого огня, стены здания и перекрытия выполнены из трудно сгораемых и несгораемых материалов (кирпич, железобетон, и др.).

При ненормативной эксплуатации электрооборудования и коротком замыкании в электрической сети может произойти возгорание.

В качестве возможных причин возникновения пожара следует отметить:

- короткое замыкание;
- перегрузка сети электропитания;
- фактор человеческого вмешательства.

Для предупреждения пожара от короткого замыкания и перегрузки сети электропитания необходим правильный выбор и монтаж

электрооборудования, и соблюдение установленного режима его эксплуатации.

Следовательно, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного, организационного плана.

8.5.3. Мероприятия по устранению и предупреждению пожаров

Для предупреждения возможности возникновения возгораний необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- применение при строительстве и отделке зданий негорючих или трудно сгораемых материалов;
- исключение наличия в помещениях горючих веществ и материалов, не предусмотренных условиями эксплуатации помещений.

Организационные мероприятия:

- издание инструкций, плакатов и разработка планов эвакуации персонала;
- проведение противопожарного инструктажа для персонала;
- обучение персонала правилам противопожарной безопасности.

Эксплуатационные мероприятия:

- обеспечение свободных проходов на путях эвакуации;
- содержание в исправности электрического оборудования.

Технические мероприятия:

- соблюдение противопожарных норм при устройстве электропроводок, систем отопления, вентиляции и освещения;
- наличие в помещении порошкового огнетушителя типа ОП-5;
- наличие плана эвакуации персонала;

План эвакуации персонала из помещения ПКУ представлен на рисунке 11.

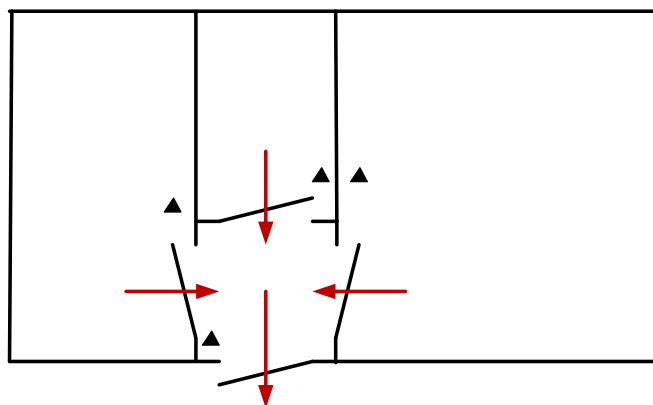


Рисунок 11. План эвакуации персонала

➡ - путь эвакуации; ▲ - огнетушитель.

При возникновении пожара, обнаруживший пожар обязан:

1. Сообщить о возгорании в пожарную часть по телефону 01.
2. Сообщить о случившемся дежурному диспетчеру.
3. Оповестить окружающих о пожаре и организованно покинуть место возникновения пожара.

8.6. Правовые и организационные мероприятия обеспечения безопасности.

Все работники химического цеха обеспечиваются средствами индивидуальной защиты от воздействия неблагоприятных факторов (Таблица 17):

Таблица 17. Средства индивидуальной защиты.

Наименование спецодежды, защитных средств	Норма выдачи в год
---	--------------------

Костюм для защиты от производственных загрязнений и механических воздействий	1
Белье нательное летнее	1
Ботинки кожаные с защитным подноском	1 пара
Перчатки трикотажные с точечным покрытием	6 пар
Перчатки с полимерным покрытием	12 пар
Перчатки резиновые или из полимерных материалов	До износа
Каска защитная	До износа
Подшлемник под каску	1 на 2 года
Очки защитные закрытые	До износа
Противогаз с фильтрующей коробкой марки А2И2У2К2Р3	До износа
Полумаска со сменным фильтром ДОТ 220 А1В1Е1К1Р3	До износа
Сапоги резиновые	1 на 3 года
На наружных работах зимой дополнительно	
Костюм для защиты от производственных загрязнений и механических воздействий на утепляющей прокладке	1 на 2 года
Белье нательное теплое	1
Подшлемник под каску(с однослойным или трехслойным утеплителем)	1 на 2 года
Ботинки кожаные утепленные с защитным подноском	1 пара на 2,5 года
Перчатки с защитным покрытием морозостойкие с утепляющими вкладышами	2 пары

К самостоятельной работе по обслуживанию и ректификации колонн допускаются лица обоего пола не моложе 18 лет, прошедшие:

- Медицинскую комиссию и признанные годными для работы;
- Имеющие среднее профессиональное образование, опыт работы в химической промышленности;
- Прошедшие теоретическое и производственное обучение на рабочем месте и сдавшие экзамен квалификационной комиссии на допуск к самостоятельной работе.

Работники по обслуживанию ректификационных колонн проходят повторный инструктаж по охране труда в сроки не реже одного раза в шесть месяцев.

Выход на пенсию мужчинам 60 лет, женщинам в 55 лет. Досрочно можно выйти на пенсию из-за вредных факторов труда.

Организациям запрещается по отношению к беременной женщине:

- снижать заработную плату по мотивам, связанным с беременностью; привлекать беременную женщину к работам:

- в ночное время - с 22 до 6 часов (ст.96 ТКРФ),

- в выходные и нерабочие праздничные дни (ст.259 ТКРФ),

- вахтовым методом – особая форма осуществления трудового процесса вне места постоянного проживания работника, когда не может быть обеспечено ежедневное их возвращение домой (ст.298 ТКРФ);

- отзывать её из ежегодного оплачиваемого отпуска (ст.125 ТКРФ); переводить и перемещать женщину на работу, противопоказанную ей по состоянию здоровья (ст 72.1 ТКРФ).

Организация обязана в отношении беременной женщины:

- предоставить отпуск по беременности и родам (ст.255 ТКРФ) на основании заявления женщины и листка нетрудоспособности (140 календарных дней при нормальных родах, 156 – при осложненных, 194 – при многоплодной беременности); выплатить пособие по беременности и родам (ст.255 ТКРФ);

В соответствии с медицинским заключением предоставленным женщиной: - снизить ей нормы выработки или нормы обслуживания в среднем на 40% от постоянной нормы;

- перевести беременную женщину на другую работу – более лёгкую и исключаящую воздействие неблагоприятных производственных факторов, с сохранением прежнего среднего заработка (ст.254 ТКРФ).

- освободить её от работы с сохранением среднего заработка, за все пропущенные вследствие этого рабочие дни за счет средств работодателя, до

предоставления другой работы (исключающей воздействие неблагоприятных производственных факторов);

- связанных с применением на производстве потенциально опасных химических веществ, в т.ч. аллергенных и канцерогенных в плане влияния на репродуктивную функцию;

Беременной женщине должны быть обеспечены: оптимальные параметры температуры, влажности и подвижности воздуха в помещении, где она работает; перевод на рабочее место:

- без воздействия вибрации, ультразвука, повышенного ионизирующего излучения;

- не превышение интенсивности шума на рабочих местах 50-60 дБА;

При наличии вредных и опасных условий труда беременным с момента первой явки в женскую консультацию выдается "Врачебное заключение о переводе беременной на другую работу" с сохранением среднего заработка по прежней работе. Коллективным договором, действующим в организации, для беременных женщин могут устанавливаться дополнительные льготы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе была показана важность технического контроля толщины основного металла ректификационной колонны.

Был произведен обзор методов измерения толщины стенки основного металла и выбран ультразвуковой метод, так как данный метод позволяет осуществлять измерение толщины стенки ректификационной колонны в необходимом диапазоне (3-3,5 см), в одностороннем доступе. Кроме того этот метод безопасен для здоровья работников и окружающей среды; не требует дополнительного.

Влияние внешних факторов легко скорректировать. Поэтому данный метод является наиболее подходящим для решения поставленной задачи. Разработанная система контроля позволит регулярно контролировать толщину основного металла, что позволит избежать крупногабаритного ремонта и чрезвычайных ситуаций на предприятии.

Предложена структурная схема системы контроля, сформулированы основные требования к составляющим. Так же в работе рассмотрены вопросы расчета надежности, представлена конструкторско-технологическая часть, социальная ответственность, проведены необходимые расчеты ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

CONCLUSION

In this final qualifying work has shown the importance of the technical control of the thickness of the base metal of the distillation column.

Review of methods for measuring the wall thickness of the base metal was produced and selected ultrasonic method, since the method allows for the measurement of wall thickness of the distillation column in the desired range (3-3.5 cm) in the one-sided access. In addition, this method is safe for the health of workers and the environment; It does not require additional.

The influence of external factors is easy to adjust. Therefore, this method is most suitable for the task. The developed control system will regularly monitor the thickness of the base metal, thereby avoiding large-sized repairs and emergencies at the plant.

A block diagram of the control system, sets out the basic requirements for the components. Also in the work questions the reliability of the calculation, presented design-technological part, social responsibility, carried out the necessary calculations of resource efficiency and resource conservation.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов [Электронный ресурс]. – Введ. 1980.07.01. – с измен. 2015-09-22. – Режим доступа: URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/14718>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
2. ГОСТ 18442-80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования. [Электронный ресурс]. – Введ. 1981.06.30. – с измен. 2015-01-16. – Режим доступа: URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/14158/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. Рус.
3. Акустические методы контроля и диагностики. Часть II: учеб. Пособие / Л. А. Оглезнева, А. Н. Калиниченко. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 292с.
4. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. - М.: Высшая школа, 2006. - 399 с.
5. ИТН 93 «Инструкция по техническому надзору, методам ревизии и отбраковке трубчатых печей, резервуаров, сосудов и аппаратов нефтеперерабатывающих и химических производств». [Электронный ресурс]. – Введ. 1993.12.16. – с измен. 2015-01-16. – Режим доступа: URL: <http://lawru.info/dok/1993/12/16/n467982.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. Рус.
6. Каневский И.Н. Неразрушающие методы контроля: учебное пособие / И. Н. Каневский, Е. Н. Сальникова. – Владивосток: Издательство ДВГТУ, 2007. – 243с.
7. ГОСТ Р 52630 -2012. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия. [Электронный ресурс]. – Введ. 2013.07.15. – с измен. 2015-09-22. – Режим доступа: URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/53446>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. Рус

8. Акустические методы контроля и диагностики. Часть II: учеб. Пособие / Л. А. Оглезнева, А. Н. Калиниченко. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 292с.

9. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.. [Электронный ресурс]. – Введ. 1996.10.31. – с измен. 2008-10-01. – Режим доступа: URL: http://snipov.net/c_4655_snip_98357.html, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. Рус

10. Мазиков С.В. Влияние температуры воды на результат измерения емкости кабеля по ГОСТ 27893-88 [Электронный ресурс]/ С.В. Мазиков// Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник научных трудов VI Всероссийской конференции, Томск, 22-24 Апреля 2015. – Томск: ТПУ, 2015 – с. 330-332. – Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2015/C08/C08.pdf> – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 25.11.2015).

11. Вавилова Г.В. Моделирование электроемкостного измерительного преобразователя для контроля погонной емкости электрического кабеля в процессе производства [Электронный ресурс]/ Г.В. Вавилова, А.В. Чапайкина// Вестник науки Сибири: электронный научный журнал/ Томский политехнический университет. – 2014. – № 4 (14). – с. 44-52. – Режим доступа: URL: <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/1090/708>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. Рус.

12. ГОСТ 7850-2013 Капролактамы. Технические условия. [Электронный ресурс]. – Введ. 2014.04.01. – с измен. 2008-10-01. – Режим доступа: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200105430>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. Рус

13. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002 г.

14. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.

15. ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. [Электронный ресурс]. – Введ. 1988.01.01. – с измен. 2015-09-22. – Режим доступа: URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/12456>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. Рус

16. Самосудов П.А. Методы и приборы, применяемые для контроля конструктивных размеров проводов и кабелей/ П.А. Самосудов// Автоматизация контроля и регулирования в кабельной промышленности. – Кишенев, КишНИИ Электроприборостроения. – 1966. – выпуск 2. – с. 139-163.

17. ПБ 03-576-03 ФНП. Правила безопасной эксплуатации оборудования под давлением. [Электронный ресурс]. – Введ. 2003.06.11. – с измен. 2010-04-27. – Режим доступа: URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/39/39862/, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. Рус

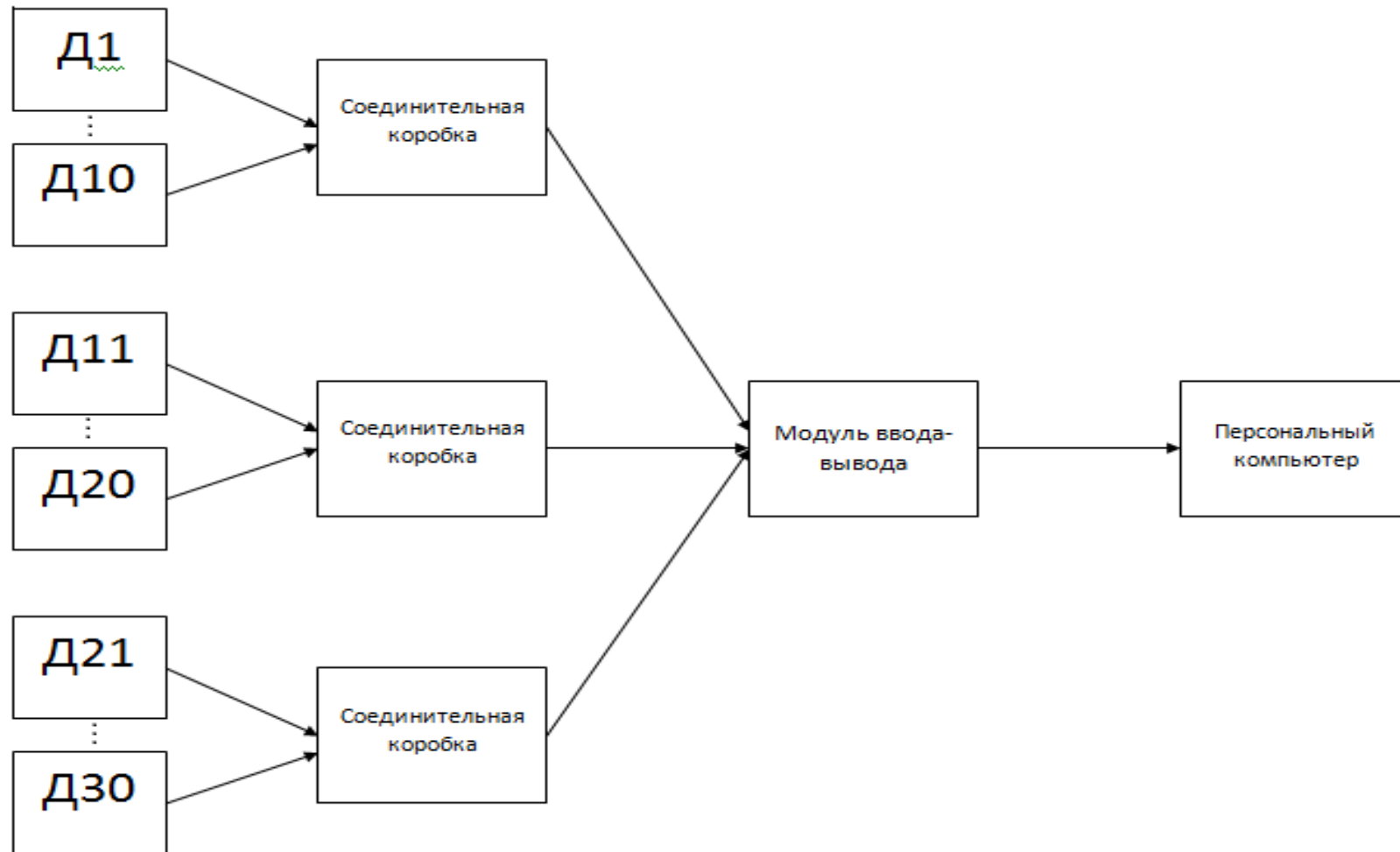
18. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывоопасной и пожарной опасности . [Электронный ресурс]. – Введ. 2003.08.01. – с измен. 2008-10-01. – Режим доступа: URL: <http://www.internet-law.ru/stroyka/doc/11705/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. Рус

19. Статья «Методы проведения неразрушающего контроля» [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: http://www.devicesearch.ru/article/metody_nerazrushayuschego_kontrolya, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. Рус

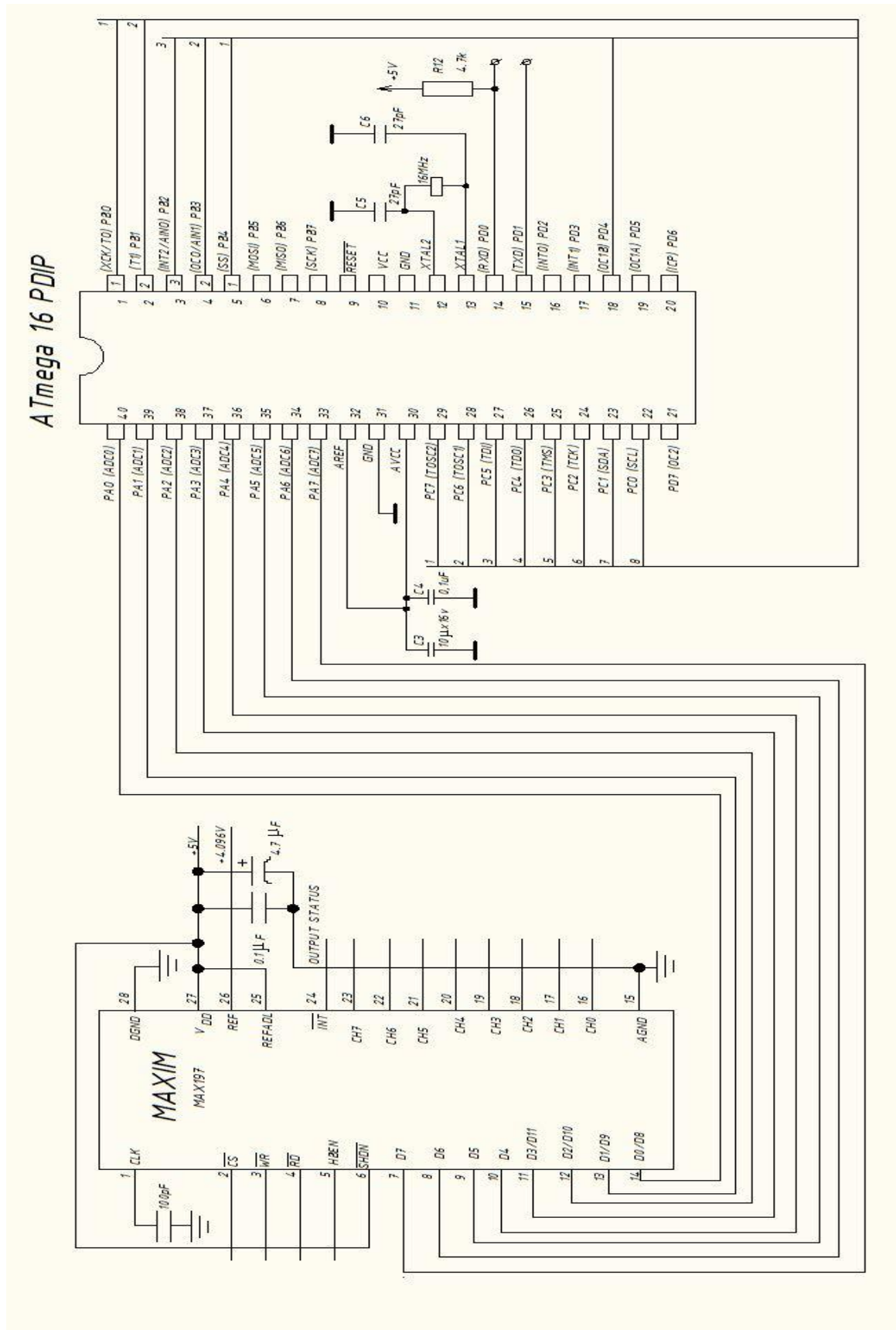
20. ГОСТ 12011-76. Колонны ректификационные с колпачковыми тарелками из меди. Типы, основные параметры и размеры.. [Электронный ресурс]. – Введ. 1977.06.30. – с измен. 2015-01-16. – Режим доступа: URL:

http://www.infosait.ru/Pages_gost/33868.htm, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. Рус.

ПРИЛОЖЕНИЕ А



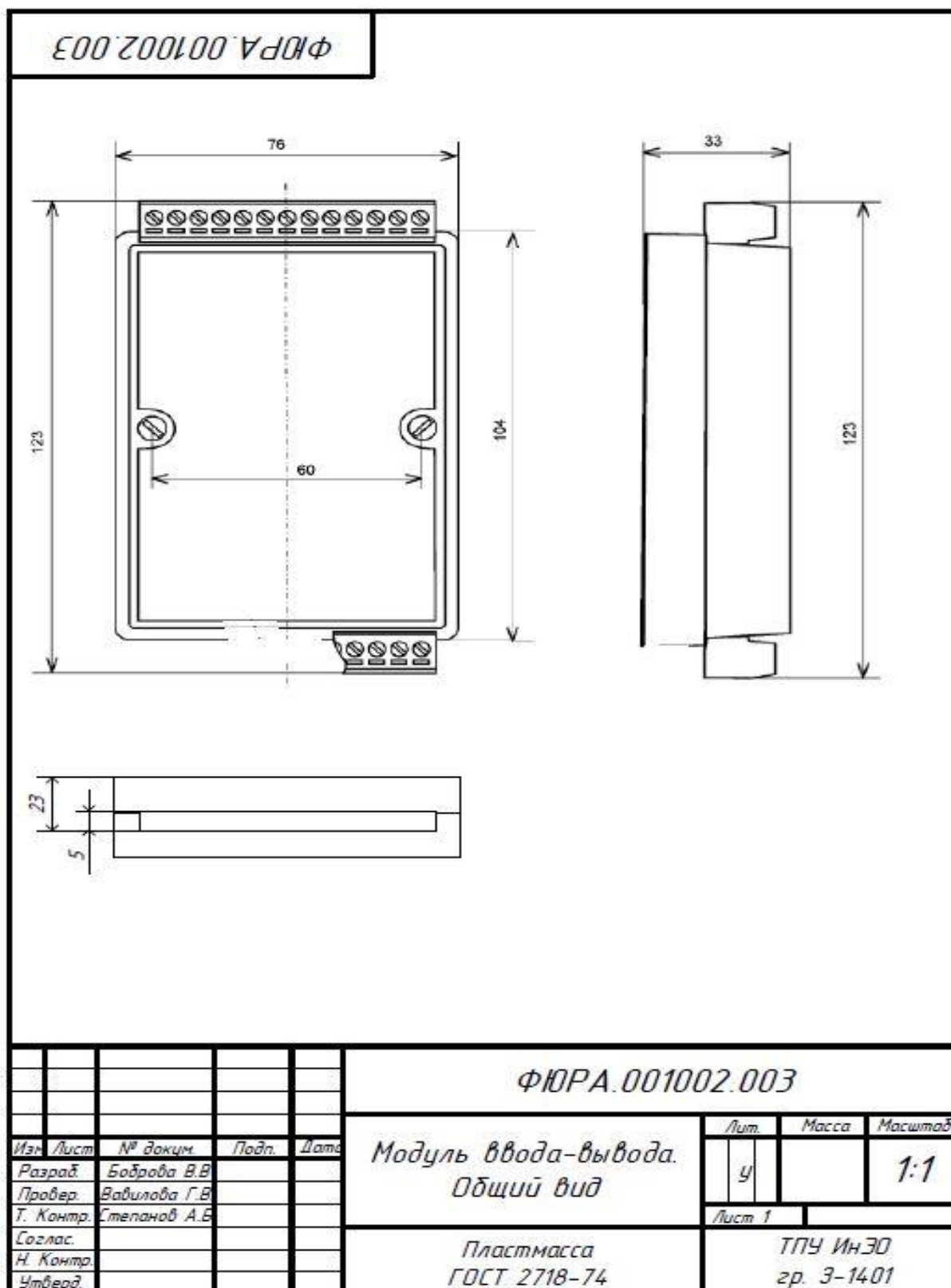
ПРИЛОЖЕНИЕ Б



ПРИЛОЖЕНИЕ В

Перед. примен. Стор. в. № Подп. и дата Взам. инв. № Подп. и дата Инв. № подл.	ФЮРА.01101.002 Rz20 ✓ ✓ 1. Плату изготовить комбинированным методом 2. Плата должна соответствовать ГОСТ 23752-86 3. проводники условно обозначенные сплошными линиями, выполнить шириной 0,25мм, и расстояние между проводниками 0,3мм <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Условное обозначение отверстия.</th> <th style="width: 15%;">Диаметр отверстия, мм</th> <th style="width: 15%;">Диаметр заковки с двух сторон, мм</th> <th style="width: 15%;">наличие металлизации а отв.</th> <th style="width: 15%;">Диаметр контактной площадки.</th> <th style="width: 15%;">Количество отверстий.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">0,5</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">Металл</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">15</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">0,3*0,5</td> <td style="text-align: center;">1*70</td> <td style="text-align: center;">Металл</td> <td style="text-align: center;">1,5</td> <td style="text-align: center;">12</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">⌀</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">Металл</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center; font-weight: bold;">ФЮРА.01101.002</td> </tr> <tr> <td style="width: 15%;">Изм.</td> <td style="width: 15%;">Литера</td> <td style="width: 15%;">Исход. документа</td> <td style="width: 15%;">Подпись</td> <td style="width: 15%;">Дата</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td>Боброва В.В.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Провер.</td> <td></td> <td>Вавилова Г.В.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td>Тепанов А.В.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> Плата печатная СТФ-2-70-0,2мм Копировал <table border="1" style="width: 30%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 20%;">Литера</th> <th style="width: 20%;">Масса</th> <th style="width: 20%;">Масштаб</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">У</td> <td></td> <td style="text-align: center;">2:1</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Лист 1</td> <td style="text-align: center;">Листов 1</td> </tr> </table>	Условное обозначение отверстия.	Диаметр отверстия, мм	Диаметр заковки с двух сторон, мм	наличие металлизации а отв.	Диаметр контактной площадки.	Количество отверстий.	+	0,5	-	Металл	-	15	+	0,3*0,5	1*70	Металл	1,5	12	⌀	3	-	Металл	3	4	ФЮРА.01101.002					Изм.	Литера	Исход. документа	Подпись	Дата	Разраб.		Боброва В.В.			Провер.		Вавилова Г.В.			Н.контр.		Тепанов А.В.			Литера	Масса	Масштаб	У		2:1	Лист 1		Листов 1
Условное обозначение отверстия.	Диаметр отверстия, мм	Диаметр заковки с двух сторон, мм	наличие металлизации а отв.	Диаметр контактной площадки.	Количество отверстий.																																																						
+	0,5	-	Металл	-	15																																																						
+	0,3*0,5	1*70	Металл	1,5	12																																																						
⌀	3	-	Металл	3	4																																																						
ФЮРА.01101.002																																																											
Изм.	Литера	Исход. документа	Подпись	Дата																																																							
Разраб.		Боброва В.В.																																																									
Провер.		Вавилова Г.В.																																																									
Н.контр.		Тепанов А.В.																																																									
Литера	Масса	Масштаб																																																									
У		2:1																																																									
Лист 1		Листов 1																																																									

ПРИЛОЖЕНИЕ Г



ПРИЛОЖЕНИЕ Д

