

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы:
Увеличение износостойкости узлов вращения выходного вала УРДО Диоген

УДК: 621.86.064.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ8Т	Харин М.С.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Крауныш Д. П.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Подопригора И.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Романцов И.И.	к.т.н.		

По разделу «Иностранный язык»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Забродина И.К.	к.пед.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Буханченко С.Е.	к.т.н.		

Томск – 2020 г.

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код	Результат обучения
Общекультурные	
Р1	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, собирать и эффективно выбирать информацию с применением современных информационных технологий, самостоятельно обучаться новым методам исследования, осваивать новые научные и научно-производственные профили своей профессиональной деятельности
Р2	Проявлять инициативу, работать в команде, общаться устно и в письменной форме, адаптироваться к реализации межкультурных и профессиональных коммуникаций на основе использования английского языка, критически оценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности
Р3	Использовать правовые и этические нормы при оценке последствий своей профессиональной деятельности при разработке и реализации технологий изготовления и сборки изделий, в том числе с учетом социальных, экологических и экономических аспектов работы выпускника в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительного производства
Профессиональные	
проектно-конструкторская деятельность	
Р4	Формулировать цели проекта (программы), задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, строить структуру их взаимосвязей, определять приоритеты решения задач, оценивать инновационный потенциал и риски коммерциализации разрабатываемых проектов Р5
Р5	Проводить расчеты по проектам в области разработки новых технологий в машиностроении, технико-экономическому и функционально-стоимостному анализу эффективности проектируемых и реализуемых технологий изготовления продукции, средствам и системам оснащения

P6	Выполнять разработку функциональной структуры и геометрии изделий машиностроения, их элементов, технологического оборудования, средств и технологий проектирования с использованием CAD и CAE модулей современных САПР
производственно-технологическая деятельность	
P7	Разрабатывать и внедрять новые эффективные технологии изготовления изделий машиностроения на высокотехнологичном оборудовании с применением CAM модулей современных САПР
P8	Участвовать в реализации программ испытаний физико-механических свойств материалов и готовых изделий в современном машиностроении
P9	Оценивать производственные и непроизводственные затраты на обеспечение требуемого качества изделий машиностроения, стоимость объектов интеллектуальной деятельности, управлять поступающими на предприятие материальными ресурсами, производством и жизненным циклом продукции, и ее качеством
P10	Разрабатывать мероприятия по обеспечению надежности и безопасности машиностроительного производства, стабильности его функционирования на основе современных систем и международных стандартов
организационно-управленческая деятельность	
P11	Использовать международный опыт проектного, технологического менеджмента и управления бизнес-процессами для ведения инновационной инженерной деятельности в области обеспечения эффективности технологических процессов жизненного цикла изделий
P12	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
научно-исследовательская деятельность	
P13	Ставить и решать прикладные исследовательские задачи, разрабатывать методики, рабочие планы и программы проведения научных исследований и перспективных технических разработок,

	готовить отдельные задания для исполнителей, научно-технические отчеты, обзоры и публикации по результатам выполненных исследований
P14	Выполнять математическое моделирование процессов, средств и систем машиностроительных производств; разрабатывать алгоритмическое и программное обеспечение машиностроительных производств, профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная Школа Новых Производственных Технологий
 Направление подготовки (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
 Отделение Материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 С.Е. Буханченко

(подпись) (дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ8Т	Харину Михаилу Сергеевичу

Тема работы:

Увеличение износостойкости узлов вращения выходного вала УРДО Диоген	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ №59-69/с от 28.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	18.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><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></p>	<p>Объект исследования: жизненный цикл выходного вала узла вращения УРДО «Диоген».</p> <p>Предмет исследования: технологические процессы жизненного цикла.</p> <p>Цель: изучить влияние увеличения износостойкости выходного вала на жизненный цикл изделия.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Литературный обзор по теме исследования; 2) Постановка задач исследования; 3) Планирование разделов по диссертации; 4) Решение поставленных задач; 5) Проработка разделов диссертации; 6) Оформление диссертации; 7) Подготовка презентации.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Доцент ОСГН Подопригора И.В. к.э.н</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Доцент ООД Романцов И.И. к.т.н</p>
<p>«Иностранный язык»</p>	<p>Доцент ОИЯ Забродина И.К. к.пед.н</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Введение, Литературный обзор</p>	
<p> </p>	
<p> </p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p> </p>
--	----------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент ОМ</p>	<p>Крауныш Д.П.</p>	<p>к.т.н.</p>	<p> </p>	<p> </p>

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>4НМ8Т</p>	<p>Харин Михаил Сергеевич</p>	<p> </p>	<p> </p>

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

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ8Т	Харин Михаил Сергеевич

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	ОМ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	...
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	...
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	...

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	...
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	...
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	...
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	...

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. «Портрет» потребителя результатов НТИ 2. Сегментирование рынка 3. Оценка конкурентоспособности технических решений 4. Диаграмма FAST 5. Матрица SWOT 6. График проведения и бюджет НТИ 7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ 8. Потенциальные риски

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Подопригора И.В.	к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ8Т	Харин Михаил Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ8Т	Харин Михаил Сергеевич

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	ОМ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Тема ВКР:

Увеличение износостойкости узлов вращения выходного вала УРДО Диоген	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объект данного исследования – жизненный цикл выходного вала. Рабочая зона Технологический процесс включает несколько видов обработки металла (выходного вала): отрезные, токарные, фрезерные, слесарные работы, термическая обработка. Площадь отапливаемого помещения 435 м², освещение смешанное. Наличие ленточной пилы, токарного обрабатывающего центра, токарно-винторезного станка, универсального фрезерного станка, муфельной печи для отпуска валов. Области применения – машиностроение, нефтеперерабатывающая промышленность.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ. ГОСТ Р 54578-2011 ГОСТ 12.1.005-88 ГОСТ Р 51337-99 ГОСТ 12.3.004-75 ГОСТ 12.1012-2004 ГОСТ 12.2.003-91 Р 2.2.2006-05 СНиП 23-05-95* СанПиН 2.2.4.3359-16 ГОСТ 12.1.004-91 ИОТ - 040 - 2001</p>
<p>2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p>	<p>Вредные факторы: повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; аэрозоли фиброгенного действия (пыли); высокий уровень шума и вибрации; недостаточная освещённость рабочей зоны; монотонность работы.</p>

2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Опасные факторы, относящиеся к оборудованию: возможность поражения электрическим током; повышенная температура поверхности изделия, оборудования; движущиеся машины и механизмы. Рассмотреть: требования электробезопасности, требования при работе с муфельной печью. Предлагаемые средства защиты: коллективная защита (вентиляция, местные вытяжки); индивидуальные средства защиты (перчатки, защитная одежда, очки, маска).
3. Экологическая безопасность:	Влияние производства на атмосферу, на гидросферу. Меры для защиты окружающей среды. Методы утилизации ТБО, люминесцентных ламп, СОЖ, металлической стружки.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС - возгорание оборудования, пожар.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Романцов Игорь Иванович	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ8Т	Харин Михаил Сергеевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 119 с., 33 рисунка, 26 табл., 6 источников, 3 прил.

Ключевые слова: жизненный цикл, износостойкость, вал, технология, конструкция, технологический процесс.

Объект исследования: жизненный цикл узла вращения выходного вала устройства для размыва донных отложений «Диоген».

Предмет исследования: технологические процессы жизненного цикла.

Цель работы: изучить влияние увеличения износостойкости выходного вала на жизненный цикл изделия.

В процессе исследования проводились: изучение основных функций объекта исследования, анализ технологических процессов изготовления изделия и применяемых материалов, влияние изменений в технологии на жизненный цикл изделия, на производство и себестоимость изготовления изделия.

В результате исследования предложен альтернативный материал для изготовления выходного вала, внесены изменения в технологический процесс, приводящие к увеличению износостойкости вала, снижающие затраты на изготовление.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: без изменений габаритов всего изделия, с минимальными изменениями в технологии производства, достигнуто увеличение износостойкости выходного вала.

Экономическая эффективность/значимость работы состоит в том, что без существенного изменения жизненного цикла, технологии производства и себестоимости изделия, достигнуто улучшение его качественных характеристик, что приведет в дальнейшем к снижению расходов на сервисное обслуживание данной номенклатуры продукции.

В будущем планируется применение результатов исследования в практической работе, связанной с модернизацией серийной продукции.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013. При создании модели и расчета нагрузки вала использовался САПР Autodesk Inventor Professional 2010. Для создания схем и чертежей использовался продукт КОМПАС-3D-V16.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей работе были использованы следующие сокращения:

УРДО – устройство размыва данных отложений.

НПС – нефтеперерабатывающая станция.

АПП – автоматический привод поворота.

В настоящей работе были использованы ссылки на следующие стандарты:

1 ГОСТ 1510–84. Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.

2 ГОСТ 9833-73 Кольца резиновые уплотнительные круглого сечения для гидравлических и пневматических устройств. Конструкция и размеры

3 ГОСТ 2590-2006 Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент.

4 ГОСТ 5632-2014 Нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки

5 ГОСТ 5949-75 Сталь сортовая и калиброванная коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия.

6 ГОСТ 7566-2018 Металлопродукция. Правила приемки, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.

7 ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия.

8 ГОСТ 17535-77 Детали приборов высокоточные металлические. Стабилизация размеров термической обработкой. Типовые технологические процессы

9 ГОСТ 23170-78. Упаковка для изделий машиностроения. Общие требования.

10 ГОСТ 9.014-78. Единая система защиты от коррозии и старения. Временная противокоррозионная защита изделий. Общие требования.

11 ГОСТ 10354-82. Пленка полиэтиленовая. Технические условия.

12 ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

13 ГОСТ ИЕС 61241-1-2-2011. Электрооборудование, применяемое в зонах, опасных по воспламенению горючей пыли.

14 ГОСТ ИЕС 60079-14. Взрывоопасные среды. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок.

15 РД-75.200.00-КТН-119-16. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Техническое обслуживание и ремонт механо-технологического оборудования и сооружений НПС.

16 ГОСТ Р 54578-2011 Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия.

17 СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений

18 ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

19 ГОСТ Р 51337-99 Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей.

20 ГОСТ 12.3.004-75 ССБТ. Термическая обработка металлов. Общие требования безопасности.

21 ГОСТ 12.1012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

22 ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

23 Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

24 ГОСТ 12.2.009-80 ССБТ. Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности.

25 ГОСТ 12.2.062-81* ССБТ. Оборудование производственное. Ограждения защитные.

26 ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

27 ГОСТ 12.1012-90 Вибрационная безопасность. Общие требования.

28 СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение.

29 СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

30 СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.

31 ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

32 ИОТ-040–2001 Инструкция по охране труда при работе с муфельной электропечью.

33 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	18
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	20
1.1 Обзор аналогов	23
1.2 Методы повышения износостойкости материала.....	27
2 ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ИЗДЕЛИЯ	32
2.1 Планирование ЖЦИ.....	32
2.1.1 Обзор конструкции «Диоген».....	32
2.1.2 Описание проблемы.....	33
2.1.3 Пути решения проблемы	37
2.1.4. Обзор вносимых изменений в РКД	38
2.1.5 Схема ЖЦИ.....	39
2.2 Проектирование изделия	42
2.2.1. Расчет нагрузки на вал методом конечных элементов	42
2.3 Проектирование и разработка процессов	47
2.3.1 Технологический процесс, нормирование времени	47
2.3.2 Обзор оборудования	55
2.3.3 Организация производственного участка.....	61
2.4 Материально-техническое обеспечение производства	63
2.4.1 Подбор поставщиков	63
2.4.2 Требования к подрядным организациям.....	64
2.5. Упаковка и хранение.....	65
2.6 Эксплуатация и техническое обслуживание	67
3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ, И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	71

Введение.....	71
3.1. Расчет затрат на материалы	71
3.2 Расчет трудозатрат	72
3.3 Расчет затрат на кооперацию по закаливанию и пескоструйной обработке 73	
3.4 Расчет затрат на гарантийное обслуживание и ремонт.....	74
Заключение	75
4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	76
4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	76
4.1.1 Правовые нормы трудового законодательства	76
4.1.2 Эргономические требования компоновке рабочей зоны	79
4.2. Производственная безопасность.....	80
4. 3 Экологическая безопасность.....	91
4.4 Безопасность при чрезвычайных ситуациях	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	97
ЛИТЕРАТУРА	98
Приложение А	99
Приложение Б.....	105
Приложение В - ФЮРА.715313.001 Вал. Чертеж детали.....	119

ВВЕДЕНИЕ

В связи с увеличением нефтедобычи во всем мире, ростом внутреннего потребления, экспорта нефти и нефтепродуктов остро встает вопрос их транспортировки и хранения. Хранение большого объема в резервуарах приводит к образованию и накоплению донных отложений. Наличие этих отложений приводит к использованию неполного объема резервуаров, к возникновению коррозионно-опасных участков, затруднению процесса их эксплуатации. Возникают сложности при количественном и качественном учете нефтепродуктов, снижаются технико-экономические показатели работы резервуаров и системы в целом.

Следовательно, очистка резервуаров является важным направлением их эксплуатации. Со временем осадок уплотняется и трудно поддается размыву. Очистку резервуаров проводят согласно ГОСТ 1510-84.

Предотвращение накопления осадков является одним из вариантов решения данной проблемы. Для размыва донного осадка могут применяться гидравлические системы размыва. Примером служит система, разработанная ВНИИСПТнефть и внедренная в резервуарах многих нефтеперекачивающих станций и нефтебаз. Система состоит из группы веерных сопел, из которых струи нефти распространяются по днищу резервуара, смывают осадок, и затем взвешенный осадок вместе с нефтью откачивается из резервуара [1].

Существенным недостатком систем этого вида является разрушение обвязок трубопроводов со временем, засорением подвижных частей сопел, снижение эффективности размыва [2].

Еще одним способом размыва донных отложений является размыв подвижной затопленной струей. В исследовании будут затронуты подобные типы устройств.

В ходе данной работы был исследован жизненный цикл узла вращения выходного вала УРДО «Диоген».

Устройство предназначено для создания направленных затопленных турбулентных струй в нижнем слое нефти (нефтепродукта) в вертикальных

стальных резервуарах объемом 2000-50000 м³ с целью размыва и перевода во взвешенное состояние парафинистых отложений для последующей откачки их вместе с нефтью (нефтепродуктом).

Предметом исследования являются технологические процессы жизненного цикла.

Цель работы: изучить влияние увеличения износостойкости выходного вала на жизненный цикл изделия.

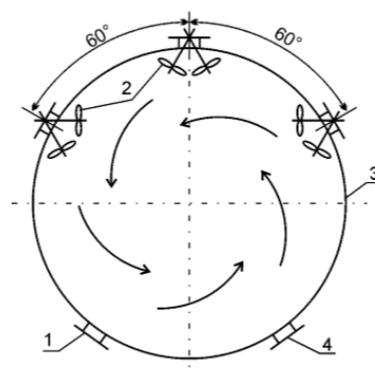
Для достижения цели сформулированы следующие задачи:

- 1 Обзор существующих аналогов УРДО и методов повышения стойкости материалов;
- 2 Создание технического задания;
- 3 Подбор материала и внесение изменений в технологический процесс;
- 4 Расчет нагрузки на вал;
- 5 Анализ жизненного цикла изделия;
- 6 Оценка экономического эффекта.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Смесительные устройства для размыва донных отложений обычно устанавливают в резервуарах, получающих высоковязкую или загрязненную сырую нефть. Эти устройства не допускают образования осадков в нижней зоне резервуара.

Винтовые смесители устанавливают под нижним уровнем опускания плавающей крыши резервуара напротив всасывающих и нагнетательных патрубков на угловом расстоянии друг от друга в 60° (рисунок 1). Положение вала винта смесителя в горизонтальной плоскости может меняться на 30° , что дает возможность улучшить зачистку дна резервуара. Эффективность смесителей в больших резервуарах (до $100\ 000\ \text{м}^3$) повышается при сочетании их с системой подогрева.

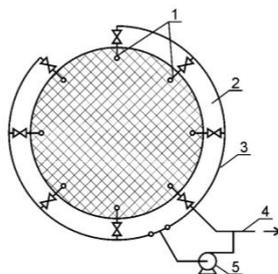


1 – наливной патрубок; 2 – винтовой смеситель; 3 – стенка резервуара;
4 – сливной патрубок.

Рисунок 1 - Схема установки в резервуаре винтовых смесителей

Применяют устройства на равном расстоянии друг от друга в нижней части стенки резервуара нескольких отсосов (рисунок 2), соединенных с откачивающим насосом, который работает во время опорожнения резервуара.

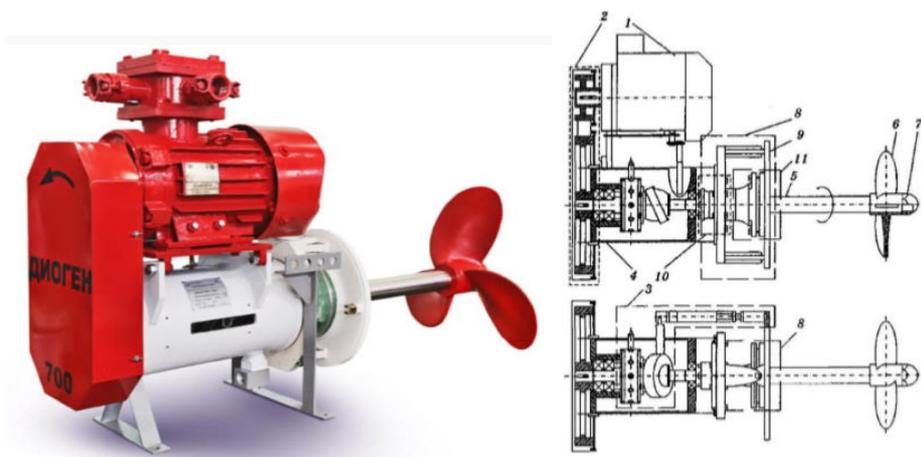
При работе таких устройств не происходит накопления статического заряда.



1 – отсосы; 2 – стенка резервуара; 3 – обвязка отсосов; 4 – отсасывающий трубопровод; 5 – откачивающий насос

Рисунок 2 - Схема устройства отсосов в резервуаре

К таким устройствам относится УРДО «Диоген» (рисунок 3) производства АО «ТОМЗЭЛ». Технические характеристики устройства «Диоген» приведены в таблице 1.



1- взрывозащищенный асинхронный электродвигатель; 2 плоскозубчатая ременная передача; 3- автоматический привод поворота; 4- корпус; 5- вал; 6 - пропеллер; 7- обтекатель; 8- шарнирный узел; 9- фланец присоединительный; 10 - торцовое уплотнение; 11 - сферическое уплотнение

Рисунок 3 - УРДО «Диоген»

УРДО состоит из корпуса, вала, на котором закреплен винт. Винт приводится во вращение с помощью электродвигателя посредством плоскозубчатой ременной передачи. Вал совершает веерообразные перемещения. Воздействие на поверхность осадка достигается еще за счет качания вала мешалки в горизонтальной плоскости (угол между крайними

положениями 60°). Между перемещением вала из одного крайнего положения в другое проходит до 5 часов.

УРДО «Диоген» используется для разрушения осадков, удаления шламов в резервуарах и емкостях с легковоспламеняющимися жидкостями (бензин, дизтопливо, нефть, мазут, битум, нефтепродукты и т.п.). Использование устройства исключает разделение жидкостей на фракции, позволяет поддерживать постоянную температуру в резервуаре и хранить топливо на протяжении длительного времени, сохраняя его потребительские качества. Недостатком «Диогена» является частое техническое обслуживание вращающихся деталей устройства.

Т а б л и ц а 1 – Технические характеристики устройств «Диоген»

Наименование параметра	Диоген-500	Диоген-700
Максимальный диаметр пропеллера, мм	500	700
Скорость вращения, об/мин.	690	690
Максимальная длина затопленной струи нефти, м	28	45
Максимальный угол поворота вала пропеллера в горизонтальной плоскости не менее, угл.град.	60	60
Время поворота вала пропеллера в пределах 60°, час	3,5	5
Питающее напряжение, В	380	380
Электродвигатель ЭД	АИМР-160	АИМР-160
Потребляемая мощность, кВт	15	18,5
Степень защиты оболочки ЭД	IP54	IP54
Габариты, LxВxН, мм	1800x500x900	1800x700x1030
Срок службы, лет	15	15
Климатическое исполнение	УХЛ 1	УХЛ 1

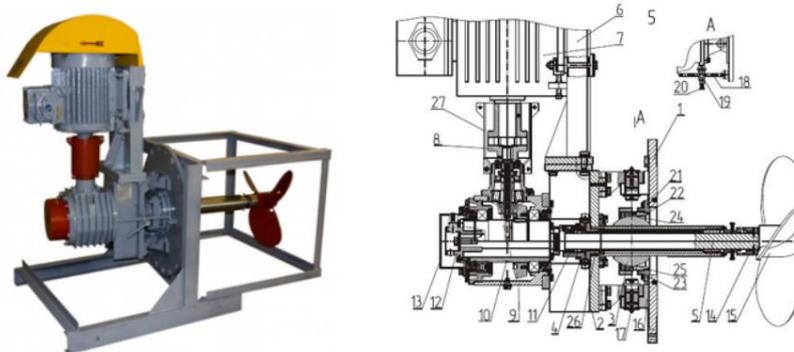
1.1 Обзор аналогов

На рынке сегодня представлены разные модели, отечественных и зарубежных производителей. Рассмотрим некоторые отечественные аналоги.

По принципу действия мешалки типа гребной винт делятся на две группы. К первой группе относится мешалка для резервуаров НХ 63.00.000. Эти мешалки перемешивают весь объем нефти, предотвращая образование осадка. Вторая группа - «Диоген-500/700», «Тайфун-20/24/28». Эти устройства создают длинную затопленную узконаправленную струю. Осадок размывается в месте соприкосновения струи с ним.

Мешалка для резервуаров серии НХ 63.00.000

Мешалка для резервуаров серии НХ 63.00.000 (рисунок 4) предназначена для перемешивания нефти, нефтепродуктов и нефтехимических жидкостей в вертикальных цилиндрических резервуарах и емкостях объемом от 200 до 10000 м³.



1- крышка люка резервуара, 2 - кронштейн, 3 - опора шаровая, 4 - фланец опорный, 5 - вал мешалки, 6-рама электродвигателя, 7 - электродвигатель, 8-муфта, 9 - редуктор, 10 - выходной вал редуктора, 11- торцевое уплотнение, 12-крестовина, 13-кожух, 20-болт, 14-затвор, 15-пропеллер, 16-шарнирный узел, 17-масленка, 18-упор, 19-вилка, 21,22,24,26 — кольца резиновые, 23-сальниковая набивка, 25-гайка, 27-полукожух

Рисунок 4 - Мешалка для резервуаров серии НХ 63.00.000

Особенность конструкции данных устройств — специальные уплотнительные материалы и подшипники скольжения. Это позволяет

устройству работать в среде, обладающей низкими смазывающими свойствами. Технические характеристики устройства приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Технические характеристики мешалок серии НХ 63.00.000

Наименование параметра	Мешалки для резервуаров серии НХ 63.00.000			
	Серия - Д	Серия – 01	Серия – Г	Серия - С
Конструктивное исполнение	Моноблочное исполнение перемешивающего устройства и привода			
Возможность поворота вала	±30° от нейтрального положения		Фиксированный угол поворота 10°	
Тип привода	Электрический			
Номинальная мощности электропривода привода, кВт	22	22	11	7,5
Диаметр пропеллера, мм	700,6	700, 600, 500	600,5	
Частота вращения пропеллера, об./мин.	365			
Тип уплотнения мешалки	Торцевое одинарное	Торцевое двойное	Торцевое одинарное	
Перемешиваемые продукты	Темные нефтепродукты	Нефть	Темные вязкие нефтепродукты	Темные вязкие нефтепродукты, нефтехимические жидкости
Объем резервуара, м ³	3000-100000	500-50000	200-5000	300-5000
Габаритные размеры, мм, не более:				
длина L	1600	1600	1600	1600
ширина В	755	755	755	640
высота Н	1600	1600	1600	1600
Масса, кг, не более	600	500-620	500-590	480-590

Мешалка устанавливается на люк первого пояса резервуара. Вал мешалки располагается параллельно днищу резервуара. Под воздействием затопленной струи от пропеллера продукт в резервуаре перемешивается, при этом происходит размыв донных отложений. При повороте выходного вала мешалки с пропеллером на угол до 30° от нейтрального положения всему продукту в резервуаре придается вращательное движение, позволяющее выравнивать характеристики продукта по всему объему резервуара. Для резервуаров больших объемов (5000 м³ и выше) направление вращения продукта в резервуаре может меняться на противоположное путем поворота выходного вала мешалки в шаровой опоре.

Применяется устройство для приготовления нефтепродуктов (мазута, масел, битума, бензина), нефтехимических жидкостей (формалина, формальдегида, щелочных растворов) [3].

Устройство для размыва донных отложений «Тайфун-20/24»

Устройства для размыва донных отложений «Тайфун-20/24» (рисунок 5) предназначено для размыва донных отложений в резервуарах объемом от 1000 м³ до 15000 м³ с легковоспламеняющимися жидкостями (бензин, дизельное топливо, нефть, нефтепродукты), а также для предотвращения образования этих отложений. Устройство разрушает осадки и удаляет шлам в емкостях с легковоспламеняющимися жидкостями.



Рисунок 5 – УРДО «Тайфун»

Основные функции устройства «Тайфун»: размыв и перемешивание донных отложений в резервуаре и предотвращение образования донных осадков, перемещающейся струей нефти, формируемой пропеллером; автоматическое перемещение струи нефти в горизонтальной плоскости за счет поворота оси пропеллера; создание кругового вращения всей массы нефти в резервуаре при работе устройства в крайних угловых положениях вала пропеллера. Технические характеристики устройств «Тайфун» приведены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 – Технические характеристики УРДО «Тайфун 20/24»

Наименование параметра	Тайфун 20	Тайфун 24
Максимальный диаметр гребного винта, мм	500	600
Скорость вращения винта, об/мин	690	690
Номинальная мощность электродвигателя, кВт	15	18,5
Максимальная реактивная сила от гребного винта, Н	3000	4200
Допустимое давление со стороны резервуара, МПа	0,22	0,22
Вязкость перемешиваемой жидкости, сСт не более	42	40
Длина затопленной струи перемешиваемой жидкости, м	до 45	До 45
Время поворота устройства, ч	3,5	3,5
Угол поворота устройства, угл.град	55-60	
Номинальное напряжение трехфазной питающей сети, В	323-418	
Степень защиты по ГОСТ 14254-96	IP 54	
Климатическое исполнение	У1; УХЛ1	
Масса, кг	490	520
Срок службы, лет	15	
Габариты, ДхШхВ, мм	1740х435х1034	

Устройства гребным винтом создают длинную (до 47 м) узконаправленную высокоскоростную струю жидкости, которая за счет автоматического возвратного углового движения самого устройства, перемещается над днищем резервуара, практически охватывая всю его площадь (рисунок 6).

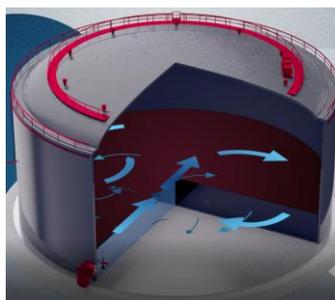


Рисунок 6 - Процесс размыва донных отложений в резервуаре с нефтью

Предотвратить образование осадков и осуществить гомогенизацию жидкости, хранящейся в резервуаре, позволяют периодические включения устройства (раз в 10 дней) на 12-14 часов.

При автоматическом повороте устройства во время работы (1 цикл — поворот $\pm 60^\circ$ за 3,5 часа) жидкость интенсивно перемешивается, причем направление ее кругового движения в резервуаре меняется за цикл 4 раза. Устройство эксплуатируется при температуре окружающей среды от -50 до $+50^\circ\text{C}$, на открытом воздухе и не требует дополнительного обогрева. По сравнению с аналогами, УРДО «ТАЙФУН» имеют малые габариты и массу. Автоматический привод поворота не требует дополнительных настроек и вмешательства человека.

У перемешивающих устройств существуют недостатки – разрушение торцевого уплотнения, вызванного затвердеванием мазута в зазорах и полостях около этого узла после понижения температуры мазута ниже допустимой -40°C .

Охлажденный мазут резко увеличивает свою вязкость, склеивает уплотняющие кольца торцевого уплотнения, заполняет зазоры узла торцевого уплотнения и связывает взаимно перемещающиеся детали. При включении разрушаются склеенные уплотняющие кольца.

Для устранения недостатка УРДО «Тайфун» оснащены напорным механизмом. Напорный механизм под давлением подает в зазоры узла торцевого уплотнения растворитель (дизельное топливо, керосин, бензин), который растворяет и под давлением вымывает оттуда все высоковязкие и парафинистые остатки обратно в резервуар[4].

1.2 Методы повышения износостойкости материала

Недостатком УРДО «Диоген» является быстрый износ вала, что приводит к выходу из строя уплотнительных колец и потере герметичности изделия. Данный вал служит для передачи крутящих моментов на достаточно большие расстояния в пределах конструкции. Проблему можно решить

разными способами, один из них касается механических свойств материала изделия. Здесь можно выделить два направления. Первый момент - подбор материала, его химического состава, который будет обеспечивать необходимые механические свойства изделия. Второе направление - технологическое. В процессе обработки деталей свойства материала могут изменяться, причиной являются условия и режимы обработки. Для повышения износостойкости применяют различные способы.

Различают следующие виды повышения износостойкости:

1) Термические, термохимические способы:

Термическая обработка. Обработку проводят для создания технологических и эксплуатационных свойств детали по всему объему или на поверхности. Термообработка различается температурой и способом нагрева, скоростью нагрева и охлаждения, закалочной средой и способом охлаждения в закалочных средах. Для каждого материала приводится технологический процесс закалки согласно нормативной документации.

Термомеханическая обработка. Совмещаются операции обработки давлением с термической обработкой деталей. При термохимической обработке измельчается зерно и создается определенная структура сплава. В результате – повышаются прочностные характеристики.

Поверхностная закалка. Поверхностный нагрев детали осуществляется газовым пламенем (при закалке деталей крупных габаритов и сложной формы), токами высокой частоты, распыленными электролитами.

Термодиффузное (химико-термическое упрочнение). Осуществляется в результате насыщения поверхности детали легирующими элементами, которые изменяют химический состав и структуру поверхностного слоя.

Термохимическое упрочнение. При этом процессе деталь покрывается энерговыделяющими термитными пастами. Паста состоит из кислородосодержащих веществ, связующего вещества, порошков алюминия, кальция, магния, железа. При поджигании смеси на поверхность детали

достигает температуры до 600-800 °С. Легирующий элемент во время этой реакции диффундирует в поверхность детали.

2) Электрохимические и электрофизические способы:

Гальванические способы упрочнения. К способам относят твёрдое никелирование, электролитическое фосфатирование, эмалирование. Никелирование позволяет восстановить размеры деталей, повысить износостойкость, фосфатирование - после механической обработки. Процесс эмалирования заключается в получении плотных защитно-декоративных эмалевидных пленок электролитическим путем.

Химические способы. Используются для повышения долговечности и надежности деталей. Поверхность детали проходит обработку, проводится обезжиривание и протравливание. Далее в ванне с раствором происходит оседание необходимого элемента.

Электроискровое упрочнение. При искровом разряде в цепи постоянного тока происходит перенос материала с анода на катод. В этом процессе деталь в качестве катода, анод – инструмент из упрочняющего материала. В процессе разряда происходит диффузия легирующего материала под тонкий слой оплавленного слоя детали, и после быстрого охлаждения происходит химическое упрочнение.

Электроконтактное упрочнение. Возникает при перемещении инструмента – анода по поверхности детали-катода. За счет переноса, легирующего материала, процесса его диффузии и закалки, образуется упрочненный поверхностный слой.

3) Механическое упрочнение поверхностей деталей:

Пластическое деформирование. Во время этого процесса происходит изменение формы кристаллов и измельчение зерен сплава. Изменяются физико-механические свойства поверхностного слоя, повышается прочность, твердость, контактная выносливость и износостойкость.

Дробеструйная обработка. Метод заключается в обработке поверхности деталей мощной струей сжатого воздуха, смешанного

с частицами абразивных материалов. Дробеструйное оборудование производит сильный поток воздуха, который увлекает за собой дробь. Она ударяется о металл, очищая его от ржавчины, сглаживая неровности и присутствующие шероховатости. Этот метод укрепляет кристаллическую решетку металла, делая его прочным и менее восприимчивым к воздействию ржавчины, снимет напряжение.

Вибрационная обработка. Метод состоит в последовательном нанесении на поверхности обрабатываемых деталей большого числа микроударов шлифовальным материалом под действием направленных вибраций.

Алмазное упрочнение и выглаживание. Инструментом служит кристалл алмаза, имеющий сферическую рабочую часть. Усилие прижима создается тарированной пружиной. Шлифование создает в поверхностном слое остаточные растягивающие напряжения, которые компенсируются сжимающими напряжениями после алмазного выглаживания.

Обработка роликами и шариками. Один из наиболее распространенных технологических способов упрочнения деталей машин. Выполняется с помощью свободно вращающихся одного или нескольких роликов, соприкасающихся с обрабатываемой деталью под определенным давлением. В результате пластической деформации происходит наклеп поверхностного слоя, возникают остаточные напряжения сжатия, изменяется структура поверхностного слоя, что приводит к увеличению твердости материала.

Дорнование. Сущность процесса заключается в перемещении жёсткого рабочего инструмента дорна в отверстии заготовки с натягом. В процессе обработки за счёт натяга обеспечивается упрочнение металла в поверхностном слое, сглаживание исходных шероховатостей, изменение форм и размеров поперечного сечения отверстия и заготовки в целом. Размеры поперечного сечения отверстия меньше размеров поперечного сечения инструмента заготовки на величину натяга.

4) Напыление покрытий в вакууме:

Катодное распыление. Заключается в бомбардировке мишени ионами газоразрядной плазмы и осаждении распыленных частиц на поверхности деталей.

Ионное осаждение представляет собой термическое формирование покрытий в газовом разряде. Особенность метода - использование процесса бомбардировки поверхности катода потоком ионов высокой энергии перед осаждением покрытия - для очистки поверхности детали, так и в процессе формирования требуемого покрытия.

Термическое осаждение. Основано на свойстве паров металлов осаждаться на поверхности основы- изделия [5].

В данной работе будет рассматриваться термический способ упрочнения металла, с последующей механической обработкой в пескоструйной камере.

2 ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ИЗДЕЛИЯ

2.1 Планирование ЖЦИ

2.1.1 Обзор конструкции «Диоген»

УРДО «Диоген-500» включает в себя основные части (рисунок 7):

- 1 взрывозащищенный асинхронный двигатель поз.1 с встроенными датчиками температурной защиты обмоток;
- 2 ременная передача поз.2;
- 3 автоматический привод поворота поз.3;
- 4 корпус поз.4 с подшипниковыми опорами;
- 5 вал поз.5, гребной винт поз.6 и обтекатель поз.7;
- 6 шарнирный узел поз.8;
- 7 фланец поз.9;
- 8 плита установочная поз.10;
- 9 торцевое поз.11 и сферическое поз.12 уплотнение;
- 10 система контроля и сигнализации поз.28.

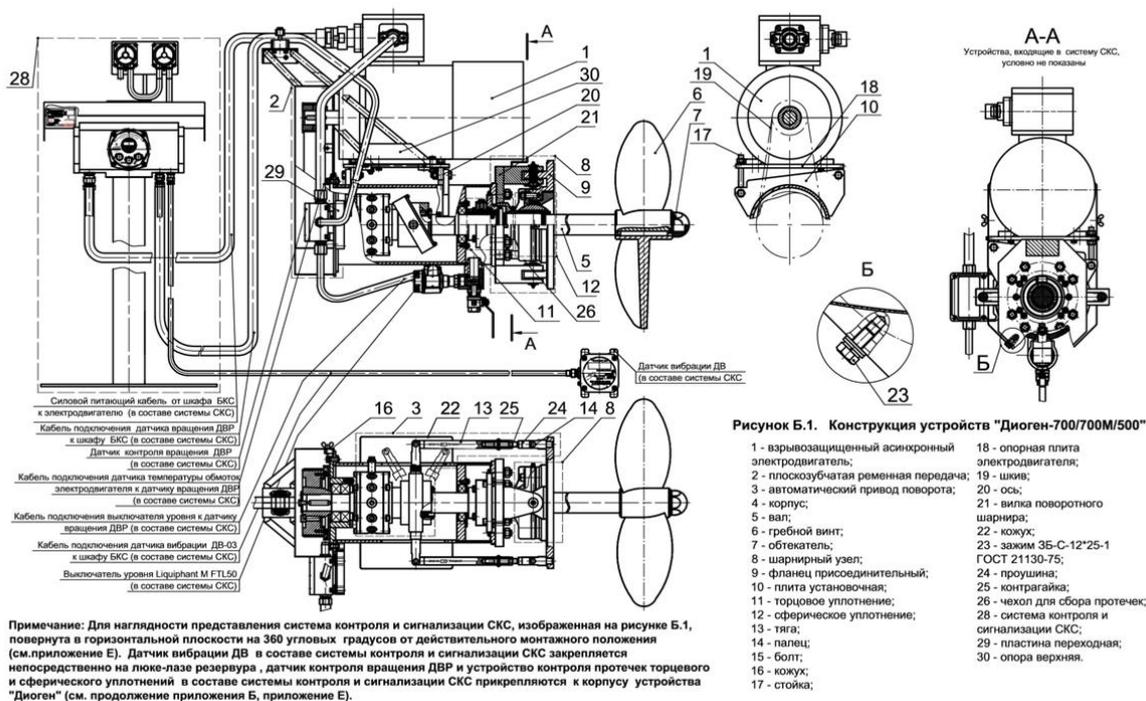


Рисунок 7 – Конструкция устройства «Диоген-500»

При включении изделия вращение от взрывозащищенного электродвигателя поз.1 (см. рисунок 7) через плоскозубчатую ременную передачу поз.2 передается на вал поз.5, установленный на подшипниковые опоры корпуса поз.4. При этом свободный конец вала поз.5, расположенный в резервуаре с нефтью, передает вращение на закрепленные на нем гребной винт поз.6 и обтекатель поз.7. За счет вращения гребного винта поз.6 создается направленная затопленная турбулентная струя нефти, обладающая размывающим эффектом (скорость движения частичек нефти более 0,5 м/с) и простирающаяся на расстояние до 47 метров.

Встроенный автоматический привод поворота (АПП) поз.3 обеспечивает в процессе работы изделия поворот корпуса поз.4 с валом поз.5 в горизонтальной плоскости на угол 60° относительно шарнирного узла поз.8, смонтированного на присоединительном фланце поз.9, закрепленном на крышке люка-лаза РВС. Время прохождения вала поз.5 с гребным винтом поз.6 от одного крайнего положения до другого составляет до 5 часов. Отбор вращательного движения на входной вал АПП производится от вала поз.5, проходящего соосно через центр АПП.

2.1.2 Описание проблемы

В процессе эксплуатации изделия было выявлено:

- нарушение срока эксплуатации изделия по причине нарушения герметичности уплотнений;
- увеличенный износ уплотнительных колец;
- уменьшение устойчивости вала под воздействием продольной силы и уменьшение жесткости при воздействии поперечной нагрузки.

Данные нарушения являются существенными и приводят к прекращению эксплуатации изделия.

Перечень выполняемых работ:

1. Вывод устройства в ремонтное положение;
2. Разборка крупных узлов без демонтажа с резервуара хранения;

3. Промывка всех узлов устройств;
4. Замена следующих деталей:
 - Пружина – 1 шт.
 - Кольцо уплотнительное графитовое – 2 шт.
 - Комплект колец резиновых ГОСТ 9833-73 – 5 шт.
 - Палец – 1 шт.
 - Уплотнитель (наружные кольца) – 2 шт.
5. Смазка деталей;
6. Сборка устройства;
7. Вывод в рабочее положение.

Стоимость выполняемых по ремонту работ составляет порядка 120 тыс. руб., из них в том числе прямых расходов 30 тыс. руб., косвенных расходов – 66 тыс. руб.

Таким образом, выявление и устранение причин выхода из строя изделия является важной задачей, увеличивающей срок эксплуатации изделия и уменьшающей расходы на обслуживание.

Ниже рассмотрены элементы, которые разрушаются в процессе эксплуатации. Кольцо уплотнительное и наружные уплотнительные кольца показаны на рисунке 8. Задача данных деталей в обеспечении герметичности области смазки вала от наружной среды. Разрушение уплотнительных деталей происходит по причине увеличенного неравномерного давления на них поверхностью вала.

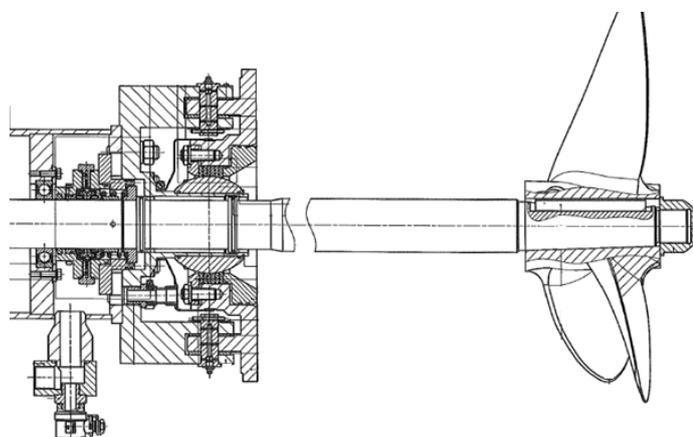


Рисунок 8 – Общий вид герметизации вала

Наружное уплотнительное кольцо торцевого уплотнения показано на рисунке 9.

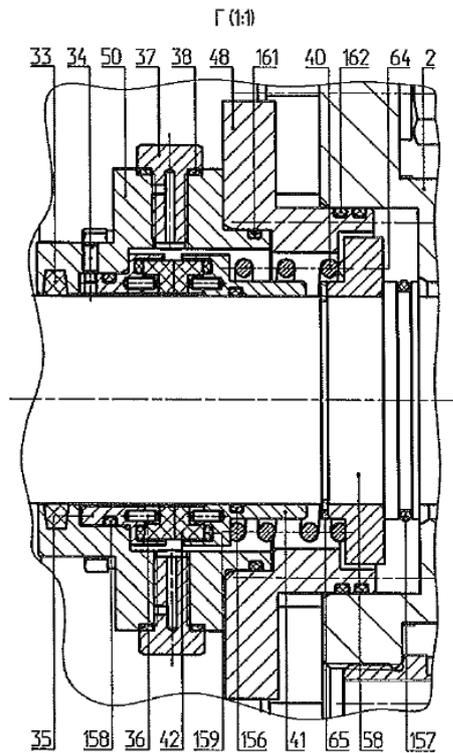


Рисунок 9 – Расположение наружного уплотнительного кольца поз. 42 торцевого уплотнения вала

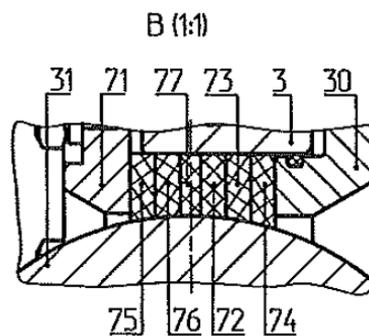


Рисунок 10 – Расположение кольца уплотнительного поз. 75 сферического уплотнения поворотного шарнира

Задача уплотнительных колец в обеспечении герметизации области вала и поворотного шарнира, но они не несут в себе направляющую функцию при вращении вала. Таким образом, можно прийти к выводу, что нарушение уплотнений происходит из-за осевого смещения вала во время работы, что приводит к увеличенному давлению вала на уплотнительные кольца.

Следовательно, для исключения причины «болтанки» вала, необходимо устранить нарушения в местах крепления вала к корпусу.

Основная задача вала – передача крутящего момента от привода к пропеллеру. Вал вращается в осевых подшипниках (рисунок 11). Вследствие конструктивных недостатков, происходит разрушение поверхности вала в местах крепления подшипников к валу, повышенный износ в указанных местах. Это и приводит увеличению осевых смещений, разрушению уплотнителей и нарушению герметичности.

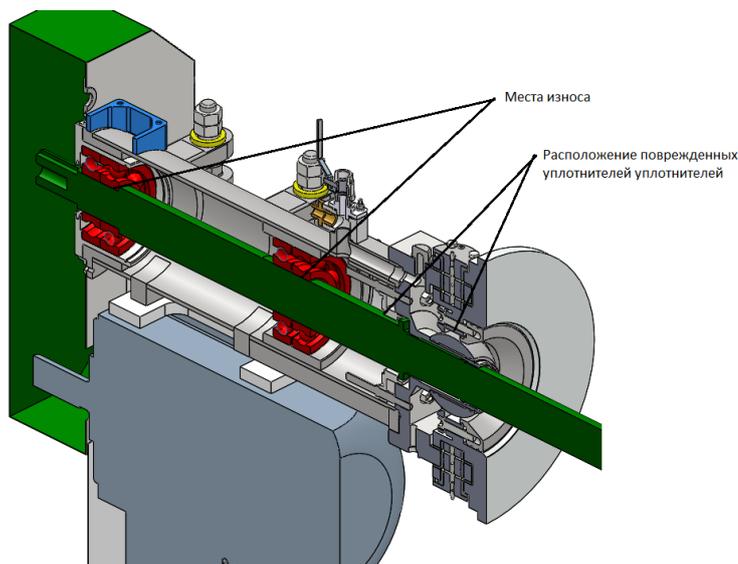


Рисунок 11 – Места износа вала и повреждения уплотнений

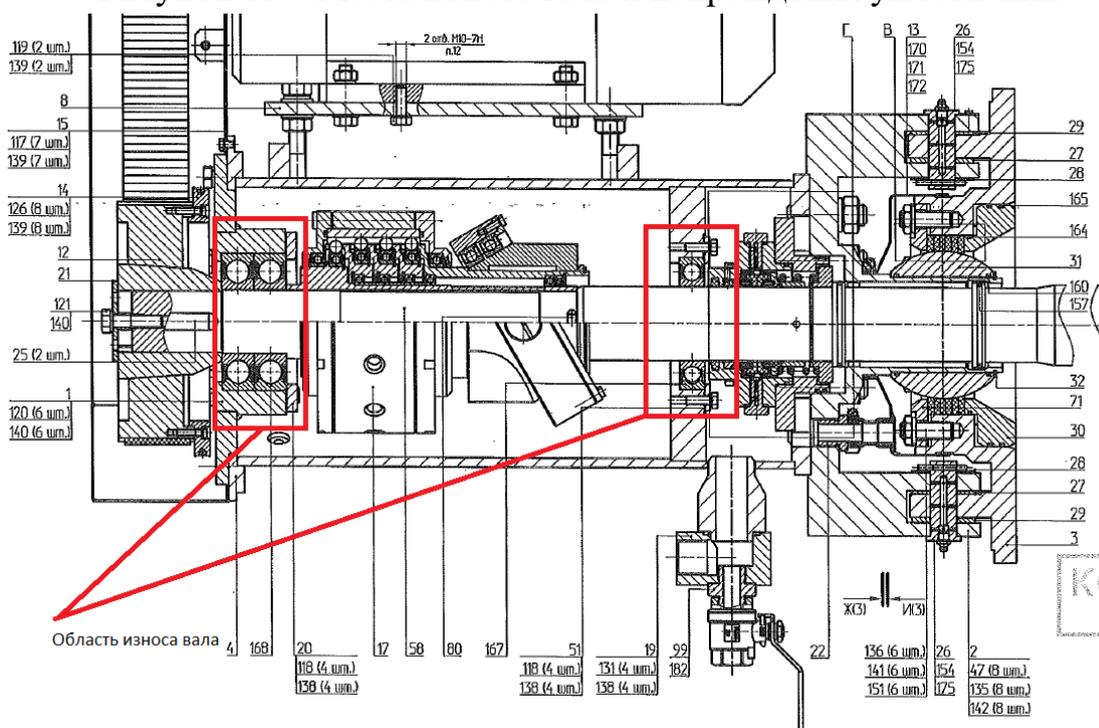


Рисунок 12 – Места износа вала



Рисунок 13 – Износ вала

2.1.3 Пути решения проблемы

В связи с тем, что длина вала, передающего крутящий момент превышает сечение более чем в 10 раз, это уменьшает устойчивость при воздействии продольной силы и уменьшает жесткость при воздействии поперечной нагрузки. Материал вала-прототипа - Круг горячекатаный В1-П-МД-90х1710 ГОСТ 2590-2006/12х18Н10Т ГОСТ 5632-2014. Назначение марки стали приведено в таблице 4.

Т а б л и ц а 4 – Назначение стали 12Х18Н10Т по ГОСТ 5632-2014

Марка стали	Назначение
12Х18Н10Т	Трубы, детали печной арматуры, теплообменники, муфели, реторты, патрубки и коллекторы выхлопных систем, электроды искровых зажигательных свечей
	Применяется для изготовления свариваемой аппаратуры в разных отраслях промышленности.
	Детали выхлопных систем, трубы, листовые и сортовые детали

Использование стали также рекомендуется:

- для сварных конструкций в разных отраслях промышленности;
- для сварных конструкций, работающих при температуре до 80 °С в серной кислоте различных концентраций (не рекомендуются 55 %-я уксусная и фосфорная кислоты).

В связи с тем, что вал подвергается постоянным высоким нагрузкам на трение, изгибы и растяжение, применение данной марки стали нецелесообразно.

В качестве материала-заменителя используем - Круг горячекатаный В1-П-МД-90х3500 ГОСТ 2590-2006/40х13-б ГОСТ 5949-75. Назначение марки стали 40х13-б ГОСТ 5949-75 приведено в таблице 5.

Т а б л и ц а 5 – Назначение стали 40Х13-б по ГОСТ 5949-75

Марка стали	Назначение
40х13-б	Высоконагруженные детали, в том числе диски, валы, стяжные болты, лопатки и другие детали, работающие в условиях повышенной влажности.
	Для деталей с повышенной твердостью; режущий, измерительный, хирургический инструмент, клапанные пластины компрессоров и др.

Назначение стали прямо указывает на использование для таких высоконагруженных деталей, как валы.

Помимо первичной закалки для снятия напряжения (680-700 °С), в технологический процесс проектируемого вала включена вторичная закалка в масле при температуре 1000-1050 °С. После вторичной закалки следует пескоструйная обработка. В связи с тем, что оборудование для дополнительных технологических операций требует больших материальных расходов и организационных мероприятий, связанных с капитальным строительством, учитывая мелкосерийность производства устройств «Диоген» (75-85 шт. в год), было принято решение выполнять данные операции по договору подряда силами сторонней организации.

2.1.4. Обзор вносимых изменений в РКД

В рамках данного проекта конструкция вала не меняется, а рассматривается влияние на жизненный цикл изделия изменение материала вала и технологии обработки заготовки. Изменение коснется конструкторской

документации в соответствующем разделе чертежей. Рассматриваемый вал входит в состав головного изделия «Диоген-500» и является его неотъемлемой частью. При внесении изменений в изделие, изменения не должны затрагивать иные составные части сборочной единицы в целом, а также не должны увеличивать стоимость УРДО. Все элементы вала останутся неизменными, изменения коснутся материала изготовления. В рамках данной работы оформлен чертеж вала (Приложение В).

2.1.5 Схема ЖЦИ

Согласно темы ВКР и системы стандартов качества продукции серии ИСО 9000 была разработана схема жизненного цикла вала. В рамках данной работы были рассмотрены этапы ЖЦ, представленные на рисунке 14. Изменения затронули этапы конструкторской, технологической подготовки и самого производства. Изменение материала и технологического процесса изготовления вала не влияют на такие этапы ЖЦ, как – реализация, установка и ввод в эксплуатацию, послепродажная деятельность и эксплуатация, утилизация и переработка.

Этапы ЖЦ, подлежащие изменению при модернизации вала:

- маркетинг и изучение рынка (выявление потребности, формирование задач);
- проектирование и разработка продукта (выбор и обоснование материала-заменителя, разработка РКД);
- планирование и разработка процессов (создание и обоснование технологии и требуемого оснащения на производстве);
- закупки (формирование закупок, заключение договоров);
- производство и предоставление услуг (изготовление, кооперация, контроль качества);
- упаковка и хранение (маркировка изделия, консервация, передача на дальнейшую сборку в применяемое изделия).

Схема жизненного цикла подразумевает контроль качества выполнения поставленных задач на каждом этапе, с возможностью связи между этапами, для корректировки плана-графика при выявлении сбоев при контроле качества.



Рисунок 14 – Жизненный цикл вала

2.2 Проектирование изделия

В рамках данной работы рассматривается проблематика износоустойчивости основного вала в местах его крепления. В связи с тем, что в местах крепления вала происходит износ поверхности в процессе эксплуатации, проектирование изделия включает в себя изменение материала изготовления вала и последующие технологические изменения в его обработке (см. п. 2.1.2 и 2.1.3). При проектировании, вал в его конструкторских характеристиках остаётся неизменным. Меняется материал изготовления. В связи с чем, прилагаемый чертеж вала (Приложение В) является справочным.

2.2.1. Расчет нагрузки на вал методом конечных элементов

В рамках данной работы проведем расчет на контактную прочность и прочность от воздействия максимального крутящего момента на главный вал. Расчет выполнен с использованием лицензионного программного продукта «Autodesk Inventor Professional 2010».

Основной задачей настоящего расчета является определение:

- максимальных значений крутящего момента, который может быть приложен к валу;
- коэффициент запаса прочности основного вала изделия от действия максимального крутящего момента и осевого усилия от гребного винта (пропеллера);
- нагрузки (реакции) в подшипниковых узлах передней и задней опорах основного вала изделия при максимальном значении крутящего момента и осевого усилия.

1 Определение максимальных значений крутящего момента

В составе устройства «Диоген-500» применяется двигатель взрывозащищенный 2 АИМР М160S4 УХЛ1 (15 кВт; 1500 об/мин). Основные параметры электродвигателя приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Основные параметры электродвигателя 2 АИМР М160S4

Параметр	P_H , кВт	N_c , об/мин	M_H , Нм	КПД двиг.	$\cos \varphi$	I_ϕ , А	M_Π/M_H	$N_{дв}$, 1/мин	$M_{пуск}$, Нм	$M_{макс}/M_H$
Значение	15	1500	98	0,9	0,85	29,7	2,2	1463	215,6	2,5

Для определения параметров в таблице 6, использовались следующие формулы:

$$M_H = \frac{P_H \cdot 1000 \cdot 30}{3,14 \cdot N_c \cdot (1 - S_H/100)} \quad (1)$$

$$I_\phi = \frac{P_H \cdot 1000}{КПД \cdot \cos \varphi \cdot 3 \cdot 220} \quad (2)$$

$$N_{дв} = N_c \cdot (1 - S_H/100) \quad (3)$$

$$I_{пуск} = \frac{I_\phi \cdot I_\Pi}{I_H} \quad (4)$$

Максимальный крутящий момент на валу электродвигателя устройства «Диоген-500»:

$$M_{макс} = M_H \cdot 2,5 = 98 \cdot 2,5 = 245 \text{ Нм} \quad (5)$$

Геометрические параметры вала приведены в приложении В.

2 Расчет на статическую прочность основного рабочего вала устройства

Т а б л и ц а 7 - Физические параметры вала

Марка материала	Сталь 40X13-6 ГОСТ5949-75	
Общие	Массовая плотность	8,083 г/см ³
	Предел текучести	250 МПа
	Окончательный предел прочности растяжения	600 МПа
Напряжение	Модуль Юнга	193 ГПа
	Коэффициент Пуассона	0,3
	Модуль упругости при сдвиге	74,2308 ГПа
Тепловое напряжение	Коэффициент расширения	0,0000104 /С
	Теплопроводность	16 Вт/(м К)
	Удельная теплоемкость	477 Дж/(кг С)
Габаритные размеры		Приложение В
Масса		50,464 кг

Продолжение таблицы 7

Марка материала	Сталь 40X13-6 ГОСТ5949-75
Площадь	378450 мм ²
Объем	6266610 мм ³
Центр масс	x=891,933 мм y=0 мм z=0 мм
Максимальное осевое усилие*	32 000 Н
Максимальный крутящий момент**	910 Нм

Т а б л и ц а 8 – Дополнительные параметры при моделировании

Параметр	Значение
Средний размер элемента (дробное значение от диаметра модели)	0,05
Минимальный размер элемент (дробное значение от среднего размера)	0,05
Коэффициент разнородности	1,5
Макс. угол поворота	60°
Создать изогнутые элементы сетки	Да
Игнорировать малые элементы геометрии	Да
Использовать для сетки сборки измерение на основе деталей	Да

Схема приложения рабочих нагрузок

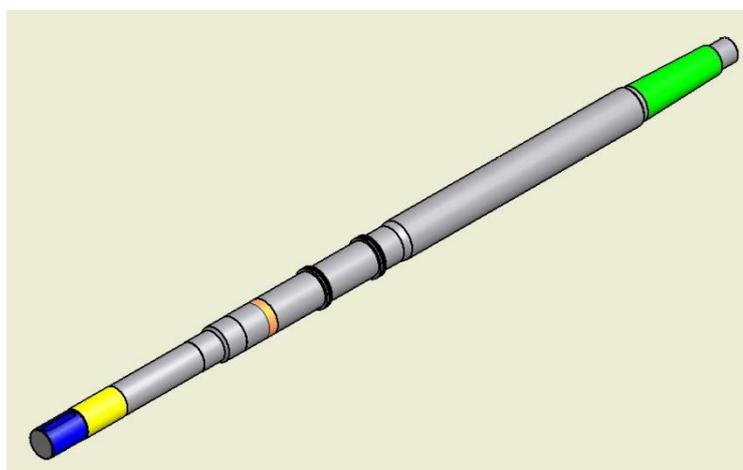


Рисунок 15 – Схема приложения нагрузок

На рисунке 15 отмечено:

- поверхность вала, к которой прилагается рабочее осевое усилие и рабочий крутящий момент
- поверхность вала, которая передает рабочий крутящий момент
- опорная поверхность вала, фиксирующая его в радиальном и осевом направлении
(опора №1)
- опорная поверхность вала, фиксирующая его в радиальном направлении
(опора №2)

Результаты расчета вала

Т а б л и ц а 9 – Сила и момент реакции в местах закрепления

Номер опоры	Сила реакции		Реактивный момент	
	Величина	Компонент (X,Y,Z)	Величина	Компонент (X,Y,Z)
№1	31731,9 Н	31724,2 Н	774,132 Н м	-0,032534 Н/м
		698,333 Н		-0,566334 Н/м
		-2,76019 Н		774,132 Н/м
№2	620,605 Н	273,806 Н	54,3786 Н м	11,0507 Н/м
		556,861 Н		-0,594515 Н/м
		9,26292 Н		-53,2406 Н/м

Т а б л и ц а 10 – Результаты расчеты

Обозначение параметра	Min	Max
Напряжение по Мизесу	0,00828628 МПа	74,5255 МПа
Коэффициент запаса прочности	3,35456	15
Смещение	0 мм	1,63182 мм
Эквивалентная деформация	0,0000000493712	0,000334696

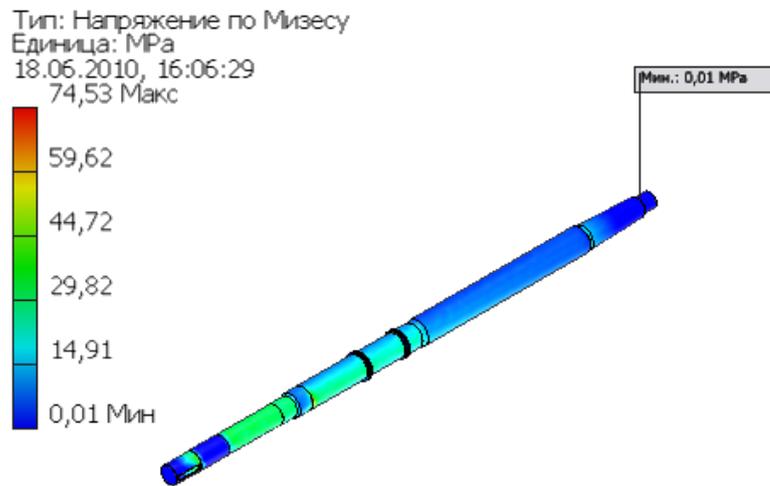


Рисунок 16 - Распределение напряжений по Мизесу

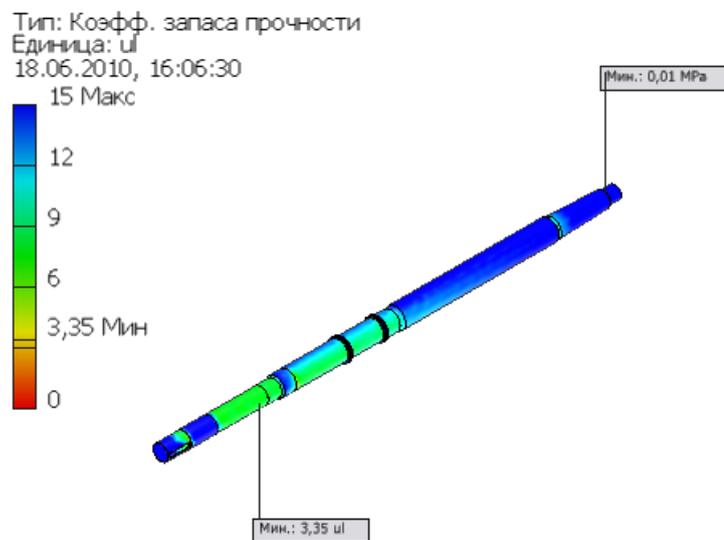


Рисунок 17 - Распределение коэффициента запаса прочности

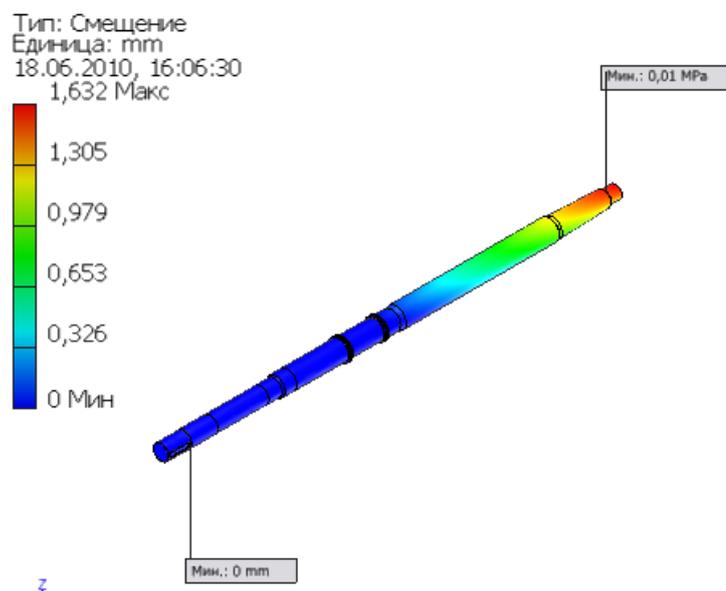


Рисунок 18 - Распределение смещений

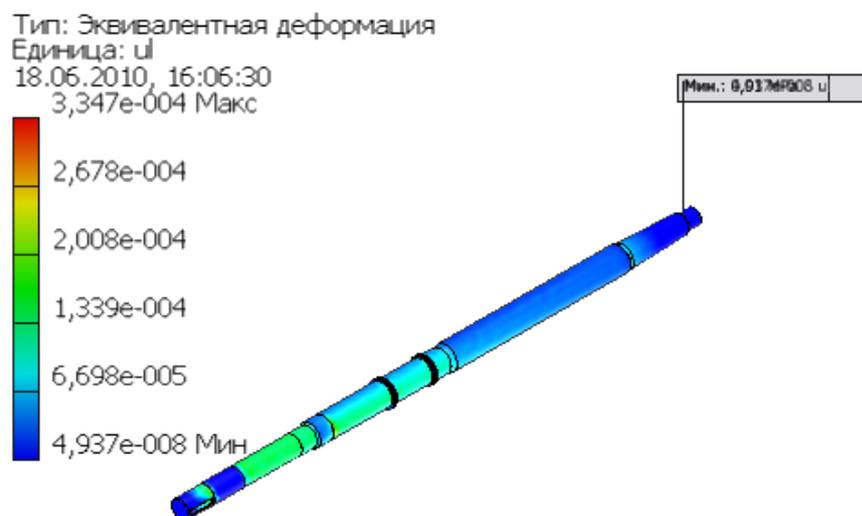


Рисунок 19 - Распределение эквивалентных деформаций

2.3 Проектирование и разработка процессов

Проектирование процессов включает в себя: разработку технологического процесса и его сравнительный анализ; расчет нормирования времени изготовления и его сравнительный анализ; подбор оборудования для изготовления; организацию производственного участка.

2.3.1 Технологический процесс, нормирование времени

Согласно анализу исследования путей решения проблемы повышения износостойкости вала, меняются технологические операции. На рисунке 20 представлена технологическая схема процессов прототипа и проектируемого изделия.

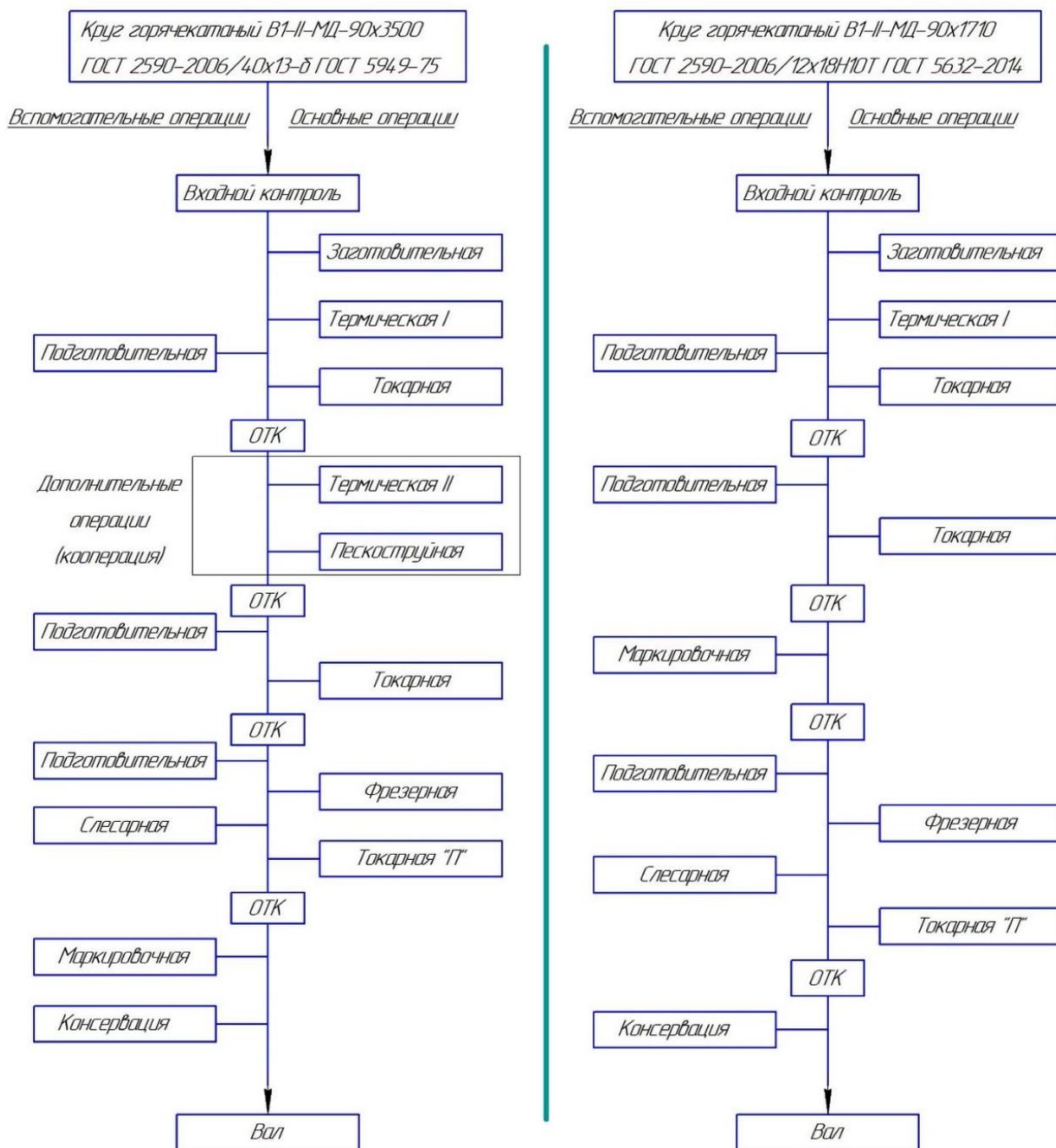


Рисунок 20 – Сравнение технологических операций

Согласно схеме, в технологической цепочке изготовления вала добавлены операции: вторичная термическая обработка и пескоструйная обработка. Также, изменился материал заготовки без изменения сортамента.

Рассмотрим технологический процесс для вала из стали 40X13 ГОСТ 5949-75.

Входной контроль.

При поступлении на склад материала, производится входной контроль. Необходимо проверить на соответствие сортамент и марку стали. Проверка проводится с помощью спектрометра PMI-MASTER UVR.

Материал изготовления вала: Круг горячекатаный В1-II-МД-90х3500 ГОСТ 2590-2006/40х13-б ГОСТ 5949-75.

Сортамент - Круг горячекатаный В1-II-МД-90х3500 ГОСТ 2590-2006.

Согласно ГОСТ 2590-2006 прокат имеет следующие характеристики:

- В1 – обычная точность прокатки;
- II – класс кривизны;
- МД – мерная длина, т.е. в обозначении сортамента указывается не только диаметр, но и длина материала.
- 90х3500 – размер проката.

Марка стали: 40х13-б ГОСТ 5949-75. Согласно ГОСТ 5940-75 выбранная сталь имеет следующие основные характеристики: сталь горячекатаная для механической обработки (точения, строгания, фрезерования и др.) (индекс б).

Технологический процесс.

1. Заготовительная операция. Операция осуществляется на горизонтальной ленточной пиле Amada HA 250W. Производится обрезка проката до размера 1735 (-2) мм. Работа выполняется работником II разряда.

2. Термическая операция I. Термическая операция осуществляется в печи для отпуска валов НСНГИ-0-03.03.2 муфельная ОС. Выполняется стабилизирующая операция отжига при температуре $T=680-700$ °С. Работа выполняется работником IV разряда.

3. Токарная операция. Токарная операция выполняется на токарном обрабатывающем центре MAZAK QUICK TURN NEXUS 400-II. Работа выполняется работником IV разряда.

3.1. Установить заготовку в 3-х кулачковый патрон при помощи кран-балки. База: наружный Ø80 мм;

- Подрезать торцы заготовки с переустановкой в размер 1700 (-1) мм;
- Притупить острые кромки.

3.2. Переустановить заготовку в 3-х кулачковый патрон при помощи кран-балки. База: наружный Ø80 мм;

- Центровать отв. А5, поджать центром;
- Точить согласно чертежу;
- Притупить острые кромки.

3.3. Переустановить заготовку в 3-х кулачковый патрон при помощи кран-балки. База: наружный Ø78 мм;

- Центровать отв. А5, поджать центром;
- Точить заготовку согласно чертежу;
- Притупить острые кромки;
- Выполнить контроль радиального биения на Ø63 (-0,2) на расстоянии 50 мм от торца. Допустимое отклонение радиального биения при повороте заготовки на 180 ° - не более 0,2 мм. Предъявить на контроль в ОТК.

4. Контрольная операция (ОТК). Контролировать размеры согласно чертежу.

5. Термическая операция II. Кооперация.

- Нагрев заготовки при $T = 1000-1050$ °С в течение 90 минут.
- Выполнить закалку, закалочная среда – масло;
- Выполнить отпуск при $T = 540-560$ °С в течение 180 минут;
- Контролировать твердость 32...36 НРС.

6. Пескоструйная операция. Кооперация.

7. Фрезерная. Фрезерная операция осуществляется на пяти координатном обрабатывающем центре с ЧПУ DMU 100 P duoBLOCK. Работа выполняется работником IV разряда.

- Установить заготовку на 2 призмы при помощи кран-балки. База – Ø60 и 76.

- Под $\varnothing 60$ подложить две параллели толщиной 8 мм.
- Крепить прихватами.
- Фрезеровать шпоночный паз 16F9, выдерживая размеры 5, 76, 6, и R0,3 max согласно чертежу.

- Центровать одно отв. на размере 5 и одно отв. на размере 34.
- Сверлить отв. $\varnothing 7,5$ на глубину 10 (вид М), выдерживая размер 5.
- Сверлить отв. $\varnothing 5,5$ на глубину 11, выдерживая размер 34.
- Расфрезеровать отв. $\varnothing 6H7$ на глубину 9, выдерживая размер 34.
- Фрезеровать шпоночный паз 8F9 на глубину 10, выдерживая размеры 5, 25 согласно чертежу.

- Снять прихваты.
- Повернуть заготовку на 180° .
- Выставить заготовку по первому пазу с помощью вставки с погрешностью 0,02 max.

- Крепить прихватами.
- Фрезеровать второй шпоночный паз 16F9, выдерживая размеры 5, 76, 6 и R0,3 max согласно чертежу.

- Сориентировать деталь относительно пазов 16F9 согласно чертежу.
- Выверить вдоль оси симметрии $\varnothing 76$ с погрешностью 0,02 max.
- Фрезеровать шпоночный паз 18F9, выдерживая размеры 7; 176; 21,7; R9 и R0,3 max согласно чертежу.

- Фрезеровать шпоночный паз 16F9, выдерживая размеры 9; 96; 16,1; R8 и R0,4 max согласно чертежу.

- Снять прихваты.
- Снять заготовку с помощью кран-балки.

8. Слесарная. Снять заусенцы после фрезерования шпоночных пазов.

9. Токарная. Операция выполняется на токарном обрабатывающем центре MAZAK QUICK TURN NEXUS 400-II. Работа выполняется работником IV разряда.

- Установить заготовку в 3- кулачковый патрон в расточенные кулачки при помощи кран-балки. База: $\text{Ø}58\text{h}8$ т торец.

- Выставить деталь по диаметру контрольной шейки $\text{Ø}76$ с погрешностью $0,01$ max.

- Установить люнет по $\text{Ø}76$ (контрольная шейка);

- Поджать деталь центром;

- Убрать люнет;

- Проверить диаметры и конус с радиальным биением не более $0,03$ max, предъявить в ОТК.

- Убрать центр задней бабки;

- Снять деталь при помощи кран-балки.

10. Контроль ОТК и консервация.

Схема технологического процесса для вала из круга горячекатаного В1-П-МД-90х3500 ГОСТ 2590-2006/40х13-б ГОСТ 5949-75 приведена на рисунке 21.

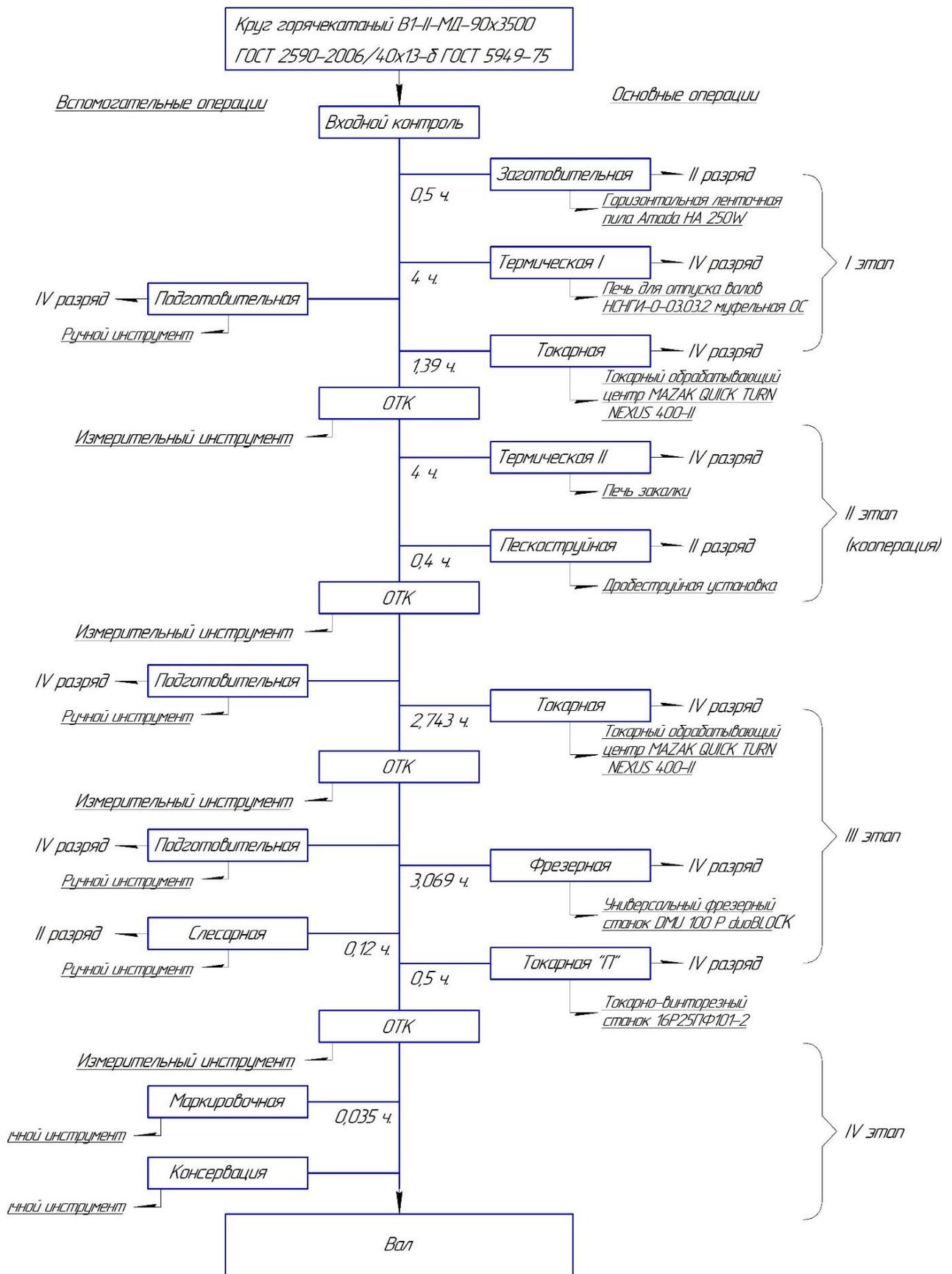


Рисунок 21 – Технологический процесс изготовления вала

Расчет нормирования времени изготовления вала из стали 12Х18Н10Т и стали 40Х13-б в количестве 1 шт. представлен в таблице 11 и таблице 12 соответственно. Расчет норм времени и их стоимость произведен согласно нормативной документации АО «ТОМЗЭЛ».

Т а б л и ц а 11 – Нормирование времени на изготовление вала из стали 12Х18Н10Т

Наименование операции	Разряд	Кол-во, н/ч
Заготовительная (Ленточная пила)	-	0,5
Термическая I (снятие напряжений)	4	4
Токарная с ЧПУ NEXUS 400	4	3,2
Токарная с ЧПУ NEXUS 400	4	3,4
Маркировочная	-	0,04
Фрезерная с ЧПУ DMU 100 P	4	2,31
Слесарная	2	0,12
Токарная с ЧПУ NEXUS 400	4	0,5
ИТОГО		14,07

Т а б л и ц а 12 – Нормирование времени на изготовление вала из стали 40Х13-б

Наименование операции	Разряд	Кол-во, н/ч
Заготовительная (Ленточная пила)	-	0,5
Термическая I (снятие напряжений)	4	4
Токарная с ЧПУ NEXUS 400	4	1,39
Термическая II. Кооперация	4	4
Пескоструйная. Кооперация	2	0,4
Токарная с ЧПУ NEXUS 400	4	2,743
Фрезерная с ЧПУ DMU 100 P	4	3,069
Слесарная	2	0,12
Токарная с ЧПУ NEXUS 400	4	0,5
Маркировочная	-	0,035
ИТОГО		16,757

Таким образом, время на изготовления составляет:

- вал из стали 12Х18Н10Т (прототип, без закалки) – 14,07 н/ч.
- вал из стали 40Х13-б (проектируемое изделие) – 16,757 н/ч.

Разница во времени составляет 2,687 н/ч, что обусловлено применением во втором случае дополнительных операций по закалке и пескоструйной обработке.

2.3.2 Обзор оборудования

Проведем обзор технологического оборудования, участвующего в производстве изделия.

Опτικο-эмиссионный анализатор состава металлов и сплавов PMI-MASTER UVR

Входной контроль металла осуществляется мобильным оптико-эмиссионным спектрометром PMI-MASTER UVR. Спектрометр предназначен для работы в условиях цеха для обеспечения входного контроля любых металлов, поступающих на предприятие. Анализатор позволяет проводить анализ, включая определение таких сложных элементов С, S, Р, N. Устройство снабжено мощным аккумулятором, расположенном на тележке, что позволяет работать автономно целую рабочую смену в 8 часов. Два сенсорных дисплея один на приборе, второй на датчике UVTouch. В систему встроен марочник по зарубежным маркам и ГОСТ, программное обеспечение WASLAB на русском языке. Технические характеристики спектрометра приведены в таблице 13.



Рисунок 22 - Спектрометр PMI-MASTER UVR

Т а б л и ц а 13 – Технические характеристики спектрометра PMI-MASTER

Параметр	Значение
Диапазон длин волн, нм	170-420
Расход аргона, л	5 на 250-350 измерений
Габаритные размеры основного блока, мм	410x425x235
вес анализатора, кг	12
вес с аккумулятором, кг	15
вес датчика, кг	1,1
вес датчика UVTouch, кг	2
Режимы работы	«искра» — с использованием аргона для точного анализа; «дуга» — без аргона для быстрой сортировки металла

Датчик UVTouch с дополнительным дисплеем позволяет производить измерения на удалении от основного блока прибора. Датчик содержит дублирующую оптическую систему, которая позволяет проводить анализа низких содержаний углерода (от 0.001%) а также S, P, N. На экране датчика отображается одновременно 20 элементов.



Рисунок 23 - Датчик UVTouch

Горизонтальная ленточная пила AMADA HA 250W

Горизонтальные ленточные пилы служат для распиловки круглого или профильного металла в серийном и штучном производстве. Работают с заготовками разных сечений. Оборудование производится для работы в автоматическом и полуавтоматическом режиме. Непосредственный процесс распиловки материала происходит без участия человека – механика совместно с электроникой синхронизируют движение режущего полотна с подачей

инструмента. В таблице 14 представлены основные параметры ленточной пилы AMADA HA 250W.



Рисунок 24 - Горизонтальная ленточная пила AMADA HA 250W

Т а б л и ц а 14 – Параметры ленточной пилы AMADA HA 250W

Параметр	Значение
Ширина реза, мм	300
Высота реза, мм	250
Длина лезвия, мм	3505
Мощность двигателя, кВт	4
Габариты, мм	2700x1946x1772
Вес, кг	1400

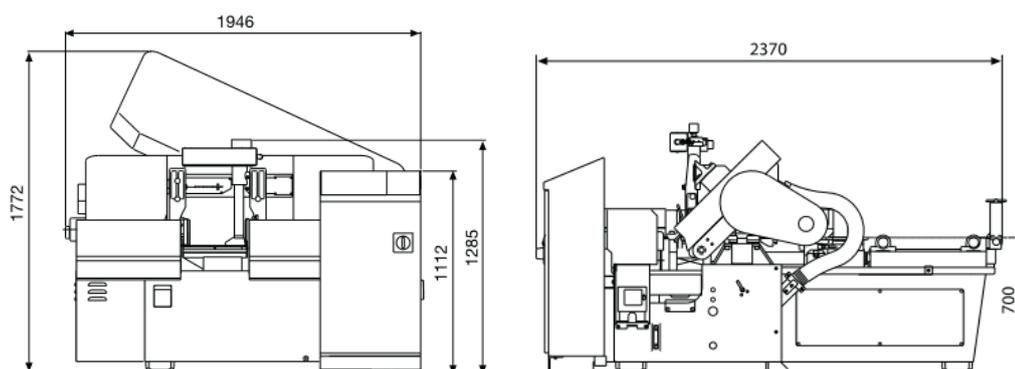


Рисунок 25 – Габаритные размеры ленточной пилы

Печь для отпуска валов НСНГИ-0-03.03.2 муфельная ОС

Электропечь предназначена для нагрева, прокаливания, сушки и других работ при температуре до 1100 °С без выделения пожаро-и взрывоопасных паров. Общий вид печи представлен на рисунке 26.



Рисунок 26 - Печь для отпуска валов НСНГИ-0-03

Каркас выполнен из листовой стали, внутри него помещен муфель с замурованным в него нагревателем. Муфель изготовлен методом сырой вакуумированной формовки из раствора огнеупорной глины и ваты с последующей сушкой. Муфель обернут в теплоизоляционный материал, закрывается дверью пробкового типа.

Для подачи электроэнергии к нагревателям и поддержанию температуры, в рабочем пространстве под печью расположен пульт управления. Сигнальные лампы показывают наличие напряжения, и состояние нагревателя. Блокировку при открывании и закрывании дверей осуществляет микровыключатель.

Токарный обрабатывающий центр MAZAK QUICK TURN NEXUS 400-II

С помощью обрабатывающего центра проводят механическую обработку заготовок с помощью различных инструментов. Токарный центр оснащен инструментальным магазином, устройствами для автоматической смены инструмента. На станке производят черновую, получистовую и чистовую обработку заготовок. Основные характеристики станка приведены в таблице 15.



Рисунок 27 - Токарный обрабатывающий центр MAZAK QUICK TURN NEXUS 400-II

Т а б л и ц а 15 – Технические характеристики обрабатывающего центра MAZAK QUICK TURN NEXUS 400-II

Параметр	Значение
Размер патрона (главный/второй)	12-дюймовый
Максимальный обрабатываемый диаметр, мм	580
Максимальная обрабатываемая длина, мм	1025, 2075, 3120
Перемещение по осям (X/Z), мм	310 / 1070, 2120, 3170
Шпиндель (при 30-мин. цикле)	2500 об/мин, 30 кВт (40 л. с.)
Максимальный диаметр прутка, мм	116,5
Количество инструмента на револьверной головке	12
Требуемая площадь, мм	4335x2288 / 5385x2288/7060x2386

Обрабатывающий центр с ЧПУ DMU 100 P duoBLOCK

Обрабатывающие центры с ЧПУ позволяют выполнять обработку горизонтальных и вертикальных плоскостей, плоских и фасонных поверхностей, зубчатых колёс, а также поверхностей спирального типа и штампов. Характеристики станка приведены в таблице 16.



Рисунок 28 – Обрабатывающий фрезерный центр DMU 100 P duoBLOCK

Т а б л и ц а 16 - Обрабатывающий фрезерный центр DMU 100 P duoBLOCK

Параметр	Значение
Диапазон перемещений по хуз, мм	1000x1250x1000
Диаметр стола, мм	ø 1100x900
Максимальная нагрузка на стол, кг	2200
Максимальная мощность шпинделя, кВт	35 (опционально до 52)
Максимальные обороты шпинделя, об/мин	15000 (опционально до 30000)
Вместимость инструментального магазина	40/63/123 позиций
Быстрые хода по хуз, м/мин	60

Устройство для предварительной настройки и измерения инструмента DMG MICROSET VIO 210

Прибор используется для предварительной настройки и измерений инструмента. За счет подготовки инструмента, а также заблаговременного распознавания поврежденных инструментов, сокращается количество бракованных изделий и повышается качество изготавливаемой продукции. Параллельная основному времени настройка позволяет сократить временные затраты на время наладки. Сокращается время простоя станка, повышается стойкость инструмента. Конфигурация и технические характеристики устройства приведены в таблице 18.



Рисунок 29 - Устройство для предварительной настройки и измерения инструмента DMG MICROSET VIO 210

Т а б л и ц а 17 - Технические характеристики устройства DMG MICROSET

Конфигурация	
Держатель шпинделя SK 50	
Автоматическое определение режущей кромки	
Осмотр наконечника инструмента	
Сенсорный экран 12,1 "	
Измерение с фиксированным курсором в виде перекрестия	
Автоматическая идентификация диапазона измерения	
Технические характеристики	
Максимальная длина инструмента, мм	Z 465
Диаметр инструмента макс., мм	X 420
Электрическое подключение, В	230
Пневматическое соединение, бар	6-8

2.3.3 Организация производственного участка

При проектировании производственного участка мы руководствовались порядком размещения оборудования согласно технологическому циклу изготовления изделия (рисунок 30).

Цех разделен на несколько участком с возможностью перемещения по центральному коридору и с доступом кран-балки ко всем станкам производственного участка. Размещение оборудования также предусматривает удобное объединение станок по группам, для того, чтобы несколько станков мог обслуживать один оператор.

Площадь цеха, необходимого для размещения технологического оборудования и его обслуживания составляет – 299 м².

Площадь цеха, необходимого для вспомогательных операций, перемещения, цеховой логистике составляет – 135 м².

Общая площадь производственного участка – 434 м².

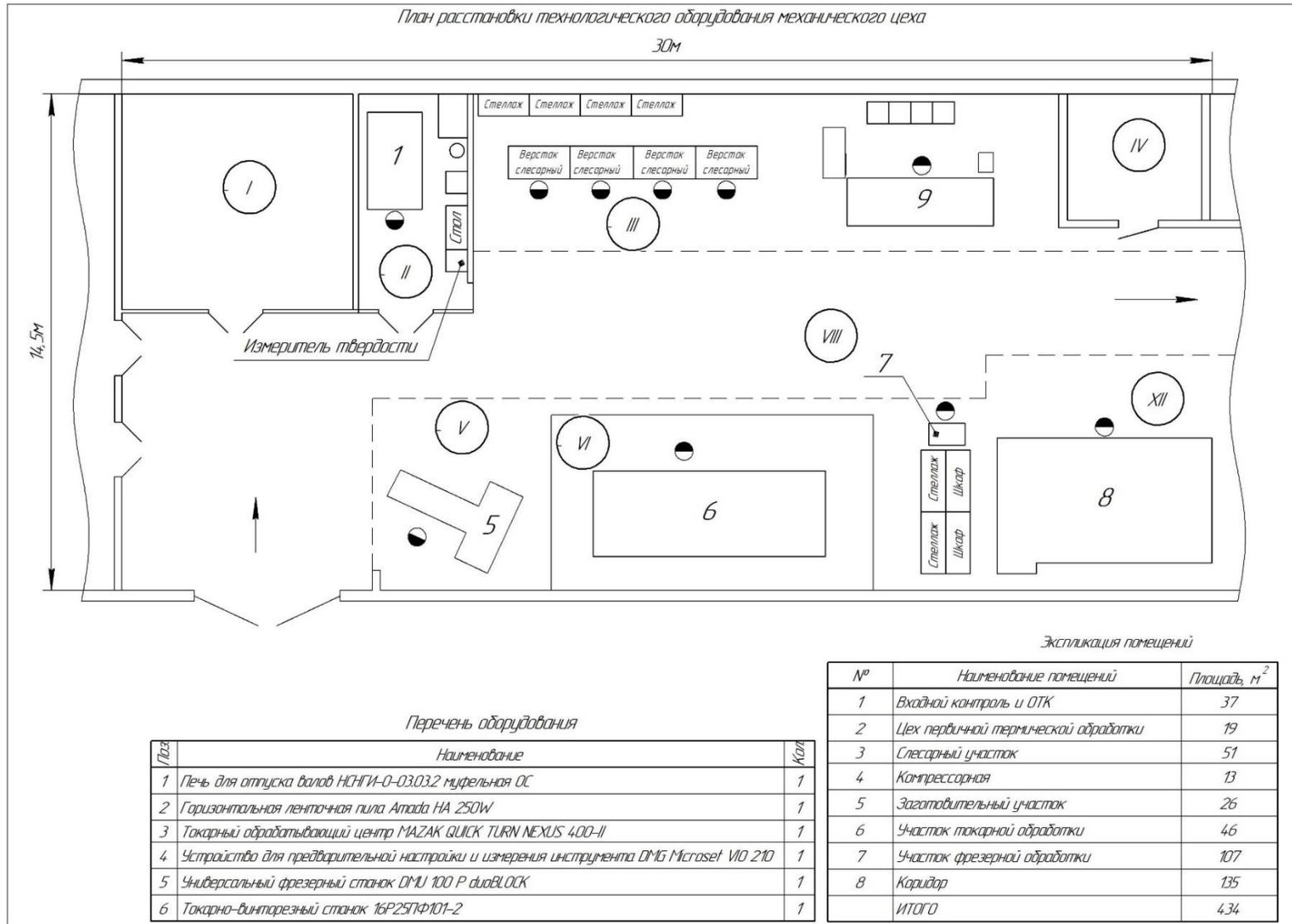


Рисунок 30 - План производственного участка

2.4 Материально-техническое обеспечение производства

2.4.1 Подбор поставщиков

Для производства вала необходимо закупить Круг горячекатаный В1-П-МД-90х3500 ГОСТ 2590-2006/40х13-б ГОСТ 5949-75.

В качестве потенциальных поставщиков были выбраны: ООО «ПервоСтрой», ООО ПК «Стальтом», Компания ООО «Анэп».

Т а б л и ц а 18 - Сравнительная таблица поставщиков

Наименование организации	ООО «ПервоСтрой»	Компания ООО «Анэп»	ООО ПК «Стальтом»
Логотип			
Веб-сайт	https://pervostroy54.ru	http://anepmetall.ru/	https://steeltom.ru/
Локация	г. Новосибирск, ул. Мира, 62, оф.108 Новосибирский оловянный комбинат	620141, г. Екатеринбург, ул. Армавирская, д. 20	634024, Томск, ул. Польская, 5/1
Наименование товара	Круг нержавеющей 90 мм 40X13 ГОСТ 2590-88, 5949-75		
Цена, руб./т	155 000	от 69 200	143 270

Приоритет отбора поставщиков определяется следующим критериями:

- наличие положительной деловой репутации и опыта поставок;
- действующие договора (контракты) на долгосрочное сотрудничество;
- местоположение компании или места производства, в регионе или соседних регионах, для более гибкого и быстрого логистического обеспечения.

Компания ООО «Анэп» предлагает металл по более выгодной цене, но требуется его доставка из города Екатеринбурга.

На основании критериев отбора поставщиков предпочтение отдано поставщику ООО ПК «Стальтом», расположенному в городе Томск. С данным поставщиком у компании АО «ТОМЗЭЛ» заключен договор долгосрочного сотрудничества по поставке металла.

2.4.2 Требования к подрядным организациям

Согласно технологическому процессу (раздел 2.3.1 и 2.3.3) закалку и пескоструйную обработку осуществляет сторонняя организация по договору подряда. Данное решено обосновано высокой степенью технологичности требуемого оборудования для выполнения этих операций. Силами предприятия-изготовителя выполнение этих операций не представляется целесообразным в силу экономических и технологических причин.

Технология закалки должна осуществляться согласно ГОСТ 5949-75 и ГОСТ 17535-77. Предприятие-подрядчик должно выполнить следующие виды работ:

- закалка с 1000-1050 °С;
- охлаждение в масле;
- отпуск при 200-300 °С;
- охлаждение в масле.

При выполнении данных операций, критическим требованием является соблюдение геометрии вала. Недопустимыми являются появление изгибов, коробления, скручивание и иные нарушения в результате закалки, отпуска и охлаждения. Твердость согласно ГОСТ 5949-75 должна быть не менее 50 HRC.

В соответствие с данными требованиями, предприятие-подрядчик должно обеспечить выполнение операций своими силами на соответствующем оборудовании.

Согласование работ осуществляется путем подписания с заказчиком технологической карты и маршрутных листов.

Операционный контроль операций должен выполняться на всех этапах. Конечным этапом изготовления изделия-заготовки должно быть составление акта технического контроля.

Перед серийным изготовлением изделий, должен быть изготовлен опытный образец, на котором необходимо апробировать технологию выполнения операций и выполнение контроля качества.

Для исключения изгибов и кручений вала, рекомендуется осуществлять закалку в вертикальном положении. При подборе оборудования, подрядчику рекомендуется это учесть. Пескоструйная операция не предъявляет особых требований. Выполнение операций должно осуществляться согласно принятым на предприятии-подрядчике технологическим операциям.

2.5. Упаковка и хранение

Вал является составной частью устройства «Диоген», следовательно, при изучении вопросов, связанных с упаковкой, хранением, эксплуатацией, техническим обслуживанием необходимо рассматривать все устройство в целом.

Упаковка

Изделие и его составные части упакованы в транспортную тару предприятия-изготовителя, согласно требований ГОСТ 23170, ГОСТ 9.014 для варианта внутренней упаковки ВУ-4 и поставляются потребителю в транспортной таре (рисунок 31).

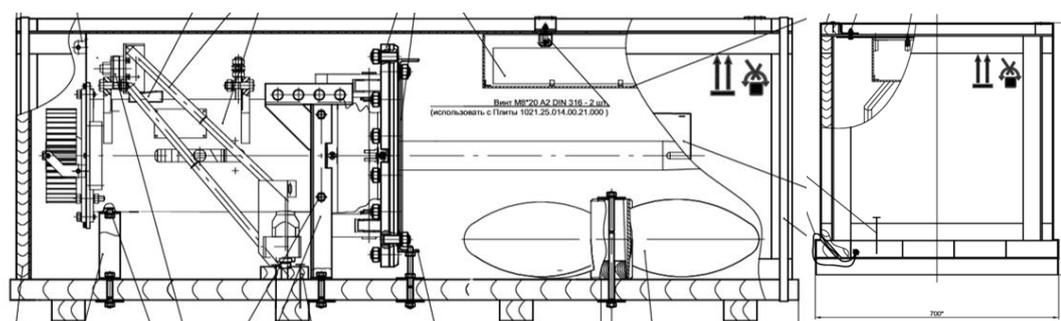


Рисунок 31 – Упаковка изделия

Эксплуатационная документация и комплекты ЗИП, прилагаемые к изделию, герметично упакованы в пакеты, изготовленные из полиэтиленовой пленки по ГОСТ 10354 или другого водонепроницаемого материала, уложены и закреплены в соответствующих местах в ящиках транспортной тары.

При упаковке изделия предприятием-изготовителем составляется упаковочный лист, один экземпляр которого вкладывают внутрь каждого ящика индивидуальной упаковки. Упаковочный лист содержит следующие сведения: наименование изделия, комплектность, дату упаковки, штамп и подпись представителя предприятия-изготовителя, номер упаковочного листа.

Транспортная тара обеспечивает сохранность изделия при выполнении погрузочно-разгрузочных работ, транспортировании в закрытых транспортных средствах, необходимую защиту от воздействия внешних факторов, а также при хранении у поставщика и потребителя в складских условиях в пределах гарантийного срока хранения.

Хранение

Перед отправкой потребителю УРДО «Диоген» подвергнуты консервации согласно варианту ВЗ-10 по ГОСТ 9.014-78 для условий хранения 2 по ГОСТ 15150 и упаковано в транспортную тару. В документации на изделия указаны дата проведения консервации, метод консервации и срок консервации.

Изделия в транспортной таре могут храниться в местах с условиями хранения по группе 4 согласно ГОСТ 15150 в течение 3 лет без повторной консервации. По истечении 3 лет производится повторная консервация. Для переконсервации изделий используют варианты временной защиты и внутренней упаковки, применяемые для их консервации.

Дату проведения повторной консервации и срок действия консервации необходимо указать в формулярах изделий.

При переконсервации допускается применять повторно неповрежденную в процессе хранения внутреннюю упаковку, а также

средства временной противокоррозионной защиты после восстановления их защитной способности.

Повторная консервация изделий производится в случае обнаружения дефектов временной противокоррозионной защиты при контрольных осмотрах в процессе хранения или по истечении сроков защиты.

2.6 Эксплуатация и техническое обслуживание

При эксплуатации изделия должны выполняться требования «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» (ПОТЭЭ), глава 7.3 ПУЭ и ГОСТ ИЕС 61241-1-2, ГОСТ ИЕС 60079-14, инструкции по монтажу, инструкции по эксплуатации или паспорта на электродвигатель взрывозащищенного исполнения, применённого в изделии, руководства по эксплуатации УРДО «Диоген».

Ремонт изделий в процессе эксплуатации проводят в соответствии с требованиями РД-75.200.00-КТН-119-16.

Система ремонта изделий в процессе эксплуатации основывается на выполнении восстановительных работ по результатам оперативного диагностического контроля или через заранее определенные интервалы времени (наработки).

В процессе эксплуатации изделия подвергаются:

- текущему ремонту (ТР);
- ремонту по техническому состоянию (РТС 1);
- среднему ремонту (СР);
- ремонту по техническому состоянию (РТС 2);
- капитальному ремонту (КР).

Порядок и периодичность проведения ремонта изделия приведены в таблице 19.

Т а б л и ц а 19 - Порядок и периодичность проведения ремонта

Вид ремонта	Периодичность, лет / часов	Персонал
Текущий ремонт (ТР)	1 раз в 3 года (или через 2000 ч)	Комплексная ремонтная бригада НПС/ Сервисная бригада предприятия изготовителя
Ремонт по техническому состоянию (РТС1)	4000 ч; 6000 ч; 8000 ч	
Средний ремонт (СР)	10 000 часов	
Ремонт по техническому состоянию (РТС2)	12000 ч; 14000 ч; 16000 ч; 18000 ч; 20000 ч; 22000 ч; 24000 ч; 26000 ч; 28000 ч	
Капитальный ремонт (КР)	30000 часов	На предприятии- изготовителе изделия

Текущий ремонт изделия (без демонтажа с резервуара) должен проводиться комплексной ремонтной бригадой НПС и при этом, должны выполняться следующие работы:

- а) все операции технического обслуживания;
- б) замена подшипников качения и составных элементов автоматического привода поворота (при необходимости) сервисной службой АО «ТОМЗЭЛ» в течение гарантийного срока эксплуатации устройства;
- в) замена автоматического привода поворота в сборе (при необходимости) сервисной службой АО «ТОМЗЭЛ» или комплексной бригадой НПС (при необходимости) в течение гарантийного срока эксплуатации устройства;
- г) замена уплотнительных элементов в узле сферического уплотнения устройства (при необходимости) комплексной бригадой НПС;
- д) замена уплотнительных элементов (графитовых и резиновых колец) в торцевом уплотнении (при необходимости) комплексной бригадой НПС;
- е) замена пружины в торцевом уплотнении (при необходимости) комплексной бригадой НПС.

Периодичность текущего ремонта – через 2000 часов наработки или по результатам оперативного диагностического контроля и технического обслуживания.

Ремонт по техническому состоянию (РТС 1)

По результатам обследования и диагностики технического состояния изделий в соответствии с требованиями настоящего РЭ эксплуатационным персоналом НПС в межремонтный интервал (от текущего до среднего ремонта) осуществляется ремонт по техническому состоянию и выполняются следующие работы:

- а) все операции технического обслуживания;
- б) все операции текущего ремонта (ТР).

Средний ремонт

При среднем ремонте (через 10 000 часов) наработки должны проводиться все операции текущего ремонта, а также:

а) замена подшипников качения и составных элементов автоматического привода поворота (при необходимости) сервисной службой АО «ТОМЗЭЛ» на договорной основе;

б) замена автоматического привода поворота в сборе комплексной бригадой НПС или на договорной основе сервисной службой АО «ТОМЗЭЛ»;

в) (при необходимости) замена подшипников в корпусе, уплотнительных резиновых колец выходного вала пропеллера и контактных колец (пара трения) торцевого уплотнения комплексной бригадой НПС;

г) замена плоскозубчатого ремня (при необходимости) комплексной бригадой НПС;

д) замена крепежных деталей (при необходимости) комплексной бригадой НПС.

Ремонт по техническому состоянию (РТС 2)

По результатам обследования и диагностики технического состояния изделий в соответствии с требованиями настоящего РЭ эксплуатационным

персоналом НПС в межремонтный интервал (от среднего до капитального ремонта) осуществляется ремонт по техническому состоянию и выполняются следующие работы:

- все операции технического обслуживания;
- все операции среднего ремонта (СР).

Капитальный ремонт

Капитальный ремонт (КР) изделия должен проводиться после выработки назначенного ресурса или при поломке его составных частей.

При капитальном ремонте изделий проводятся все операции среднего ремонта, а также полная разборка и проверка всех деталей, их восстановление. Замена осуществляется пришедших в негодность деталей изделия.

Капитальный ремонт изделий производится на предприятии-изготовителе, после чего изделия проверяются на соответствие требованиям технических условий.

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ, И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

Целью данного раздела является обзор экономических показателей, определение финансовой эффективности и жизнеспособности изменения технологического цикла изготовления основного вала УРДО «Диоген-500».

Для улучшения показателей стойкости вала на износ в местах крепления, в рамках данной ВКР, был подобран материал изготовления вала, были определены необходимые технологические и организационные мероприятия, с помощью которых будут достигнуты поставленные цели по улучшению износостойкости изделия.

Для расчета финансовых показателей изготовления вала, будут проанализированы существующие расходы по изготовлению и имеющиеся на данный момент потери от применения вала-прототипа от гарантийных рекламаций.

В связи с тем, что данная работа рассматривает конструктивное и технологическое улучшение изделия, мы будем опираться на существующие финансовые расчеты изготовления вала на предприятии АО «ТОМЗЭЛ» и исследовать разницу между расходами на старый и новый вал.

Согласно п.2.3.1 технологические процессы изготовления прототипа и проектируемого изделия отличаются в нормировании потраченных на изготовление вала трудочасов, а также в дополнительных операциях - закаливании и пескоструйной обработки. В расчетах рассматриваются только изменяемые статьи затрат нового вала относительно старого. Задачи расчета себестоимости валов не ставится.

3.1. Расчет затрат на материалы

При изготовлении вала были использованы следующие материалы:

- вал–прототип: Круг горячекатаный В1-П-МД-90х1710 ГОСТ 2590-2006/12х18Н10Т ГОСТ 5632-2014;

- новый вал: Круг горячекатаный В1-П-МД-90х3500 ГОСТ 2590-2006/40х13-б ГОСТ 5949-75.

Поставку материала осуществляет предприятие ООО «ПК «СТАЛЬТОМ», г. Томск. В таблице 20 приведен расчет стоимости двух материалов. Расход материала взят из чертежа вала (приложение В).

Т а б л и ц а 20 – Расчет затрат на материал

	Наименование	Стоимость заготовки, руб. за 1шт.
Заготовка протогип	Круг горячекатаный В1-П-МД-90х1710 ГОСТ 2590-2006/12х18Н10Т ГОСТ 5632-2014	40 092,19
Заготовка нового	Круг горячекатаный В1-П-МД-90х3500 ГОСТ 2590-2006/40х13-б ГОСТ 5949-75	12 901,42

3.2 Расчет трудозатрат

Расчет нормирования времени изготовления вала из стали 12Х18Н10Т и стали 40Х13-б в количестве 1 шт. представлен в таблице 21 и таблице ХХ соответственно. Расчет норм времени и их стоимость произведен согласно нормативной документации АО «ТОМЗЭЛ».

Т а б л и ц а 21 – Нормирование времени изготовления вала из стали 12Х18Н10Т

Наименование операции	Разряд	Кол-во, ч	Трудозатраты	
			Стоимость руб.	Всего руб.
Заготовительная (Ленточная пила)	-	0,5	93,97	47
Термическая I (снятие напряжений)	4	4	93,97	376
Токарная с ЧПУ NEXUS 400	4	3,2	93,97	301
Токарная с ЧПУ NEXUS 400	4	3,4	93,97	319
Маркировочная	-	0,04	81,03	3
Фрезерная с ЧПУ DMU 100 P	4	2,31	93,97	217
Слесарная	2	0,12	69,83	8
Токарная с ЧПУ NEXUS 400	4	0,5	93,97	47
ИТОГО		14,07		1 318

Т а б л и ц а 22 – Нормирование времени изготовления вала из стали 40Х13-б

Наименование операции	Разряд	Кол-во, ч	Трудозатраты	
			Стоимость, руб.	Всего руб.
Заготовительная (Ленточная пила)	-	0,5	93,97	47
Термическая I (снятие напряжений)	4	4	93,97	376
Токарная с ЧПУ NEXUS 400	4	1,39	93,97	31
Термическая II. Кооперация	4	4	93,97	376
Пескоструйная. Кооперация	2	0,4	69,83	28
Токарная с ЧПУ NEXUS 400	4	2,743	93,97	258
Фрезерная с ЧПУ DMU 100 P	4	3,069	93,97	288
Слесарная	2	0,12	69,83	8
Токарная с ЧПУ NEXUS 400	4	0,5	93,97	47
Маркировочная	-	0,035	81,03	3
ИТОГО		16,757		1 562

Трудозатраты составляют:

- вал из стали 12Х18Н10Т (прототип, без закалки) – 1 318 руб.
- вал из стали 40Х13-б (проектируемое изделие) – 1 562 руб.

3.3 Расчет затрат на кооперацию по закаливанию и пескоструйной обработке

Операции по закаливанию и пескоструйной обработке являются операциями, требующими специализированного оборудования, которое не является универсальным. Целесообразным является отдача данных операций сторонней организации по договору подряда.

Формирование стоимости работ по подряду происходит в несколько этапов:

- среднерыночная цена, на указанные работы, формируется на основании ТКП (технико-коммерческих предложений) пяти потенциальных подрядчиков;
- на открытых электронных площадках проходят торги для выявления оптимальных продолжений будущих подрядчиков;
- по результатам торгов определяется их победитель и окончательная стоимость договора подряда.

В стоимость работ по кооперации входит весь комплекс работ по закалке и пескоструйной обработке, включая транспортировочные расходы, технологические расходы, производственные расходы и прочее. Стоимость работ остается неизменной на протяжении всего срока действия договора подряда.

По расчетам на 2020 год, стоимость данных работ по кооперации составляет 9 529,93 рубля за единицу детали.

3.4 Расчет затрат на гарантийное обслуживание и ремонт

В процессе эксплуатации изделия «Диоген-500» со старым валом-прототипом, возникает ряд гарантийных случаев. В гарантийный ремонт входит замена деталей изделия вследствие износа мест крепления вала-прототипа. Данная проблематика описана в п.2.1.2 «Описание проблемы».

Проведем расчет затрат завода-изготовителя на устранение рекламации. Данный расчет является одним из оснований возникновения потребности в данной выпускной квалификационной работе и является ее главным мотивационным фактором.

Согласно статистическим эксплуатационным документам АО «ТОМЗЕЛ», за период 2017-2019 года, в среднем, каждое 6-е изделие в процессе эксплуатации требует замены торцевых уплотнений по причине износа мест крепления основного вала.

В таблице 23 показана калькуляция на проведение текущего ремонта изделия «Диоген-500» на объекте эксплуатации (без демонтажа с резервуара), вызванная износом вала.

Т а б л и ц а 23 – Калькуляция расходов на ремонт

Наименование	Сумма, руб.
1. Материалы, комплектующие, покупные полуфабрикаты	6 501,9
2. Заработная плата и обязательные отчисления	23 478,65
3. Прочие расходы	65 711,48
4. Плановые накопления	1 435,38
5. Итого	97 127,41

Продолжение таблицы 23

Наименование	Сумма, руб.
6 НДС	19 425,48
Всего	116 552,89

Таким образом, согласно статистике эксплуатации изделий, можно в первом приближении принять, что к себестоимости каждого вала следует добавлять 1/6 от стоимости плановых расходов на ремонт согласно таблице 23. К себестоимости добавляем $116\,552,89/6=19\,425,48$ рублей.

Заключение

В данном разделе были рассмотрены статьи затрат, которые напрямую позволяют дать количественную оценку жизнеспособности темы данной выпускной квалификационной работы, экономический эффект изготовления вала из стали 40X13-б ГОСТ 5949-75. Ниже приведена сводная таблица сравнения расходов на каждый из валов.

Т а б л и ц а 24 – Итоги расчетов

Статья расхода	Стоимость, руб.	
	Вал-прототип 12X18H10T ГОСТ 5632-2014	Проектируемый вал 40X13-б ГОСТ 5949-75
Материалы	40 092,19	12 901,42
Трудозатраты на изготовление	1318	1562
Затраты на кооперацию	-	9 529,93
Затраты на ремонт	19 425,48	-
Итого	60 835,67	23 993,35

При одинаковых статьях расхода, сумма затраченных средств на изготовление и содержание в рабочем состоянии изделия «Диоген-500» с валом старого образца превышает на 36 842,32 рублей по отношению к изделию с новым валом. Это является значительным фактором для принятия решения о внедрении проектируемого изделия в производство и эксплуатацию.

4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

В данной работе рассматривается жизненный цикл выходного вала УРДО «Диоген». Жизненный цикл изделия состоит из этапов: проектирование, подготовка к производству, производство, эксплуатация и другие. Устройство служит для размыва донных отложений и перевода их во взвешенное состояние в нижнем слое нефти в вертикальных резервуарах.

Целью данного раздела является рассмотрение норм, обеспечивающих производственную безопасность в механическом цехе АО «ТОМЗЭЛ», правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, правовые нормы трудового законодательства. Затронуты вопросы обеспечения охраны окружающей среды, методы утилизации люминесцентных ламп, твердых бытовых отходов, СОЖ, металлической стружки.

Раздел содержит описание и влияние на человека опасных и вредных факторов при производстве вала в механическом цехе.

4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.1.1 Правовые нормы трудового законодательства

Правовые отношения между работодателем и работником регулируются Трудовым кодексом РФ. На основании ТК РФ на предприятии АО «ТОМЗЭЛ» разработаны и утверждены правила внутреннего распорядка, коллективный договор.

Режим рабочего времени 8 часов в день и продолжительность рабочей недели 40 часов устанавливается согласно статье 91 ТК РФ. Согласно статье 103 ТК РФ на предприятии так же устанавливается сменный график работ, для работников механического цеха и сборочного участка.

Время работы дневной смены с 8.00 до 20.00 часов, ночной смены - 20.00 до 8.00, с перерывом на обед 45 минут, перерывом на отдых 15 минут.

Работникам так же предоставляется ежегодный отпуск 28 календарных дней (статья 115 ТК РФ). По соглашению сторон ежегодный отпуск может быть разделен на части. При этом продолжительность хотя бы одной из частей должна быть не менее 14 календарных дней. Предоставляется дополнительно к ежегодному основному оплачиваемому отпуску за работу во вредных и (или) опасных условиях труда, работникам механического цеха (термист, резчик на пилах) в количестве 7 календарных дней согласно статье 117 ТК РФ. Так же на предприятии установлены доплаты работникам механического цеха (фрезеровщик, токарь, термист) согласно 3.1 и 3.2 классу вредности, по результатам специальной оценки условий труда. Работникам механического так же положены: медицинский осмотр 1 раз в год; обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты согласно статье 219 ТК РФ: костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, перчатки с точеным покрытием очки защитные, СИЗ органов дыхания фильтрующее, полуботинки кожаные; обеспечение смывающими и обезжиривающими средствами.

При взаимодействии работодателя и работника происходит обработка персональных данных. Согласно статье 85 ТК РФ од обработкой персональных данных понимают получение, хранение, передачу или любое другое использование данных работника. Обработка данных работодателем проводится в целях обеспечения соблюдения законов, содействия работникам в трудоустройстве, обучении и продвижении по службе, обеспечения личной безопасности. Все персональные данные получают от первого лица, в случае передачи информации от третьих лиц – письменное уведомление работника об этом. Работник имеет право на защиту своих данных (статья 86 ТК РФ). Согласно статье 90 ТК РФ, лица, виновные в нарушении норм обработки данных могут быть привлечены к дисциплинарной, материальной, к гражданско-правовой, административной и уголовной ответственности.

В систему организации оплаты труда входят следующие основные элементы: единая тарифная сетка, доплаты, надбавки и другие выплаты в

соответствии с ТК РФ и коллективным договором, формы и системы оплаты труда. При оплате труда работников применяются месячные тарифные ставки, сдельные расценки. При оплате труда работников с суммированным учетом рабочего времени (сменном режиме работы, работе в режиме гибкого рабочего времени) применяются часовые тарифные ставки, которые определяются путем деления установленного оклада на среднемесячное количество рабочих часов в установленном учетном периоде. Оплата труда работников с повременно-премиальной системой оплаты труда производится за фактически отработанное время в днях, исходя из установленного оклада для работников с обычным режимом работы (40-часовая 5-дневная рабочая неделя), и за фактически отработанное время в часах, исходя из часовой тарифной ставки для работников с суммированным учетом рабочего времени.

Тарификация работ и присвоение тарифных разрядов работникам производится с учетом единого тарифно-квалификационного справочника работ и профессий рабочих, единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих.

Оклад выплачивается работнику при условии выполнения им установленной нормы труда (должностных обязанностей) определенной сложности (квалификации) за единицу времени. Месячная заработная плата работника, отработавшего за месяц норму рабочего времени и выполнившего нормы труда, не может быть ниже установленной гарантированной части заработной платы (месячной тарифной ставки, должностного оклада) и не ниже минимального размера оплаты труда, установленного Федеральным законом от 19.06.2000 №82-ФЗ «О минимальном размере оплаты труда» или региональным соглашением о минимальной заработной плате в Томской области.

При невыполнении норм труда (должностных обязанностей) оплату труда производить в соответствии со ст. 155 Трудового кодекса РФ. Оплачивать время простоя в соответствии со ст. 157 Трудового кодекса РФ.

При оплате труда работников применяются компенсационные доплаты, связанные с режимом работы:

- за работу в ночное время (с 22 до 6 ч утра) - в размере 40% часовой тарифной ставки за каждый час работы в ночное время;

- за работу в выходные и нерабочие праздничные дни в соответствии с действующим законодательством (статья 153 ТК РФ);

- за сверхурочную работу (сверхурочная работа оплачивается в первые два часа в полуторном размере, последующие часы в двойном размере, а по желанию работника может компенсироваться предоставлением дополнительного времени отдыха, но не менее времени, отработанного сверхурочно);

- за работу по графику с разделением дня на части: с перерывами не менее 2-х часов – до 20% месячной тарифной ставки; с перерывами не менее 4-х часов – до 30% месячной тарифной ставки.

Доплаты работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда: 3 класс, подкласс вредности 3.1 - 4%, подкласс вредности 3.2 - 8%.

4.1.2 Эргономические требования компоновке рабочей зоны

Обеспечение организации рабочего места в механическом цехе осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ «Оборудование производственное. Общие эргономические требования», ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам» и ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ «Общие эргономические требования. Рабочее место при выполнении работ стоя».

Рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля.

Выполнение трудовых операций «часто» и «очень часто» должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны

моторного поля. Организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела, работающего или наклон его вперед не более чем на 15°.

На рабочих местах должна быть предусмотрена площадь, на которой размещаются стеллажи, тара, столы и другие устройства для размещения оснастки, материалов, заготовок, готовых деталей и отходов производства.

Удобное расположение инструмента и приспособлений в тумбочках и на стеллажах, заготовок в специальной таре, применение планшетов для чертежей позволяет снизить утомление и производственный травматизм рабочего. Материалы, детали, готовые изделия у рабочих мест должны укладываться на стеллажи и в ящики способом, обеспечивающим их устойчивость и удобство захвата при использовании грузоподъемных механизмов. Высоту штабелей заготовок на рабочем месте следует выбирать исходя из условий их устойчивости и удобства снятия с них деталей, но не выше 1 м; ширина между штабелями должна быть не менее 0,8 м. Освобождающаяся тара и упаковочные материалы необходимо своевременно удалять с рабочих мест в специально отведенные места.

Конструкцией производственного оборудования и организацией рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием: высоты рабочей поверхности; подставки для ног при нерегулируемой высоте рабочей поверхности.

Для обеспечения удобного, возможно близкого подхода к столу, станку или машине должно быть предусмотрено пространство для стоп размером не менее 150 мм по глубине, 150 мм по высоте и 530 мм по ширине.

4.2. Производственная безопасность

Вредные и опасные факторы, возникающие при разработке, изготовлении и эксплуатации выходного вала приведены в таблице 25.

Т а б л и ц а 25 – Возможные вредные и опасные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изго- вление	Эксплуа- тация	
1 Повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны		+		ГОСТ Р 54578-2011 СанПиН 2.2.4.548-96 ГОСТ 12.1012-2004 СНИП 23-05-95* СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 ГОСТ Р 51337-99 ГОСТ 12.2.009-80 ГОСТ 12.2.062-81* ГОСТ 12.2.003-91
2 Аэрозоли фиброгенного действия (пыли)		+		
3 Высокий уровень шума и вибрации	+	+		
4 Недостаточная освещённость рабочей зоны	+	+		
5 Монотонность работы	+	+		
6 Возможность поражения электрическим током	+	+	+	
7 Повышенная температура поверхности изделия, оборудования		+		
8 Движущиеся машины и механизмы		+	+	

Повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны

Применение большого количества оборудования во время токарных, фрезерных, слесарных работ может приводить к повышенной запыленности и загазованности воздуха в цехе. Такой воздух вызывает слезоточивость; раздражение в горле; чихание; нарушение дыхания; раздражительность; усталость; нарушение сна.

Фактическая концентрация вредных веществ не должна превышать соответствующих значений ПДК в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76.

Для минимизации воздействия фактора вводят изменения в технологию производства, механизация производственных процессов, дистанционное управление, использование вентиляции, увлажнение воздуха производственных помещений. К индивидуальным средствам защиты относятся противопылевые респираторы, защитные очки, специальная противопылевая одежда. Органы дыхания защищают фильтрующими и изолирующими приборами.

Аэрозоли фиброгенного действия (пыли)

Основным источником образования пыли в механических цехах служат шлифовально-заточные операции. В процессе шлифования в воздух выделяется высокодисперсная пыль (0,5-3 мкм), в состав которой, кроме частиц металла, входят частицы абразивного и связывающего материала. Концентрация пыли достигает наибольшей величины при внутреннем шлифовании без вентиляции (28-153 мг/м³), при сухом шлифовании с отсосом - запыленность составляет 20 мг/м³ и более. Влажное шлифование без вентиляции также не обеспечивает полного обеспыливания (средняя концентрация пыли - 6-7 мг/м³). Кроме того, образуется масляная аэрозоль с концентрацией 15-20 мг/м³.

Наличие металлической пыли и абразивной пыли в воздухе рабочей зоны сборочного цеха может привести к заболеванию рабочих цеха пневмокониозом, хроническим пылевым бронхитом, бронхиальной астмой. В воздух рабочей зоны выделяются также аэрозоли масел и смазочно-охлаждающих жидкостей. Аэрозоли нефтяных масел, входящих в состав СОЖ, могут вызывать раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей, способствовать снижению иммунобиологической реактивности. Смазочно-охлаждающие вещества могут приносить организму вред при

частом попадании масла на открытые участки кожи, при длительной работе в одежде, пропитанной маслом, при вдыхании масляного тумана.

Мероприятия по снижению воздействия фактора: оборудование рабочих мест вентиляционными системами и установками; установка систем пылеподавления и пылеудаления; модернизация существующих и разработка новых технологических процессов и производственного оборудования; паспортизация и ремонт вентиляционных установок; снабжение костюмами защиты от загрязнений, фильтрующими СИЗ органов дыхания.

Высокий уровень шума и вибрации

Основными источниками шума в механическом цехе является оборудование, приводы, электродвигатели, режущий инструмент, пневмо- и гидросистемы. Шум снижает производительность труда, особенно при выполнении точных работ, затрудняет разборчивость речи, приводит к профессиональной тугоухости, а при больших уровнях шума может привести к механическому повреждению органов слуха. Негативное влияние шума на нервную систему работника проявляется в головных болях, бессоннице, быстрой утомляемости, повышенном потоотделении, треморе пальцев и рук, повышенной раздражительности, нарушении памяти и внимания. Также оказывается влияние на сердечно-сосудистую систему: появляются боли в области сердца, уменьшается частота пульса, гипертония или гипотония.

Спектры шума большинства металлорежущих станков имеют средний и высокочастотный характер. Наиболее высокие уровни у крупногабаритных токарных (90-92 дБ), револьверных (85-95 дБ), фрезерных (90-95 дБ) и шлифовальных станках (100-102 дБ). Уровень шума на рабочих местах должен быть не выше 80 дБ.

Для снижения влияния шума на производстве принимаются следующие меры: подбор оборудования с меньшими шумовыми эффектами; использование всех технических средств – защитных экранов, кожухов, звукопоглощающих покрытий, изоляции, амортизации; ограничение

длительности воздействия; производственный контроль акустики; ограничение доступа в рабочие зоны с шумом от 80 дБ тех, кто не связан с основным технологическим процессом; обязательное предоставление СИЗ для ушей; ежегодный медосмотр сотрудников, работающих при шуме от 80 дБ.

Наличие вибрации на производственном участке обусловлено механическими колебаниям машин, оборудования, инструмента. Длительное воздействие общей вибрации приводит к изменениям в центральной нервной системе, которые проявляются в головокружениях, сонливости, шуме в ушах, болях в икроножных мышцах, нарушении координации, временно нетрудоспособности из-за появления вибрационной болезни. У больного вибрационной болезнью нарушается кровообращение, возникает боль в руках, порой наблюдаются судороги рук, снижается чувствительность кожи. Наиболее опасные для здоровья человека вибрации с частотами 16 ... 250 Гц.

Т а б л и ц а 26 - Предельно допустимые значения вибрации на рабочих местах в производственных помещениях

Частота, Гц	Амплитуда, мм	Скорость колебаний, см / с	Ускорение колебаний, см / с
До 3	0,6-0,4	1,12-0,76	22-14
3-5	0,4-0,15	0,76-0,46	14-15
5-8	0,15-0,05	0,46-0,25	15-13
8-15	0,05-0,03	0,25-0,28	13-27
15-30	0,03-0,009	0,28-0,17	27-32
30-50	0,009-0,007	0,17-0,23	52-70
50-75	0,007-0,005	0,22-0,23	70-112
75-100	0,005-0,003	0,23-0,19	112-120

Для защиты от вибрации применяют следующие методы: снижение виброактивности машин; отстройка от резонансных частот; вибродемпфирование; виброизоляция; виброгашение; ограничение времени работы с вибрирующим инструментом; СИЗ. В качестве средств защиты от вибрации при работе с механизированным инструментом применяют

антивибрационные рукавицы и специальную обувь. Антивибрационные полусапоги имеют многослойную резиновую подошву.

Недостаточная освещённость рабочей зоны

Естественное и искусственное освещение производственных помещений должно соответствовать требованиям СНИП 23-05-95*. Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, усталость глаз, переутомление.

К нормируемым показателям относятся освещенность рабочей поверхности при искусственном освещении; прямая блесккость; отраженная блесккость. Нормативное значение освещенности рабочей поверхности устанавливается в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

Работа в механическом цехе соответствует VI разряду зрительных работ согласно СП 52.13330.2011: резчик металла на ножницах и пилах, операторы станков с ПУ, термист, наладчик станков и манипуляторов с ПУ. Освещенность при данном разряде не менее 200 лк общего освещения.

Мероприятия для минимизации фактора: в помещениях с недостаточным естественным светом и без естественного света должны применяться установки искусственного ультрафиолетового облучения; оборудование станков местным освещением, расположение светильников общего освещения локально над станками; изменение системы подвеса светильников местного освещения с боковой на консольную; соблюдение высоты подвеса светильников.

Приведем расчет общего равномерного освещения в механическом цехе с параметрами: площадь $S=435\text{ м}^2$, длина $A=30\text{ м}$; ширина $B=14,5\text{ м}$; высота потолков $H=7,5\text{ м}$. Используются лампы – ДРЛ. Тип светильника универсаль У, $\lambda=1,8$. Коэффициент запаса для малого выделения пыли – $K_3=1,5$. Коэффициенты отражения потолка $\rho_{\text{п}}=50\%$; стен $\rho_{\text{с}}=30\%$. Коэффициент минимальной освещенности для дугоразрядных ламп ДРЛ – $z=1,2$.

Высота светильника над рабочей поверхностью:

$$h = H - (h_c + h_p), \quad (1)$$

где h_c – высота свеса лампы от потолка помещения, м;

h_p – высота рабочей поверхности от пола, м.

Расстояние между светильниками:

$$L = \lambda \cdot h \quad (2)$$

где L – расстояние между лампами в рядах и между рядами, м;

h – высота светильника над рабочей поверхности, м

Индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)} \quad (3)$$

Световой поток одной лампы:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot Z \cdot K_3}{N \cdot \eta}, \quad (4)$$

где E_n – нормированная минимальная освещенность, лк;

S – площадь освещаемого помещения, м²;

Z – коэффициент неравномерности освещения;

K_3 – коэффициент запаса;

η – коэффициент использования светового потока;

N – число ламп в помещении.

Приняв $h_c = 0,5$ м, по формуле (1) получим:

$$h = 7,5 - (0,5 + 0,8) = 6,2 \text{ м};$$

По формуле (2) получим:

$$L = 1,8 \cdot 6,2 = 11,16 \text{ м}.$$

Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным $L/3 = 3,72$ м.

В цех размещаем светильники типа универсаль У в количестве $N=8$ шт.

Находим индекс помещения по формуле (3):

$$i = \frac{435}{6,2 \cdot (14,5 + 30)} = 1,57$$

По таблице определяем коэффициент использования светового потока $\eta=0,48$.

По формуле (4) получим:

$$\Phi = \frac{200 \cdot 435 \cdot 1,2 \cdot 1,5}{8 \cdot 0,48} = \frac{156600}{3,84} = 40781 \text{ лм.}$$

Выбираем ближайшую стандартную лампу ДРЛ 700 с потоком 39000 лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_c - \Phi_p}{\Phi_c} \leq 20\% \quad (5)$$

По формуле (5), получим:

$$-10\% \leq -4,5 \leq 20\%$$

Мощность осветительной установки:

$$P = 8 \cdot 700 = 5600 \text{ Вт.}$$

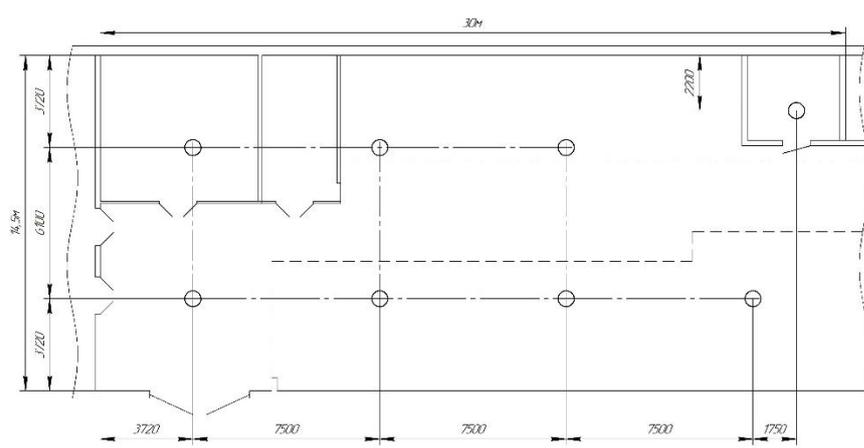


Рисунок 32 – План размещения светильников в механическом цехе

Монотонность работы

Монотонность труда возникает при выполнении однообразных действий или непрерывной и устойчивой концентрации внимания в условиях дефицита сенсорных нагрузок. В последствии происходит снижение работоспособности и производительности труда; ухудшение функционального состояния организма работающих; снижение творческой инициативы. Монотонный труд может приводить к производственному травматизму. Для профилактики применяются: чередование операций, совмещение профессий; смена предметов труда; внедрение рациональных режимов труда и отдыха; физические упражнения во время работы;

использование функционального освещения, световых раздражителей; повышение мотивации и интереса к работе.

Возможность поражения электрическим током

Поражение электрическим током может произойти от электрооборудования, находящегося в механическом цехе – станки, электропечь. Причинами электротравматизма могут: 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.

Поражение током вызывает местные нарушения целостности тканей и повреждения организма (электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения и электроофтальмия), вызванные воздействием электрического тока или электрической дуги; электрические удары.

К коллективным методам защиты от поражения электрическим током являются: недоступность токоведущих частей, оградительные и предохранительные устройства, тормозные устройства и блокировки, сигнализаторы опасности, опознавательная окраска и знаки безопасности, а также малые напряжения, электрическое разделение сетей, контроль и профилактика повреждений изоляции; защитное заземление, зануление, двойная изоляция, защитное отключение. К средствам индивидуальной защиты относят: изолирующие штанги; изолирующие электроизмерительные клещи; диэлектрические перчатки; слесарно-монтажный инструмент с изолирующими ручками; указатели напряжения; диэлектрические коврики и подставки.

К организационным мероприятиям относятся инструктажи по электробезопасности, плакаты и знаки безопасности (предупреждающие,

запрещающие, предписывающие и указательные). В механическом цехе работает персонал, относящийся к неэлектротехническому персоналу 1 группы допуска по электробезопасности до 1000 В, в обязанности которых не входит обслуживание, использование, ремонт электрической техники или установок. Инструктажи проводят с периодичностью 1 раз в год с записью в специальном журнале регистрации инструктажей по электробезопасности.

Повышенная температура поверхности изделия

Повышенная температура поверхности изделия, оборудования в механическом цехе может возникать при работе с муфельной печью. Муфельная электропечь предназначена для нагрева, прокаливания, сушки при температуре до 1100 °С.

Высокие температуры воздуха оказывают отрицательное воздействие на здоровье человека. Работа в условиях высокой температуры сопровождается интенсивным потоотделением, что приводит к обезвоживанию организма, потере минеральных солей и водорастворимых витаминов, вызывает серьезные и стойкие изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы, увеличивает частоту дыхания, а также оказывает влияние на функционирование других органов и систем - ослабляется внимание, ухудшается координация движений, замедляются реакции. Так же в результате контакта с горячими поверхностями муфельной печи возникают термические ожоги, ожоги дыхательных путей

Температура наружной поверхности оборудования, обрабатываемых материалов и веществ должна быть не выше 45 °С.

Согласно ГОСТ Р 51337-99 для уменьшения рисков и влияния высоких температур на организм работающего, могут приниматься следующие меры. Конструктивные - снижение температуры поверхности; изоляция (из дерева, пробки, фибры); ограждения в виде экранов или барьеров; конфигурирование поверхности (придание шероховатости, использование ребер). Организационные меры - предупредительные (предупредительные сигналы, индикация и звуковые сигналы тревоги); инструктаж, обучение; техническая

документация, инструкции пользователю; маркировка нагретых мест, предупредительные знаки безопасности. При работе с муфельной электропечью должна использоваться следующая спецодежда и средства индивидуальной защиты: халат хлопчатобумажный или фартук с нарукавниками, берет, рукавицы брезентовые, защитные очки.

К самостоятельной работе с печью допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие противопоказания по состоянию здоровья, прошедшие все необходимые инструктажи по охране труда, обучению безопасным методом и приемам работы, стажировку на рабочем месте и проверку требований ОТ. Согласно ИОТ-040-2001 перед началом работы с печью необходимо надеть спецодежду, подготовить инструмент, убедиться в наличии защитного заземления с корпусом печи, осмотреть печь и включить вытяжную вентиляцию. Запрещается приступать к работе при истекшем сроке технического обслуживания печи; при отсутствии или неисправности: заземления, ограждений и предохранительных устройств, вентиляции, СИЗ. Во время работы контролировать технологический процесс, избегать контакта с поверхностями, имеющими повышенную температуру. Осмотр, наладку, смазку, замену предохранителей производить только при отключении печи от сети, охлаждении горячих поверхностей до температуры менее 40°C, с выполнением мер, исключающих незапланированный запуск оборудования. Запрещается: оставлять у печи воспламеняющиеся предметы, ГВ, ЛВЖ; оставлять печь без присмотра; оставлять оборудование включенным после выполнения работ; допускать к работе посторонних лиц.

При возникновении любых неполадок печи, угрожающих аварией на рабочем месте прекратить ее эксплуатацию, отключить электроэнергию. доложить руководителю; действовать в соответствии с полученными указаниями.

Движущиеся машины и механизмы

В механическом цехе подвижными частями оборудования являются подвижные столы и стойки станков; вращающиеся шпиндели с

закрепленными в них заготовкой или инструментом; ходовые винты; передачи, расположенные вне корпусов станков.

Движущиеся части оборудования могут приводить к травмам рабочего в виде ушибов, порезов, переломов, и потере трудоспособности.

Основной величиной, характеризующей опасность подвижных частей, является скорость их перемещения. Согласно ГОСТ 12.2.009-80 опасной скоростью перемещения подвижных частей оборудования, способных травмировать ударом, является скорость более 0,15 м/с.

В соответствии с ГОСТ 12.2.003-91 движущие части производственного оборудования, если они являются источником опасности, должны быть ограждены. Недоступность подвижных частей оборудования в ходе технологического процесса является условием безопасного условия труда. На опасное оборудование наносят специальные знаки безопасности, предохранительные и блокирующие устройства, тормозные устройства; используются автоматические устройства для перемещения заготовок для исключения прикосновения рук. Коллективными средствами защиты являются ограждения согласно ГОСТ 12.2.062-81*, которые выполняются в виде сеток, решеток, экранов и кожухов. В качестве профилактических мер необходимо производить проверку наличия защитных ограждений на движущихся и вращающихся частях машин и механизмов; плановую и внеплановую проверку пусковых и тормозных устройств; проверку состояния оборудования и своевременное устранение дефектов ГОСТ 12.2.003-91.

4.3 Экологическая безопасность

Согласно федеральному закону об охране окружающей среды от 10.01.2002 N 7-ФЗ, предприятие АО «ТОМЗЭЛ» относится к III – категории негативного воздействия на окружающую среду, включенном в федеральный государственный реестр объектов. Предприятие имеет разрешение на выброс вредных веществ в атмосферный воздух (за исключением радиоактивных веществ), перечень и количество веществ к выбросу в атмосферный воздух.

Система экологического менеджмента на предприятии работает на снижение количества выбросов в атмосферу. Так, за последние два года были сокращены выбросы за счет разницы в часах работы за год, ликвидации источника выброса за счет ее продажи.

Вредное воздействие на гидросферу производственной площадкой предприятия обусловлено большим водопотреблением. Источником загрязнения поверхностных вод могут быть так же сброс моющих средств, содержащих нефтепродукты, растворимые соединения металлов, взвеси. Попадая в водоемы, сточные воды могут оказывать токсическое воздействие на растительные и водные организмы, приводить к ухудшению качества воды для питьевого водоснабжения. После использования в бытовых и производственных нуждах, сточная вода передается на очистные сооружения ООО ЛПО «Томлесдрев».

Согласно федеральному закону № 128-ФЗ от 08.08.2001 право на сбор, использование, обезвреживание, транспортирование, размещение отходов I-IV класса опасности имеет организация, имеющая на это лицензию. АО «ТОМЗЭЛ» имеет лицензию на сбор отходов IV классов опасности (мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированный). Остальные виды отходов предприятие утилизирует через другие организации. На предприятии утверждена карта расположения мест накопления различных видов отходов (рисунок 33).



Рисунок 33 - Карта расположения мест накопления отходов

На предприятии образуются твердые бытовые отходы, к которым относятся: спецодежда из синтетических и искусственных волокон, утратившая потребительские свойства, незагрязненная; обувь кожаная рабочая, утратившая потребительские свойства; отходы бумаги и картона, загрязненные лакокрасочными материалами, отходы кухонь и организаций общественного питания. Все эти отходы относятся к IV классу опасности. К методам переработки и утилизации твердых бытовых отходов относят: сжигание, компостирование, переработку, захоронение. Захоронение применяют к несгораемым отходам и к отходам, которые при горении выделяют токсичные вещества. Компостирование используется для переработки органических отходов. Бытовые и прочие отходы передаются ООО «Томск-Спецтранс».

Лампы ртутные, люминесцентные относятся к I классу опасности. Лампы, утратившие потребительские свойства расположены в отдельном помещении, оборудованном замком, и имеющим твердое асфальтированное покрытие. Отработанные лампы упаковываются в заводскую картонную тару, коробки устанавливаются в металлический контейнер с крышкой. Не допускается бой отхода, накопление отхода без заводской тары, свободный доступ к помещению, отсутствие инструкции в местах накопления отхода. Основная задача по утилизации люминесцентных ламп – это демеркуризация, удаление ртути с целью исключения попадания ее в почву и воду. Люминесцентные ртутьсодержащие трубки передаются ОАО «Полигон».

Эмульсии и эмульсионные смеси для шлифовки металлов отработанные, содержащие масла или нефтепродукты в количестве менее 15 %, относятся к IV классу опасности. Слив смазочно-охлаждающих жидкостей в канализацию приводит к загрязнению окружающей среды. Отходы сливаются в металлические бочки, с плотно притянутыми крышками, установленными в металлические поддоны. Емкости с отходом установлены в специальном помещении с твердым асфальтированным (железобетонным) покрытием. Не допускается накопление отходов в открытых емкостях,

попадание в отход воды, переполнение емкостей. Методы утилизации эмульсионных СОЖ основаны на разрушении несмешивающейся системы, разделении смеси на отдельные компоненты и их очищении. Для их расслоения используют центрифугирование, реагентную коагуляцию, термический метод. Эмульсии передаются компании ОАО «РОЛТОМ».

Лом и отходы стальные несортированные относятся к V классу опасности. Они накапливаются в металлических контейнерах и навалом на отведенных стеллажах. Переработка металлической стружки и лома подразумевает под собой повторную переплавку этого вторсырья с целью получения нового металла. Металлический лом подвергают измельчению, очистке и осушению стружки от смазочно-охлаждающих жидкостей, прессование или брикетирование для транспортирования. Брикетные и полосы металлолома переплавляют в электрических и плазменных печах. При обработке в печи лом заливают расплавленным чугуном и обдувают кислородом. Сталь освобождается от избытка серы, фосфора и других нежелательных примесей, которые увеличивают ломкость изделий. К расплавленному металлу добавляют примеси (кобальт, никель, хром, ванадий), придающие стали заданные свойства: устойчивость к коррозии, увеличение прочности. Лом стальной передается организации ООО «Томская стальная компания».

4.4 Безопасность при чрезвычайных ситуациях

На предприятии действует утвержденная инструкция по пожарной безопасности, разработанная на основе «Правил противопожарного режима в Российской Федерации» (постановление Правительства РФ от 25.04.2012 №390). К работе в механическом цехе допускаются работники только после прохождения обучения мерам пожарной безопасности.

Причинами возникновения пожаров могут служить неисправность электрооборудования, неисправность отопительных и вентиляционных систем; неисправность производственного оборудования, нарушение

технологических процессов (выделение горючих газов, пыли); самовоспламенение или самовозгорание некоторых веществ и материалов при нарушении правил их хранения и использования; несоблюдение персоналом установленных требований пожарной безопасности.

На предприятии проводятся пожарно-профилактические мероприятия:

- организационные мероприятия (противопожарный инструктаж, обучение персонала правилам ТБ; издание инструкций, плакатов, планов эвакуации);

- эксплуатационные мероприятия (соблюдение эксплуатационных норм оборудования; обеспечение свободного подхода к оборудованию);

- технические и конструктивные, связанные с правильным размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

По пожарной безопасности механический цех относится к категории Д. Все основные конструкции выполнены из негорючих материалов – железобетона, кирпича, металлоконструкций. В цехе установлена автоматическая сигнализация, датчики дыма. На территории находятся пожарные щиты с пенными огнетушителями, углекислотными огнетушителями, ящики с песком, плотное полотно (асбест, войлок), ломы, багры, топоры.

При возникновении пожара необходимо:

- сообщить о возникновении пожара в пожарную охрану по телефону 99-01 (по сотовому телефону – 101), поставить в известность руководство и дежурные службы АО «ТОМЗЭЛ»;

- в случае угрозы жизни людей, немедленно организовать их спасение, используя для этого имеющиеся силы и средства;

- проверить включение в работу автоматических систем противопожарной защиты (оповещения людей о пожаре, пожаротушения, противодымной защиты);

- при необходимости - отключить электроэнергию (за исключением систем противопожарной защиты);

- прекратить все работы в здании или сооружении (если это допустимо по технологическому процессу производства), кроме работ, связанных с мероприятиями по ликвидации пожара;
- удалить за пределы опасной зоны всех работников, не участвующих в тушении пожара;
- осуществить общее руководство по тушению пожара до прибытия подразделения пожарной охраны;
- обеспечить соблюдение требований безопасности работниками, принимающими участие в тушении пожара;
- одновременно с тушением пожара организовать эвакуацию и защиту материальных ценностей;
- организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожара.

Вывод

В результате работы над разделом определены вредные и опасные факторы, возникающие в процессе проектирования и изготовления выходного вала в механическом цехе. Рассмотрены нормативные значения этих вредных факторов, методы их снижения, и средства индивидуальной защиты. Рассмотрены требования электробезопасности, требования при работе с муфельной печью. Приведен расчет общего освещения в цехе. Определены возможные чрезвычайные ситуации - пожар, и действия персонала при возникновении ЧС.

Рабочие места в механическом цехе АО «ТОМЗЭЛ» соответствуют нормативно-технической документации.

В разделе «Экологическая безопасность» рассмотрено влияние производственной площадки на атмосферу и гидросферу, методы утилизации отходов различных классов опасности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Производство любого изделия – это сложный и многоуровневый процесс, в котором задействованы специалисты разных профессий. Для планирования производственного процесса и внесения в него изменений, требуется провести большую аналитическую работу, учесть все факторы риска, учитывать влияние изменений на все этапы жизненного цикла изделия.

В результате исследования предложен альтернативный материал для изготовления выходного вала, внесены изменения в технологический процесс, приводящие к увеличению износостойкости вала. Также проведен анализ влияния полученных изменений на различные этапы ЖЦИ. Установлена эффективность внедрения результатов работы - без существенного изменения жизненного цикла, технологии производства и себестоимости изделия, достигнуто улучшение его качественных характеристик, что в дальнейшем приводит к снижению расходов на сервисное обслуживание всего УРДО «Диоген» в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тюрин Н.А. Устройство, предотвращающее накопление осадков в мазутных резервуарах. – М.: ЦНИИТ Энефтехим. НТРС. Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья, 1980, № 4.
2. Штин И.В. и др. Технология размыва донных отложений в резервуарах типа РВС. Трубопроводный транспорт нефти. Приложение, 2001, № 12.
3. Устройство для размыва донных отложений в РВС и РГС. Мешалка для резервуаров серии НХ 63.00.000. [Интернет ресурс]. – Режим доступа: <https://aurora-oil.ru/sku/rezervuarnoe-oborudovanie/meshalki/meshalka-dlya-rezervuarov-serii-nh-63-00-000/>, свободный. [Дата обращения: 20.02.2020].
4. Устройства размыва донных отложений тайфун. [Интернет ресурс]. – Режим доступа: <https://aacc.ru/neftegazovoe-oborudovanie/ustrojstva-razmyva-otlozhenij/ustrojstvo-tajfun/>, свободный. [Дата обращения: 20.02.2020].
5. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Учебное пособие. Часть 1. Материаловедение. Стандарт третьего поколения/ В.М. Александров. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет, 2015. – 327 с.
6. PLM система: что это такое, ее схема и стадии жизненного цикла изделия. [Интернет ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zwsoft.ru/stati/plm-sistema-cto-eto-takoe-ee-shema-i-stadii-zhiznennogo-cikla-izdeliya>, свободный. [Дата обращения: 12.03.2020].

Приложение А

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на разработку модернизации вала из состава устройства размыва донных отложений в резервуарах ДИОГЕН-500

1. Наименование изделия

1.1. Вал из состава устройства размыва донных отложений в резервуарах «Диоген-500» (далее вал).

2. Область (условия) применения разрабатываемой продукции

2.1. Устройство размыва донных отложений предназначено для создания направленных затопленных турбулентных струй в нижнем слое нефти (нефтепродукта) в вертикальных стальных резервуарах объемом 2000-50000 м³ с целью размыва и перевода во взвешенное состояние парафинистых отложений для последующей откачки их вместе с нефтью (нефтепродуктом)

2.2. Вал в составе устройства размыва донных отложений предназначен для передачи крутящего момента от привода к пропеллеру.

2.3. Область применения – резервуары.

3. Цели

3.1. Цель выполнения разработки модернизации:

- повышение эффективности и надежности работы устройства размыва на вертикальных стальных резервуарах с рабочей средой, имеющей повышенную вязкость до 100 сСт;

- повышение эффективности и надежности, снижение эксплуатационных затрат на систему размыва донных отложений (увеличение межремонтного периода);

- подготовка к освоению производства модернизированного вала из состава устройства размыва донных отложений.

3.2. В результате выполнения разработки:

- проведено изучение характера повреждений устройства размыва донных устройств в части разгерметизации узла вала;

- разработана методика улучшения конструкции;
- проведен технологический анализ оптимизации производства модернизированного изделия;
- разработан чертеж вала;
- проведено исследование в части технологического обеспечения производства для изготовления изделия.

4. Основные параметры и технические требования

4.1. Устройство размыва в своей части, относящейся к валу, должно включать:

- корпус, с элементами крепления устройства к фундаменту около патрубка на первом поясе резервуара;
- главные привод пропеллера на базе взрывозащищенного электродвигателя со встроенными датчиками температуры;
- пропеллер диаметром 500 мм;

4.2. Устройство размыва должно быть оснащено взрывозащищенными асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором. Синхронная частота вращения вала не более 3000 об/мин. Режим работы – продолжительный S1 для главного привода пропеллера.

Т а б л и ц а А.1 – Основные параметры устройства размыва

Наименование параметра	Значение
1 Максимальный диаметр пропеллера, мм, не более	500
2 Максимальный угол поворота пропеллера в горизонтальной плоскости, градусы, не более	60
3 Время одного цикла поворота вала пропеллера, час	От 7 до 11
4 Гарантированное время непрерывной работы устройства, час, не менее	20
5 Максимальное давление, удерживаемое уплотнительными элементами устройства, Мпа, не менее	0,28
6 Габаритные размеры устройства размыва (длина*ширина*высота), мм	
7 Габаритные размеры вала (длина*диаметр), мм	
8 Масса устройства размыва, кг	
9 Масса вала, кг	
10 Класс вибрации по ГОСТ Р МЭК 60034-14, мм/с	2,8

4.3. Требования надежности

4.3.1. Безотказность

- Вероятность безотказной работы в течение назначенного срока службы – 0,99.

- Нарботка на отказ – 3000 ч.

4.3.2. Долговечность

- Полный назначенный срок службы устройства – не менее 20 лет.

- Назначенный ресурс работы – не менее 50000 часов.

4.3.3. Ремонтпригодность

Среднее время восстановления устройства (замена составных частей вне резервуара) – 2 часа.

4.3.4. Критерии предельного состояния:

- достижение назначенного срока службы;
- достижение назначенного ресурса;
- изменение геометрических размеров и состояния поверхностей деталей, влияющих на функционирование устройства;

4.3.5. Критерием отказа являются события:

а) состоящие в частичной или полной утрате работоспособности устройства размыва, вызванные заклиниванием подвижных частей;

б) наличие ненормативной протечки продукта через уплотнения валов главного привода пропеллера и привода поворота пропеллера.

4.4. Требования к стойкости к внешним воздействиям и живучести

4.4.1. Составные части устройства размыва (в т.ч. вал) в транспортной таре должны выдерживать транспортную тряску с ускорением 30 м/с² при частоте ударов от 80 до 120 в минуту или 1500 ударов с тем же ускорением.

4.4.2. Вал из состава устройства размыва, устанавливаемый вне резервуара, должен выдерживать следующие климатические воздействия (Таблица 2):

Т а б л и ц а А.2 – Значения температуры окружающего воздуха

Климатическое исполнение	Категория размещения	Значение температуры воздуха при эксплуатации, °С			
		Рабочее		Предельное рабочее	
		верхнее	нижнее	верхнее	нижнее
УХЛ	1	+40	-60	+45	-70

- верхнее значение относительной влажности – 100% при 25°С с конденсацией влаги и более низких температурах без конденсации влаги;

- верхнее значение атмосферного давления составляет 106,7 кПа (800 мм рт.ст), нижнее рабочее атмосферное давление составляет 84,0 кПа (630 мм рт.ст.).

4.5. Конструктивные требования

4.5.1. Конструктивное исполнение вала должно обеспечивать его монтаж в головное изделие устройства размыва. Также, должна быть предусмотрена возможность замена вала без применения специальных средств.

4.5.2. Рабочее положение вала в составе смонтированного устройства размыва – вертикальная ось поворотного шарнира пропеллера параллельна вертикальной оси резервуара.

4.5.3. Места крепления вала к устройству должны обеспечивать возможность установки подшипников и обеспечивать износостойкость в этих местах.

4.5.4. Вал должен обеспечивать работу электродвигателей устройства в продолжительном режиме S1 без перегрузок (перегрева).

4.5.5. Износостойкость вала в местах крепления к подшипникам должна обеспечивать стабильное вращение без осевых колебаний для предотвращения разрушения уплотнителей и последующей разгерметизации головного изделия.

4.6. Требования к материалу, используемому при изготовлении вала.

4.6.1. Применяемый материал должен иметь сертификаты, подтверждающие соответствие требованиям стандартов и технических условий на их изготовление и поставку.

4.6.2. Вал должен быть изготовлен из стали с антикоррозийными и механическими свойствами. В случае применения иной стали, требуется дополнительное обоснование и соответствующие технологические способы увеличения указанной стойкости к указанным факторам.

4.6.3. Покрытие вала должно быть выполнено не ниже V класса согласно ГОСТ 9.032.

4.6.4. Смазка, закладываемая в узел вращения вала в соприкосновении с иными составными частями устройства размыва должна отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать смазывание узлов трения и сопряженным поверхностям «металл-металл» при температуре от минус 60 °С до 150 °С.

- быть не гигроскопичной;

- не разлагаться от воздействия внешней среды;

- предел прочности при 50 °С должен быть не менее 120 Па.

4.7. Маркировка

Маркировка вала должна быть выполнена в соответствии с требованиями конструкторской документации ГОСТ 18620.

4.8. Упаковка

Вал из состава устройства размыва в случае транспортировки вне головного изделия должен быть упакован в транспортную тару предприятия-изготовителя с соблюдением требований ГОСТ 231780 и ГОСТ 3.014 для варианта внутренней упаковки ВУ-4.

4.9. Требования безопасности и охраны труда

Требования к безопасности и охраны труда должны соответствовать тем же требованиям что и к головному изделию – устройству размыва отложения «Диоген-500».

5. Результаты разработки

5.1. Исполнитель предоставляет:

- научно-технический отчет;
- проект технического задания;
- чертеж вала;
- эксплуатационная документация;
- технологическая документация;

Представляются в подлинниках в 5 экз., утвержденных руководителем, консультантами и руководителем ООП и в электронном виде на CD носителе в формате doc, docx, cdw.

Приложение Б

Increasing durability of output shaft rotation units of the bottom sediment jet

Diogen

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ8Т	Харин Михаил Сергеевич		

Консультант школы отделения (ИШНПТ)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Крауныш Д.П.	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Забродина И.К.	к.пед.н.		

INTRODUCTION

Due to the increase of oil production in the world, growth of interior consumption, export of oil and oil products there is now a significant problem of transportation and storage. Keeping it in high-volume reservoirs results in formation and conglomeration of bottom remains [1]. Bottom remains lead to exploitation of only partial volume of reservoirs, to formation of areas with a danger of corrosion and impeding of their exploitation process [2]. Additionally, it creates difficulties with quantitative and qualitative accounting of oil products, decreases technical and economic indicators of performance of reservoirs and the entire system.

Consequently, a significant problem of exploitation of oil-storage reservoirs is their cleaning. Sediment covers the area unevenly. The thickest sediment layer is formed in areas that are situated far from receiving-distributive branch pipes. That makes accurate measuring of factual quantity of oil in a reservoir impossible. The sediment thickens with time and is hard to wash off in some areas. For secure exploitation of reservoirs, they are cleared from formed sediment according to the norms presented in GOST 1510-84.

One of the possible solutions to the problem of tank cleaning is preventing them from sediment formation.

For the bottom sediment cleaning are used hydraulic systems of cleaning. An example is the system created by «VNIISPT-oil», which is now used in tanks of many oil-pumping stations and tank farms. The system consists of a group of harp nozzles, from which oil streams are spread over the bottom of the tank. They wash off the sediment and afterwards weighted sediment with the oil is pumped out from the tank. This system makes it possible to stop periodic tank cleaning, keep the sediment and transform it into oil. In addition, it increases useful space of the tank and decreases the environment pollution.

Instead of a system consisting of harp nozzles, there might be used a compact stream with a slowly rotating nozzle, which also effectively mixes the sediment with the oil.

Major disadvantages of these systems are destruction of pipeline strapping with time, clogging of the moving nozzle parts and decrease of effectiveness of the cleaning.

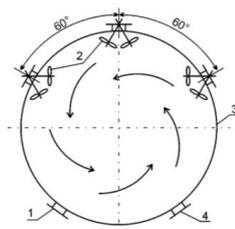
One more way of bottom cleaning remains is intensively moving the oil inside the tank with special instruments (mixers, agitators). The remains are washed off with a moving submerged stream. Those types of devices will be the object of research.

During this research there was researched the lifecycle of the output shaft of the rotation unit of the bottom sediment jet (further –«BDJ») «Diogen». This equipment is meant to create directed submerged turbulent streams in the bottom layer of oil (oil product) with the volume from 2000 to 50 000 m³ aiming to clean and turn into a weighted state paraffin remains for the following pumping out with oil (oil product).

1 LITERATURE REVIEW

Mixing bottom sediment jets are usually situated in tank that get highly viscous or polluted raw oil. These devices do not let the sediment to be formed in the bottom part of a tank; they maintain heavy and viscous components of oil in weighted state. Abroad are mostly used screw mixers with three vanes.

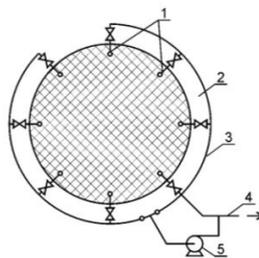
Screw mixers are placed under the bottom level of descent of the floating roof of a tank opposite to the absorbing and pumping branch pipes on the angular distance of 60° from each other (Figure Б.1). The position of shaft of the mixer screw in the horizontal plane can be changed to 30°; that makes it possible to improve clearing of the tank bottom. Effectiveness of mixers in big tanks (about 100.000 m³) increases in combination with a heating system.



1 –filling nozzle; 2 – screw mixer; 3 –tank wall; 4 –drainpipe

Figure Б.1 - Scheme of placing screw mixers in a tank

Several devices are used on the equal distance from each other in the bottom part of a tank wall of several suction (Figure B.2), which are connected to the pump that works during the tank emptying.

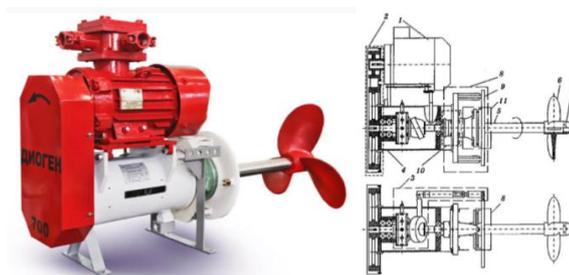


1 –suctions; 2 – tank wall; 3 –pipe lines trapping; 4 – suction pipe; 5 – pump

Figure B.2 - Scheme of suction placement in a tank

The work of such devices does not affect the strength of construction of the floating coating that also includes preventing static electricity from accumulation.

BDJ«Diogen» (Figure B.3) manufactured by AS «TOMZEL» is one of such devices. Technical specifications of the «Diogen» devices are demonstrated in Table B.1.



1- Explosion-proof asynchronous electric motor; 2- flatly toothed belt transmission; 3-automatic drive unit of rotation; 4-body; 5-shaft; 6 –propeller; 7- cowling; 8-swivel assembly; 9-connecting flange; 10 – front-end seal; 11 – spherical seal

Figure B.3 –BDJ«Diogen»

BDJ consists of a body and a shaft, which a screw is attached to. The screw rotates due to explosion-proof asynchronous electric motor by means of flatly toothed belt transmission. Shaft of the mixer makes harp movements through automatic drive unit of rotation. An effect on the surface of sediment is also reached by swaying of the mixer shaft in the horizontal plane (angle between the extreme positions 60°). Moving the shaft from one extreme position to other takes to 5 hours.

The device is successfully used in chemical, petrochemical, oil-refining and other industries. It destroys sediment, removes sludge in reservoirs and tanks with highly flammable liquids (petrol, diesel fuel, oil, fuel oil, bitumen, oil products etc.) and provides stable work in aggressive environment. Using the device excludes dividing liquids into fractions, what provides longer storage of fuel with maintaining its consumer qualities.

The disadvantage of «Diogen» is often maintenance of its rotating details. During the technical analysis, it was found that the system defect is a depreciation of the shaft in two areas. That leads to failure of sealing rings, depressurization of the device and leak of lubricating substance.

T a b l e B.1 – Technical specifications of «Diogen» devices

Parameter name	Diogen-500	Diogen-700
Maximum propeller diameter, mm	500	700
Rotation speed, turns/min	690	690
Maximum length of submerged oil stream, m	28	45
Maximum rotation angle of propeller shaft in the horizontal plane at least, angular degrees	60	60
Time of turning of propeller shaft within 60°, hours	3,5	5
Supply voltage, V	380	380
Electric motor EM	AIMR-160	AIMR-160
Power consumption, kW	15	18,5
Level of EM shell protection	IP54	IP54
Dimensions, LxBxH, mm	1800x500x900	1800x700x1030
Life time, years	15	15
Climatic performance	UHL 1	UHL 1
Weight, kg	360	400

1.1 Review of analogues

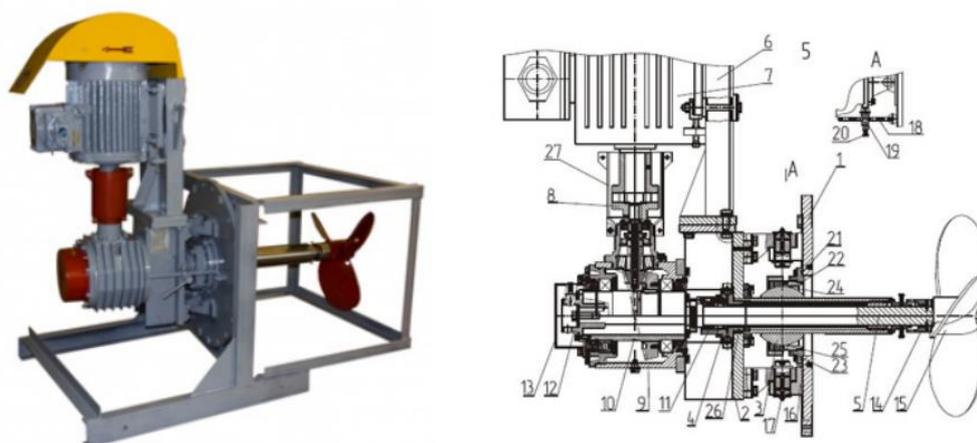
Nowadays there are many similar devices manufactured abroad or in Russia. Let us examine some of them.

Screw-type mixers (further – screw mixers) can be divided in two groups by its operating principle. Some of them intensively mix the whole volume of oil, preventing formation of the sediment; others make a long submerged narrowly

targeted stream that washes off the sediment in areas where it meets the stream. The first group of mixers includes NH 63.00.000 (Russia), Jensen 620 VA 25/29 (USA) and others, the second - Plenty 28P-8 TM25 (USA), «Diogen-500/700», «Typhoon-20/24/28» (Russia).

Reservoir mixer from the NH 63.00.000 series

Reservoir mixer from the NH 63.00.000 series (Figure B.4) is created for mixing oil, oil products and petrochemical liquids in vertical cylindrical reservoirs and tanks with volume from 200 to 10 000 m³ at oil-refining, petrochemical and oil-producing companies, tank warehouses.



- 1- cap of the reservoir hatch, 2 - bracket, 3 –spherical bearing, 4 – support flange, 5 –mixer shaft, 6 - motor frame, 7 – electric motor , 8-clutch, 9 – reduction gear, 10 – gearbox output shaft, 11- front-end seal, 12- cross-piece, 13- casing, 20 - bolt, 14-shutter, 15-propeller, 16- swivel assembly, 17-oiler, 18- detent, 19 - plug, 21,22,24,26 — rubber rings, 23- stuffing box, 25 - nut, 27 – half-casing

Figure B.4 - Mixer for reservoirs from the NH 63.00.000 series

The peculiarity of the devices is special seal materials and slide bearings. This makes the device work in low-lubricating environment. Technical specifications of the device are demonstrated in Table B.2.

T a b l e B.2 – Technical specifications of mixers from the NH 63.00.000 series

Parameter name	Reservoir mixers from the NH 63.00.000 series			
	D Series	01 Series	G Series	S Series
Design	Monoblock design of the mixing device and the drive unit			
Shaft rotation opportunities	±30° from the starter position		Fixed rotation angle 10°	

Drive unit type	Electric			
Nominal power of the electric drive unit, kW	22	22	11	7,5
Propeller diameter, mm	700,6	700, 600, 500	600,5	
Propeller rotation frequency, turns/min	365			
Mixer sealing type	Front-end single	Front-enddouble	Front-endsingle	
Mixed products	Dark oil products	Oil	Dark and viscous oil products	Dark and viscous oil products, petrochemical liquids
Reservoir volume, m ³	3000-100000	500-50000	200-5000	300-5000
Overall dimensions, mm, no more than:				
length L	1600	1600	1600	1600
width B	755	755	755	640
height H	1600	1600	1600	1600
Weight, kg, no more than	600	500-620	500-590	480-590

The mixer is installed on the hatch of the first zone of the reservoir. Mixer shaft is placed in parallel to the reservoir bottom. The product in the reservoir is being mixed under the pressure of the submerged stream from the propeller. During that, bottom remains are being washed off. When the output mixer shaft with the propeller is turned at an angle up to 30° from the starter position, the entire reservoir product is being rotated. That evens product characteristics over the entire volume of the reservoir. For the high-volume reservoirs (5000 m³ and bigger) rotation direction can be changed to the opposite by turning the output mixer shaft in the spherical bearing.

The device is used to prepare oil products (fuel oil, oils, bitumen, petrol), petrochemical liquids (formalin, formaldehyde, alkaline solutions) by mixing their components to even their characteristics; to prevent depreciation and sediment forming during the raw material storage; to even heat distribution over the whole reservoir volume during the storage of high-temperature products (up to 200°C) inside it [3].

Bottom sediment jet«Typhoon-20/24»

The company LTD SPA «Siberian machine-builder» specializes on low-powered devices «Typhoon» (comparing to the device «Diogen»). It is often required to put several of them in one reservoir.

Bottom sediment jet «Typhoon-20/24» (Figure Б.5) is meant to clean bottom remains in reservoirs with volume from 1000 m³ to 15000 m³ with highly flammable liquids (petrol, diesel fuel, oil, oil products) and to prevent such remains from forming. The device effectively destroys sediment and removes sludge in tamps with highly flammable liquids. It provides stable work in aggressive nutritive environment.



Figure Б.5 – BDJ«Typhoon»

The main functions of the device «Typhoon» are: cleaning and mixing bottom sediments in a tank and preventing bottom sediment from forming with a moving oil stream formed by a propeller; automatic movement of oil stream in the horizontal plane by turning a propeller axle; making the entire oil mass rotate in a reservoir when the device works in extreme positions of propeller shaft; managing the work of the device with local and remote control. Technical specifications of the device «Typhoon» are demonstrated in Table Б.3.

Table Б.3– Technical specifications of BDJ«Typhoon 20/24»

Parameter	Typhoon 20	Typhoon 24
Maximum diameter of the propeller screw, mm	500	600
Screw rotation speed, turns/min	690	690
Nominal power of the electric motor, kW	15	18,5

Maximum reactive force of the propeller screw, N	3000	4200
Permissible pressure from a reservoir, MPa	0,22	0,22
Viscosity of the mixed liquid, cSt no more than	42	40
Length of the submerged stream of the mixed liquid, m	upto 45	upto 45
Time of turning, hours	3,5	3,5
Rotation angle, angledegrees	55-60	
Nominal voltage of the three-phase supply network, V	323-418	
Protection level by GOST 14254-96	IP 54	
Climatic performance	U1; UHL1	
Weight, kg	490	520
Life time, years	15	
Overall dimensions, LxWxH, mm	1740x435x1034	

With their propeller screw the devices create a long (up to 47 m) narrowly targeted stream of liquid that by automatic recurrent angle motion of the device itself moves over the bottom of a reservoir, covering its entire space (Figure B.6).



Figure B.6 – The process of bottom sediment cleaning in an oil tank

Periodic use of the device (once in 10 days) for 12-14 hours makes it possible to prevent the sediment formation and homogenize the liquid inside the reservoir.

When the device is automatically turned during its work (1 cycle — turn $\pm 60^\circ$ in 3,5 hours), liquid is intensively mixed and its rotation direction changes 4 times during the cycle. The device is exploited at environmental temperatures from -50 to $+50^\circ\text{C}$ outdoors and does not require additional heating. Comparing to

analogues, BDJ«Typhoon» is small-sized and light-weighted. Automatic drive unit rotation does not require additional tuning and human intervention.

These mixing devices have a disadvantage— destruction of front-end seal, caused by hardening of the fuel oil in gaps and cavities near this unit after decrease of the fuel oil temperature lower than permissible - 40°C.

A significant increase in viscosity of the fuel oil arises by a sharp decrease of the environment, failure of heating systems etc. The reason of failure is a sharp increase of kinetic viscosity of the cooled fuel oil, which gums the seal rings of the front-end seal, fills gaps of the front-end seal unit and binds mutually moving details. When the device is turned on, torque destroys gummed seal rings.

For the rectification of the BDJ «Typhoon», it is supplemented with a pressure gear. Being under pressure the pressure gear supplies solvent (diesel fuel, kerosene, petrol) to the gaps of the mechanical seal unit. The solvent dissolves and washes away under pressure all highly viscous and paraffin remains back to the reservoir [4].

1.2 Ways of increasing the durability of the friction units

A system defect of BDJ«Diogen» is shaft deterioration that causes failure of seal rings and depressurization. This shaft serves for transferring torques on relatively big distances within the construction.

This problem can be solved in many ways; one of them affects mechanical features of the device material. There can be distinguished two directions. Firstly, it is the selection of the material and its chemical structure that will provide necessary mechanical features of the device. Secondly, it is the technological direction. From the literature and industrial practice it is determined that during the details processing their characteristics can change significantly due to the conditions and modes of the processing. There are such technological processes that are specially created for elevation of ready-made devices.

There are following ways of increasing the durability [3]:

1. Thermic, thermochemical:

Thermic processing. The aim of the thermic processing is creating technological and operational features of a detail over its entire volume or only on a surface. Technological processes of thermic processing vary in temperature and way of heating, speed of heating and cooling, quenching environment and way of cooling in quenching environments.

Thermomechanical processing. Operations of pressure processing and thermal processing of details are combined. By thermochemical, processing grain is milled and that creates specific alloy structure. As a result, strength characteristics become higher and sensibility of the alloy to cutting decreases.

Surface quenching. Surface heating of the detail is performed by gas flame (by quenching massive or complex-shaped details), high frequency currents and pulverized electrolytes.

Thermodiffusion (chemothermic seal). Is performed by saturation of detail surface with alloying elements that change the chemical structure of the surface.

Thermochemical seal. During this process a detail is being covered with energetic thermite pastes. The paste consist from oxygen-containing substances, binding substance, aluminum powder, calcium, magnesium, iron. By setting on fire the mixture on the detail surface the paste can reach temperatures from 600 to 800 °C. During this reaction, alloying element diffuses into the detail surface.

2. Electrochemical and electrophysical:

Galvanic ways of strengthening. This ways include hard nickeling, electrolyte phosphating, enameling. Nickeling can return past detail size and increase its durability. Phosphating is used after mechanical processing. Process of enameling is getting thick protective-decorating enamel membranes by using electrolytes.

Chemical ways. They are used to increase the durability and reliability of details. The detail surface is being processed, degreased and pickled. Then the necessary element settles in a solution tub.

Electrospark strengthening. By spark discharge in a chain of direct current the material is transferred from anode to cathode. In this process detail plays the role

of cathode and anode is a tool from strengthening material. During the discharge occurs a diffusion of alloying material under the thin layer of the fused detail layer. After the fast cooling occurs chemical strengthening.

Electrocontact strengthening. It occurs by moving an instrument – anode over the surface of a detail-cathode. Due to the transfer of alloying material, its diffusion process and quenching there is formed a strengthened surface layer.

3. Mechanical strengthening of detail surfaces:

Plastic deformation. During this process crystal forms are changed and alloy grains are grinded. Physico-mechanical features of the surface change, strength increases on a par with hardness, contact endurance and durability.

Shot-blast processing. It is used in pneumatic and centrifugal shotguns. The method is processing detail surface with a powerful stream of compressed air mixed with particles of abrasive materials. Shot-blast equipment creates a powerful air stream that sweeps the shot along. It bumps into metal, clearing it from rust and smoothing the roughness. This method strengthens the crystal lattice of the metal, making it stronger and less sensitive to rust, decreases tension.

Vibration processing. This method consecutively strikes the surface by means of micro-impacts of grinding material granules under the pressure of directed vibrations connected to working chamber. Besides the strengthening, it creates a microrelief of surface that improves greasing conditions in friction surfaces. The durability is increased.

Diamond strengthening and smoothing. A diamond crystal with a spherical working part is used as an instrument. It is set in a mandrel. Clamping for eviscerated by a calibrated spring. In the surface layer polishing creates remaining stretching tensions that are compensated by compressing tension after the diamond smoothing.

Roller and ball processing. It is one of the most common technological ways of strengthening machine details. It is performed by one or several freely rotating rollers that contact the processed detail under some pressure. As a result of plastic deformation there occurs riveting of the surface layer, remaining tensions of compressing arise, the structure of the surface layer changes, causing the hardening

of the material. During the roller processing ledges on the detail surface are being smoothed and gaps are being filled.

Mandrelling. During this process a hard working mandrel tool is being moved in a hole of a preload billet. Due to the preload the metal is strengthening in the surface layer, the roughness is smoothed; form and size of the transverse section of the hole and the whole billet can be altered. The transverse section size of the hole is bigger than the transverse section size of the billet instrument on the size of the preload.

4. Spraying surfaces in vacuum

Cathode spraying. It is bombing the target with gas-discharge plasma ions and settling the sprayed particles on the detail surface.

Ions edimentation. The process is thermic formation of surfaces in the gas discharge. The specialty of this method is using the process of bombing the surface of a cathode with a stream of high-energy ions before the surface sedimentation – as for clearing the detail service as during the process of forming the necessary surface.

Thermic sedimentation. This method is based on a feature of metal steam to settle on the surface of the detail [3].

References

- 1 Gopang I.A., Mahar H., Jatoi A.S., Akhtar K.S., Omer M., Azeem M.S. Characterization of the sludge deposits in crude oil storage tanks. *Journal of Faculty of Engineering & Technology*, 2016, vol. 23 (1), pp. 57–64.
- 2 Monteiro M., Svet V., Sandilands D., Tsysar S. Experimental investigations of various methods of sludge measurements in storage oil tanks. *Advances in Remote Sensing*, 2015, vol. 4, no. 2, pp. 119–137.
- 3 Eyre, T.S., «Wear Resistance of Metals», *Treatise on Materials Science and Technology*, vol. 13, Wear, Academic Press, Inc., 1979, 363-442.

Приложение В - ФЮРА.715313.001 Вал. Чертеж детали

