

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ) Отделение машиностроения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Модернизация конструкции и совершенствование технологии изготовления герметичного радиатора

УДК 621.3:62-714-027.257

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM01	Першина Мария Александровна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Алфёрова Е.А.	канд. физ-мат. наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	доктор экон.наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич О. А.	доцент, канд. биол. наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении	Мартюшев Н.В.	к.т.н.		

Результаты обучения по ООП Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла, получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения в том числе в режиме удалённого доступа
УК(У)-3	Способность организовать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способность применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия (-ий), анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-5	Способность на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований, создавать и редактировать тексты профессионального назначения
УК(У)-6	Способность определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки, а также использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК(У)-3	Способность использовать иностранный язык в профессиональной сфере
ОПК(У)-4	Способность осуществлять экспертизу технической документации
ОПК(У)-5	Способность организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий, и их элементов, по разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов
ОПК(У)-6	Способность к работе в многонациональных коллективах, в том числе при работе над междисциплинарными и инновационными

ОПК(У)-7	Способность обеспечивать защиту и оценку стоимости объектов интеллектуальной деятельности
ОПК(У)-8	Способность проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения
ОПК(У)-9	Способность обеспечивать управление программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений
ОПК(У)-10	Способность организовывать работу по повышению научно-технических знаний работников
ОПК(У)-11	Способность подготавливать отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения
ОПК(У)-12	Способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
ОПК(У)-13	Способность разрабатывать методические и нормативные документы, предложения и проводить мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения
ОПК(У)-14	Способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление машин, приводов, оборудования, систем и нестандартного оборудования и средств технологического оснащения, выбирать оборудование и технологическую оснастку
ПК(У)-2	Способность разрабатывать нормы выработки и технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии в машиностроении
ПК(У)-3	Способность оценивать технико-экономическую эффективность проектирования, исследования, изготовления машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов, принимать участие в создании системы менеджмента качества на предприятии
ПК(У)-4	Способность подготавливать заявки на изобретения и промышленные образцы, организовывать работы по осуществлению авторского надзора при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и с даче в эксплуатацию выпускаемых изделий и объектов машиностроения
ПК(У)-5	Способность разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности на предприятии, оценивать инновационные и технологические риски при внедрении новых технологий, организовывать повышение квалификации и тренинг сотрудников подразделений в области инновационной деятельности и координировать работу персонала при комплексном решении инновационных проблем в машиностроении

ПК(У)-6	Способность разрабатывать мероприятия по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов машиностроительного производства
ПК(У)-7	Способность организовать развитие творческой инициативы, рационализации, изобретательства, внедрение достижений отечественной и зарубежной науки, техники, использование передового опыта, обеспечивающих эффективную работу подразделения, предприятия
ПК(У)-8	Способность организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов оборудования и материалов
ПК(У)-9	Способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
ПК(У)-10	Способность и готовность использовать современные психолого-педагогические теории и методы в профессиональной деятельности
ПК(У)-11	Способность подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения в области профессиональной деятельности
ПК(У)-12	Способность составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений в области профессиональной деятельности
ПК(У)-13	Способность применять новые современные методы разработки технологических процессов изготовления изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности с определением рациональных технологических режимов работы специального оборудования в машиностроении

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

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение»
Отделение машиностроения

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Мартюшев Н.В.
«__» _____ 2022 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ01	Першина Мария Александровна

Тема работы:

Модернизация конструкции и совершенствование технологии изготовления герметичного радиатора	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№55-45/с от 24.02.2022
Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2022

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1. Чертёж детали «Медный радиатор». 2. Техническое задание на проектирование изделия.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Выполнить литературный обзор по материалам для изготовления радиаторов, работающих под давлением. 2. Модернизировать конструкцию радиатора для повышения его прочности и эффективности. 3. Рассчитать конструкцию алюминиевого литого радиатора с использованием программного обеспечения в SolidWorks Simulation, обеспечивающую снижение процента брака при испытаниях на герметичность. 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 5. Социальная ответственность.

	6. Заключение и выводы.
Перечень графического материала	Демонстрационный материал (презентация в MS PowerPoint)
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Исследовательский	Алфёрова Е.А.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов М.А.
Социальная ответственность	Антоневич О.А.
Раздел ВКР на иностранном языке	Сыскина А.А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Research part on the choice of material for a sealed radiator of the cooling system for electrical and radio elements, calculations performed in Solid Works in order to change the design // Исследовательская часть по выбору материала герметичного радиатора системы охлаждения электро и радиоэлементов, с целью изменения конструкции	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	25.12.2020
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМШ	Алфёрова Е.А.	канд. физ.-мат. наук		25.12.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ01	Першина Мария Александровна		25.12.2020

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация состоит из 121 страниц, содержит 31 рисунок, 19 источников литературы и 4 приложения.

Ключевые слова: медный герметичный радиатор, алюминиевый радиатор, конструкция, расчёты, материал.

Объектом исследования является медный герметичный радиатор, системы водяного охлаждения электро и радиоэлементов.

Целью магистерской диссертации является усовершенствование конструкции герметичного радиатора для сохранения надёжности, размеров и эксплуатационных характеристик изделия ещё на стадии проектирования.

В процессе исследования проводились расчёты в определении напряженно-деформированного состояния герметичного радиатора при давлении в 20 АТМ под действием внешней нагрузки и проектировании его новой формы в программном комплексе «SolidWorks Simulation».

В результате исследований: осуществили замену материала предмета исследования, разработали новую конструкцию, произвели успешные натурные испытания спроектированной конструкции герметичного радиатора. Как итог, радиатор принят в работу, с последующим изготовлением.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: радиатор из двух соединяющихся между собой медных половинок, модернизировали в цельнолитой алюминиевый радиатор; выдерживающий нагрузку в 20 АТМ, что требовало технического задание; уменьшили вес и себестоимость изделия; все необходимые эксплуатационные свойства радиатора для охлаждения электро и радиоэлементов сохранили.

Степень внедрения: изготовлен и применён на объекте абсолютно новый вариант герметичного радиатора из алюминия.

Область применения: подводная лодка.

Экономическая эффективность/значимость работы: было установлено, что проект отвечает необходимым требованиям в области ресурсоэффективности и

ресурсосбережения. Является конкурентоспособным и привлекательным с экономической точки зрения, в настоящее время нет аналогов, в виду практически единичного производства данного изделия.

В будущем планируется: увеличить количество заказов с использованием данного вида радиатора.

Определения, обозначения, сокращения

КД – конструкторская документация.

НТИ - научно-техническое исследование.

ЭРИ - электро и радиоэлементы.

ЧПУ - числовое программное управление.

АТМ - атмосфер, единица измерения.

ПДК - предельно-допустимая концентрация.

ТЗ - техническое задание.

КЭМ - конечно-элементная модель.

СОЖ - смазочно-охлаждающая жидкость.

САПР – система автоматизированного проектирования.

СИЗ - средства индивидуальной защиты.

СКЗ - средства коллективной защиты.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ Шум. Общие требования безопасности.
2. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
3. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ Средства и методы защиты от шума. Классификация.
4. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования.
5. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ «Вибрационная безопасность».
6. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
7. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.
8. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
9. СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 41-01-2003 (с Поправкой).
10. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
11. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.
12. ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.
13. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
14. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
15. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Электробезопасность. Предельно допустимые

уровни напряжений прикосновения и токов.

16. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
17. ГОСТ Р 58698-2019 Защита от поражения электрическим током.
18. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
19. ГОСТ Р 50558-93 Жидкости смазочно-охлаждающие.

Оглавление

Введение	15
1 Исследовательская часть	17
1.1 Литературный обзор	17
1.1.1 Общая характеристика радиатора	17
1.1.2 Материалы для изготовления радиаторов, работающих под давлением	18
1.1.3 Принцип работы медного радиатора и область его применения	20
1.1.4 Технологический процесс изготовления радиатора	23
1.2 Моделирование напряженно-деформированного состояния радиатора при давлении 10 АТМ с учётом болтовых соединений с использованием программного комплекса SolidWorks Simulation	25
1.2.1 Оценка прочности конструкции с помощью механических свойств материала	27
1.3 Алюминиевый литой радиатор, оценка прочности и эффективности	36
1.3.1 Расчёт статической прочности	39
1.3.2 Тепловой расчёт	41
1.3.3.1 Результаты моделирования при стационарной постановке задачи	42
1.3.3.2 Результаты моделирования при нестационарной постановке задачи	46
1.3.3 Гидравлическое сопротивление	49
2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	54
2.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала (НТИ)	54
2.1.1 Анализ конкурентных технических решений	54
2.1.2 Технология QuaD	56
2.1.3 SWOT- анализ	58
2.1.4 Предполагаемые потребители результатов исследования	60
2.2 Планирование научно-технического проекта	61

2.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	61
2.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ	62
2.2.3 Разработка графика Ганта	63
2.3 Определение стоимости проектирования	65
2.3.1 Расчёт материальных затрат научно-технического исследования	66
2.3.2 Расчёт амортизации специального оборудования	67
2.3.3 Основная заработная плата	68
2.3.4 Дополнительная заработная плата исполнительской системы	70
2.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	70
2.3.6 Накладные расходы	71
2.3.7 Формирование бюджета исследовательского проекта	71
2.4 Определение эксплуатационных затрат, расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности	72
3 Социальная ответственность	78
3.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	78
3.1.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	79
3.2 Производственная безопасность	81
3.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	81
3.2.1.1 Повышенный уровень производственного шума на рабочем месте	82
3.2.1.2 Повышенный уровень общей и локальной вибрации	83
3.2.1.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения	84
3.2.1.4 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	85
3.2.1.5 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды, на месте нахождения работающего	88
3.2.1.6 Подвижные части производственного оборудования	89

3.2.1.7 Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твёрдых объектов.....	90
3.2.1.8 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает рабочий.....	91
3.2.1.9 Химическое воздействие на организм человека.....	92
3.3 Экологическая безопасность.....	92
3.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	94
Заключение.....	97
Список использованных источников.....	98
Приложение А Research part in English.....	100
Приложение Б.1 Эскиз медного радиатора до модернизации.....	119
Приложение Б.2 Эскиз модернизированного медного радиатора	120
Приложение Б.3 Эскиз модернизированного алюминиевого радиатора	121

Введение

Исследованиям, направленным на развитие машиностроительного производства отводится особое значение, совокупность новых программ, способов проектирования и средств автоматизирования технологического процесса, приводит к изготовлению технологической детали, с совершенными функциональными свойствами.

Даже самое маленькое производство, начинается с заказа. В нашем случае - заказа оборудованной стойки на подводную лодку, где в состав изделия входит медный герметичный радиатор, обеспечивающий систему водяного охлаждения электро и радиоэлементов. Основная функциональная задача данного радиатора - обеспечение теплоотвода от печатных плат и элементов ЭРИ.

Радиатор спроектирован, изготавливается и активно применяется уже долгое время на оборонном предприятии АО «НПЦ «Полус». Основным направлением деятельности предприятия является разработка, изготовление и поставка комплектного электрооборудования, работающего в разных отраслях народного хозяйства, в частности, электрооборудования систем электроснабжения и управления космическими аппаратами, маломощного электрооборудования корабельных и подводных систем.

Именно после ввода в эксплуатацию заказа: стойки, с герметичным медным радиатором, с давлением в 10 АТМ, потребителем поставлена цель и задача магистерской диссертации по модернизации конструкции радиатора охлаждения с увеличением нагрузки в 20 АТМ.

Радиатор проходил испытания и долгое время эксплуатировался на объекте при условиях работы в 10 АТМ. С увеличением нагрузки давления в 20 АТМ, в процессе испытаний радиатора, происходили разного рода изменения: нарушалась герметичность, разбухали стенки и вытекала охлаждающая жидкость. Возникла необходимость спроектировать новую конструкцию

радиатора, с помощью современной CAD - системы, с соблюдением всех технических требований, предъявленных заказчиком.

Цель работы состоит в усовершенствовании конструкции герметичного радиатора, с целью сохранения надёжности, размеров и эксплуатационных характеристик изделия ещё на стадии проектирования. Добиться качественных показателей при испытаниях, таких как в условиях эксплуатации на подводной лодке.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ по подбору материала, что можно изменить в конструкции радиатора, чтобы выдерживало 20 АТМ.
2. Выполнить модернизацию конструкции изделия для повышения его качественных показателей, снизить финансовые и временные затраты на реализацию проекта.

Практическая новизна состоит в:

Определении напряженно-деформированного состояния герметичного радиатора при давлении 10 АТМ под действием внешней нагрузки и проектировании его формы по результатам исследований.

Практическая значимость:

Для совершенствования конструкции радиатора могут понадобиться данные исследования, которые позволили бы исключить недостатки существующей конструкции, исключив, способ сверления и использования цельнолитой конструкции.

1 Исследовательская часть

1.1 Литературный обзор

1.1.1 Общая характеристика радиатора

Для совершенствования конструкции радиатора, необходимо добиться надёжности и качества изделия, возможно использование нового материала, чтобы получить максимальный результат для реализации технического задания. Значительно снизить стоимость изделия, уменьшить вероятность возникновения дефектов и срок изготовления радиатора.

На протяжении 20 лет на оборонном предприятии АО «НПЦ «Полюс» изготавливался герметичный медный радиатор, который эксплуатировался на подводную лодку, с показателями герметичности давления на испытаниях в 10 АТМ. В прошлом году, предприятие получило новое производственное задание, в котором предстояло решить задачу, с применением радиатора, выдерживающего давление в 20 АТМ.

Исследуемый радиатор имеет следующие технологические этапы изготовления:

- при проектировании радиатора выполняются все технические задания: разрабатываются геометрические модели и чертежи, расписываются процессы оптимизации и расчётов;

- на этапе подготовки производства: планово-производственным отделом расписывается спецификация радиатора, разрабатываются маршрутная, техническая и конструкторская документация, пооперационно прописывается технология изготовления детали, применяемая в программах для станков ЧПУ; технология сборки и объёмного монтажа изделия; инструкции контроля качества и испытаний;

- непосредственно в процессе производства осуществляются: календарное и оперативное планирование; составляются примерные графики сдачи цехами и участками сборочных единиц; приобретаются материалы и комплектующие, проходящие входной контроль; процессы механической обработки и другие

требуемые виды обработки; производится технический контроль по результатам обработки изделия; сборка; испытания и окончательный контроль; выполняются консервация, упаковка;

-завершающим этапом, является транспортировка изготовленной готовой продукции до потребителя, монтаж ее и ввод в эксплуатацию.

Герметичный радиатор с водяным охлаждением снижает влияние температуры на рабочие параметры прибора, чтобы они меньше нагревались.

Для исследования модернизации конструкции изделия и повышения его качественных показателей, для нас наиболее подходящий вариант это изменение его номинальных размеров. В таком варианте появятся недостатки конструкции это увеличение веса и размеров радиатора, что может затруднить монтаж устройства, цена на такой радиатор сразу возрастёт. Так как цена на изготовление изделия увеличивается пропорционально количеству израсходованного материала.

Исходя из вышесказанного, рассмотрим исходный вариант медного радиатора, изменённую конструкцию медного радиатора и алюминиевый литой радиатор и их технологию изготовления. Проведём испытания, учитывая все изменения в зависимости от сезона года перепада значений: температур, давления, вибрационных нагрузок, с целью сохранения коррозионной устойчивости металлической конструкции. С помощью принципа работы CAE системы и метода конечных элементов SolidWorks Simulation, докажем эффективность использования изделия.

1.1.2 Материалы для изготовления радиаторов, работающих под давлением

Для совершенствования технологических свойств радиатора необходимо обращать внимание на определённые характеристики: материал из которого он изготавливается, площадь рабочей поверхности радиатора, элемент охладителя. Эти характеристики необходимы, для расчёта теплоотвода [10]. Материал, из которого изготавливают радиатор электро и радиоэлементов – это, как правило,

алюминий или медь. Медные радиаторы имеют лучший теплоотвод, обладают лучшей теплопроводностью. А вот радиаторы на основе алюминия (его сплавы), имеют оптимальное соотношение цена/качество.

Рассмотрим преимущества и недостатки этих двух видов радиаторов:

- Отличие по весу. При изготовлении и проектировании определённых радиаторов с внутренним охлаждением в большинстве случаев применяют трубки разных диаметров в зависимости от конфигурации изделия. Медь тяжелее, толщина стенки у медной трубки тоньше, чем у алюминиевой. Данный показатель уменьшает эксплуатационный срок изделия, имеет плохую вибрационную стойкость. Из-за небольшого веса алюминиевый радиатор меньше подвержен воздействию и износу из-за вибрации;
- По процессу утечки. Реже утечки возникают в медном радиаторе. Частые утечки, способствуют частому ремонту алюминиевых радиаторов;
- Относительно длительный срок эксплуатации алюминиевого радиатора, высокая надёжность и устойчивость к гидроударам;
- Коррозийный эффект. Медные и алюминиевые радиаторы подвержены коррозии, если не покрыты специальными средствами, против окисления;
- Теплопроводности. Самый высокий после серебра коэффициент теплопроводности у меди. У алюминиевых радиаторов относительно невысокая теплопроводность материала, но компенсируется большой ёмкостью конечного изделия;

Таблица 1.1- Сопротивление материалов

Наименование материалов	Тепловое сопротивление в «тепловых Ом»	Наименование материалов	Тепловое сопротивление в «тепловых Ом»
Вода	170	Кирпич	160
Алюминий	0.50	Свинец	3
Железо	1.20	Медь	0.24

Алюминий = 0.5, медь = 0.24.

Получаем теплопроводность алюминия - в пределах от 202 до 236 Вт/(м*К),

в свою очередь меди - $401 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{К)}$.

- Теплоёмкости металла. Сравним теплоёмкости меди и алюминия в таблице 1.2;

Таблица 1.2 - Теплоёмкость металлов

Теплоёмкость металла, Дж/(кг*град)		
t, °C	Алюминий (Al)	Медь (Cu)
27	903.7	385
127	951.3	397.7

- Медь обладает антисептическими свойствами – останавливает развитие микроорганизмов в системе отопления;
- Медь - мягкий металл, существует возможность повредить изделие при монтаже;
- Цены на металл. Стоимость меди на рынке очень велика [5].

1.1.3 Принцип работы медного радиатора и область его применения

Область применения герметичного медного радиатора - это система охлаждения. Которая по принципу своей работы должна быть эффективной и надежной. В системе используется дистиллированная вода в качестве теплоносителя. В такой системе сначала тепло передаётся воде, в отличии от систем воздушного охлаждения, в которых тепло передаётся напрямую воздуху.

Дистиллированная вода, циркулирует по многоканальной форме радиатора и создаёт турбулентные движения, которые способствуют лучшему теплоотводу. А ребра жёсткости дают дополнительный теплоотвод нагретой воде в окружающую среду. Нагретая жидкость с помощью помпы попадает в первоначальный бак, откуда производится забор воды и охлаждается естественным путём. Этот процесс бесконечно цикличен. Отвод избыточного тепла охлаждающей жидкости в радиаторе происходит из-за высокой теплопроводности и быстрого распространения энергии нагрева по всему объёму изделия.

Отвод тепла системы охлаждения производится также через тепловые трубки. Их используют в качестве такого ресурса, который повышает эффективность теплопередачи. Испаряясь, нагретая жидкость от охлаждаемого полупроводникового прибора обеспечивает теплоотвод. Внутри тепловой трубки горячий пар без препятствий поднимается по радиатору, в процессе перемещения остывает и превращается в жидкость, которая впитывается материалом стенок и снова направляется к тому месту, от которого начал движение - горячему концу. Имеется опасность у такой системы охлаждения - если в охлаждающей системе образовалась хоть малейшая течь, то может привести к отключению и выходу из строя всего изделия.

Исследуемый объект - радиатор, изготавливается из медной плиты, листа ГПРНХ 25 НД М1 ГОСТ 1173-2006 - это продукция цветного металлопроката, а именно, листа горячекатанного (Г), прямоугольного сечения (ПР) с повышенной точностью изготовления по длине (НХ), мягкий по состоянию сплав металла [1]. В исходном изделии имеем сборочный узел, состоящий из двух медных половинок радиаторов (рисунок 1.1): радиатор №1 с габаритами 306 мм * 216 мм и толщиной 20 мм, весом 5,6 кг, радиатор №2 (крышка) тех же габаритов, толщиной 12 мм весом 3,2 кг. Общий вес сборочного узла составляет 8,8 кг, произведённый согласно ГОСТ 931-90.

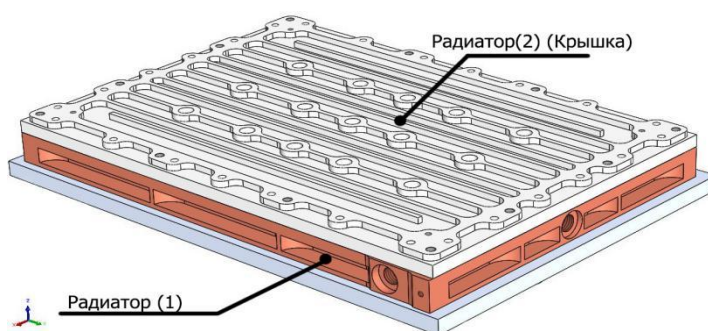


Рисунок 1.1- Сборочный узел медного радиатора

Медь марки М1 это чистейшая медь (согласно ГОСТ 859-2001, содержание чистой меди не менее 99,90%). Под давлением медь бесппроблемно поддаётся обработке в горячем и холодном состоянии и не изменяется как при пониженных, так и при высоких температурах. Оставшийся процент в меди приходится на примеси железа, висмута, цинка, олова, никеля, сурьмы, свинца, мышьяка, кислорода, серы, серебра и фосфора [6]. Однако, даже незначительное содержание примесей, могут снижать электрические свойства меди, что приводит к невозможности обработки, ухудшению её технологических, физических, потребительских свойств. Для контроля содержания примесей существуют как отечественные, так и зарубежные стандарты, которые строго регламентируются [4].

Медная крышка, входящая в состав сборочного узла радиатора, соединяется болтами с радиатором. Крышка выполнена из того же материала, что и радиатор, иначе возникла бы химическая реакция, которая привела к коррозии элементов системы охлаждения. Масса медного радиатора в сборе составляет 10 кг.

Для решения технического задания об изменении количества АТМ, подаваемых с 10 до 20 АТМ, нас будут интересовать все технологические свойства меди, к которым можно отнести сопротивление деформации, показатели пластичности, текучести.

Мы имеем дело с изделием, которое используется на подводных лодках. Так как работа радиатора может происходить в самых экстремальных условиях: перепады температур и давления, то радиаторы этой марки не должны изменить своих свойств, таких как термоустойчивость, вязкость, прочность, пластичность, ни при каких обстоятельствах.

Для расчёта изменения конструкции радиатора использовался принцип работы метода конечных элементов SolidWorks Simulation, где учитывались механические (таблица 1.3), физические, химические (таблица 1.4) свойства металла: предел текучести, прочности, упругости, коэффициент Пуассона [3].

Таблица 1.3 - Механические свойства, характеризующие прочностные и пластические свойства меди

Для меди марки М0	$\sigma_{\sigma} = 230 + 8\varepsilon_{\%}^{0,72}$, МПа
	$\sigma_{0,2} = 75 + 56 \varepsilon_{\%}^{0,41}$, МПа
	$HB = 55 + 11 \varepsilon_{\%}^{0,44}$
Для меди марки М1	$\sigma_{\sigma} = 250 + 15 \varepsilon_{\%}^{0,58}$, МПа
Для меди марки М4	$\sigma_{0,2} = 80 + 46 \varepsilon_{\%}^{0,45}$, МПа;
	$\sigma_{0,2} = 80 + 297 \varepsilon_{\%}^{0,34}$, МПа;

Таблица 1.4 - Физические показатели меди

Атомный вес	12
Кристаллическая решётка	Г.ц.к.
Периоды решётки, А	3,6080
Плотность, г/см ³	8,94
Атомный объем, см ³ /Г-атом	7,21
Температура плавления, °С	1083
Температура кипения, °С	2595
Удельная теплоёмкость при 20°С, кал/см сек град	0,0915
Теплопроводность при 20°С, кал/см сек град	0,984
Удельный вес меди	8,93 г/см ³
Удельная теплота плавления меди	42 кал/г
Коэффициент линейного расширения меди (при температуре около 20°С)	16,7*106(1/град)
Удельное сопротивление меди при 20°С	0,0167 Ом*мм ² /м

1.1.4 Технологический процесс изготовления радиатора

Согласно конструкторской документации технологического процесса медный радиатор №1 и радиатор №2 (медная крышка) (см. приложение Б.1) производятся на участке ЧПУ. Процесс изготовления начинается с раскроя медной плиты, механической обработки с помощью фрезерного станка FU-450, и на станке с числовым программным управлением марки SMW-850 (убирается лишний металл методом фрезерования для формирования различных рёбер

жёсткости, отверстий и других элементов). Наносится износостойкое покрытие ХимОкс, так как жидкость, которая проходит по каналам радиатора подвергает его коррозии. Для подвода охлаждающей жидкости в технологические отверстия радиатора вклеиваются штуцера. В качестве жидкости используется - дистиллированная вода.

В дальнейшем, данное изделие поступает в Чистую зону участка объёмного монтажа. На монтажном участке, эти детали соединяют болтами между собой в сборочный узел. Болты, заливают герметичным клеем равномерным сплошным слоем на 72 часа до момента испытаний. Далее, испытывают этот сборочный узел на герметичность. Радиатор с крышкой полностью заполняется дистиллированной водой с температурой воды от $+6+20^{\circ}\text{C}$. При заполнении водой воздух удаляется полностью. Перепад температур между стенкой радиатора и окружающей средой во время испытаний не должен вызывать конденсат на поверхности стенки.

Проверка радиатора производится давлением (20 ± 1) кГс/см² в течении 10 мин, давление в этот промежуток времени должно плавно подниматься и не падать. Когда радиатор выдержал пробное давление, давление понижают до расчётного, при котором производят его внешний осмотр наружной поверхности, соединяющих деталей и узлов. Однако, во время эксперимента давлением, в сборочном узле радиатора нарушалась герметичность и радиатор протекал, и испытания оканчивались тем, что радиатор уходил в брак.

Благодаря высокой эксплуатационной способности меди, радиатор неоднократно подвергался разборке, с целью понять причину протекания сборочной конструкции; снова сборке и испытаниям. Измерения производились манометром ГОСТ 2405-88. Если на радиаторе не обнаружилось: трещин, течи в разъёмных соединениях; видимых деформаций конструкции, давление по манометру держалось в пределах нормы, то считается, что технологическую операцию - испытание гидравлическим давлением радиатор прошёл.

1.2 Моделирование напряженно-деформированного состояния радиатора при давлении 10 ATM с учётом болтовых соединений с использованием программного комплекса SolidWorks Simulation

При предъявлении заказчиком новых требований, возникла необходимость в смене конструкции радиатора. Моделирование напряженно-деформированного состояния радиатора при давлении 10 ATM с учётом болтовых соединений с использованием программного комплекса SolidWorks Simulation.

SolidWorks Simulation - это метод конечных элементов, изначально был применён к задачам гидромеханики, в частности к задачам течения жидкости в пористой среде, является численным методом решения дифференциальных уравнений. С помощью метода конечных элементов можно оценить поведение конструкции при воздействии на неё сил. Применение подобного программного комплекса позволило предприятию снизить время обработки изделия, его стоимость, повысить качество и стать конкурентноспособным [9].

На рисунке 1.2 рассмотрена трёхмерная модель медного радиатора с крышкой, с целью дальнейшего моделирования его напряженно-деформированного состояния при давлении в 20 ATM.

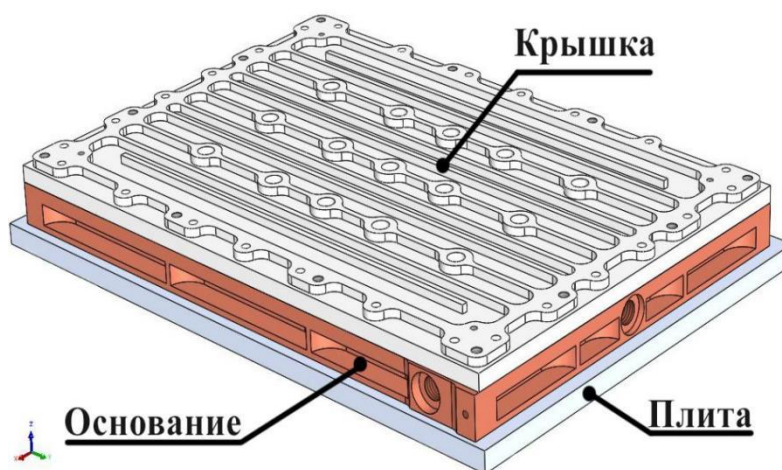


Рисунок 1.2 – Трёхмерная модель радиатора

Для получения более достоверного решения граничные условия заданы максимально близкими к тем граничным условиям, которые возникали при испытаниях. При моделировании учитывалось болтовое соединение двух половинок радиатора, его уже сборочного узла. Была задана нагрузка на основание и внутренние поверхности крышки радиатора. В реалии, при проведении испытаний, фиксация радиатора не производилась. Для этого, в программных расчётах трёхмерной модели, роль «опоры» выполняет плита, на которой расположен радиатор. Плита жёстко фиксируется. Между соприкасающимися деталями (основание крышка и плита) граничное условие задано контактом «без проникновения».

Конечно-элементная модель радиатора с плитой представлена на рисунке 1.3 исследования проводились на сходимость результатов напряжений от количества конечных элементов в модели. Оптимальное количество элементов 232 196 и узлов 382 278.

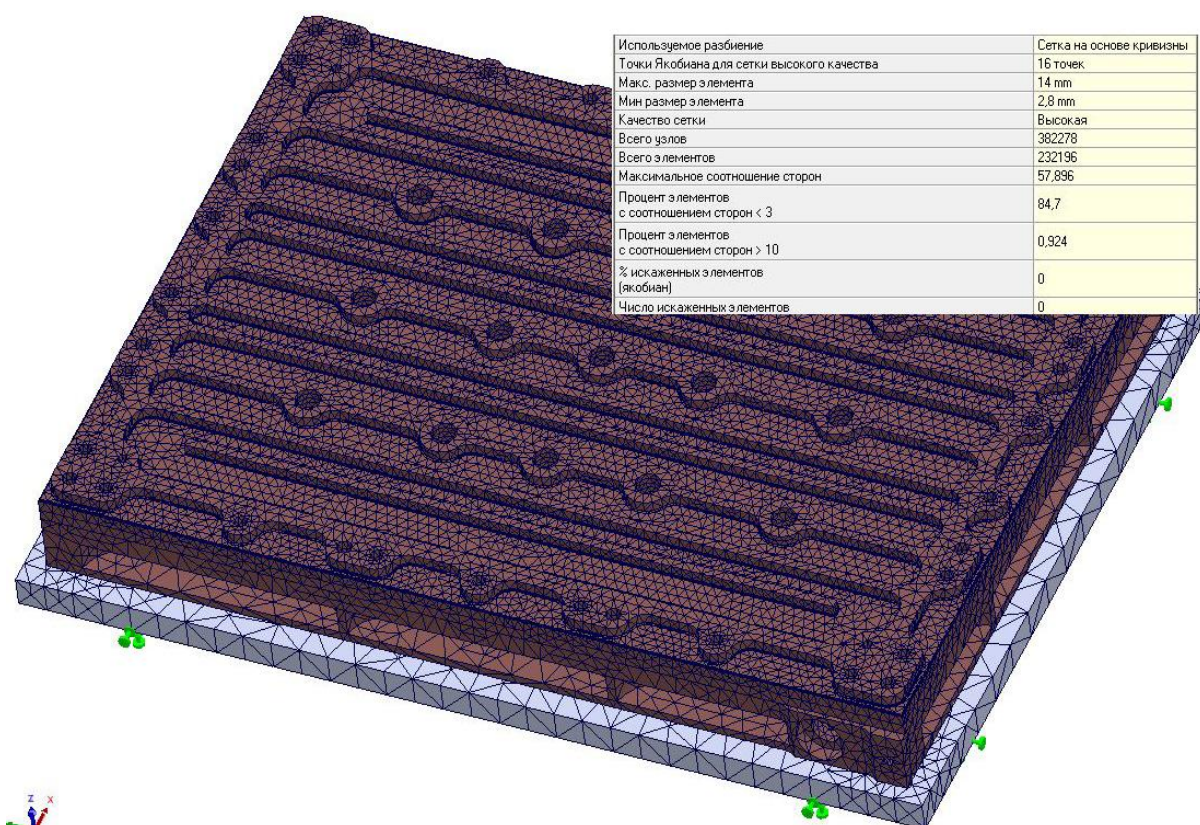


Рисунок 1.3 – КЭМ модель радиатора

1.2.1 Оценка прочности конструкции с помощью механических свойств материала

От свойств материала зависит надёжность и долговечность конструкций и ее элементов. К таким механическим свойствам относят: прочность, пластичность, склонность к разрушению, твёрдость, упругость.

Упругостью материала является способность возвращаться в свою начальную форму после приложенной нагрузки. Свойство, при максимальном напряжении которого ещё не происходит пластическая деформация и материал продолжает сохранять упругость, называется пределом упругости. Способность материала противоположное упругости и характеризуемое остаточной деформацией называется пластичностью [7].

Пластичность материала – сохранение деформированного состояния после снятия нагрузок, не разрушаясь [11]. Способность же разрушаться во время малых деформаций, без заметной пластической деформации называется **хрупкостью**. Свойство материалов противостоять упругой и пластической деформации или разрушению при проникновении в него другого тела - индентора из более твёрдого материала, во всём диапазоне нагружения, начиная с момента касания с поверхностью и заканчивая вдавливания на максимальную глубину считается **твёрдостью материала**. Чем больше твёрдость материала, тем выше его статическая прочность.

Основным параметром твёрдых тел является **прочность**, с ее помощью можно определить способности тела противостоять действию внешних нагрузок без разрушения [2].

Целью изучения процесса разрушения является определение основных принципов производства нового типа материалов, модернизации уже имеющихся материалов и процесса создания.

Рассмотрим для двух половинок радиатора из меди все механические характеристики, о которых мы говорили выше, представлены в таблице 1.5. Для решения задачи в области моделирования и проведения расчётов конструкции.

Таблица 1.5 - Механические характеристики меди

Название материала	Тип модели материала	Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Модуль упругости, МПа	Коэффициент Пуассона
Медь (отожжённая)	С учётом пластичности	56	224	116 000	0,34

Проанализируем результаты, смоделированные программой SolidWorks:

На рисунках 1.4-1.6 показано распределение эквивалентных (по Мизесу напряжений). Как мы можем наблюдать, самый максимум напряжения приходится на около болтовые соединения. Предел текучести материала превышает эквивалентные напряжения.

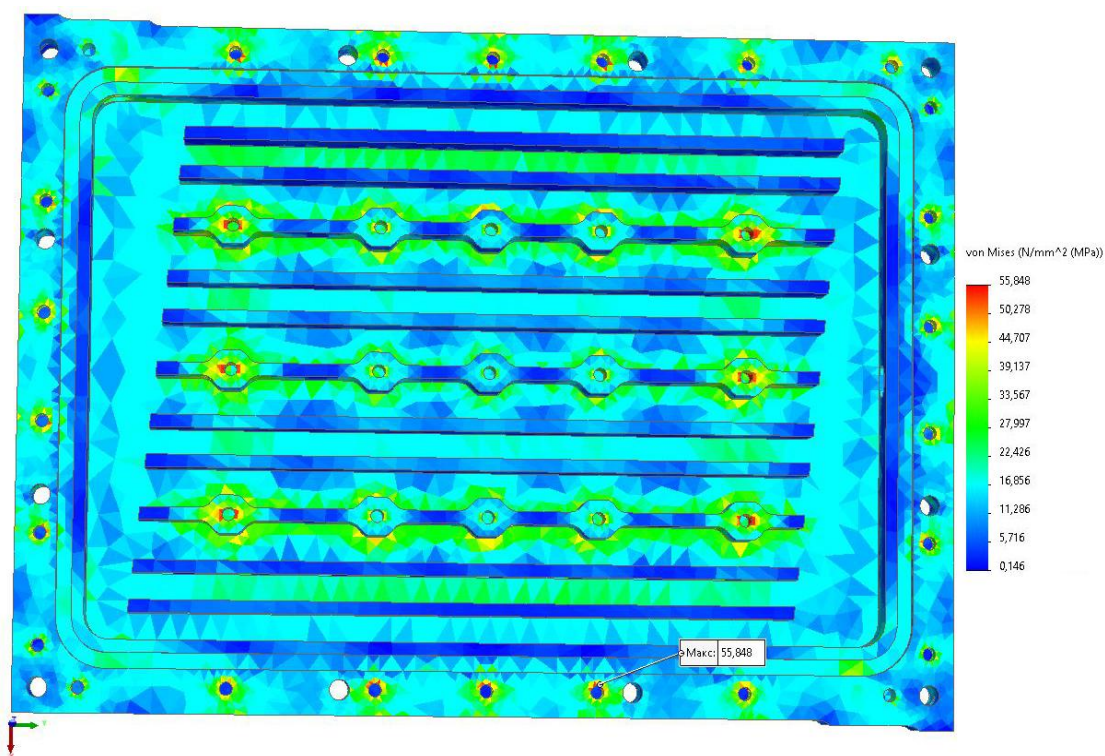


Рисунок 1.4 – Распределение напряжений von Mises, МПа, на внешней стороне основания радиатора

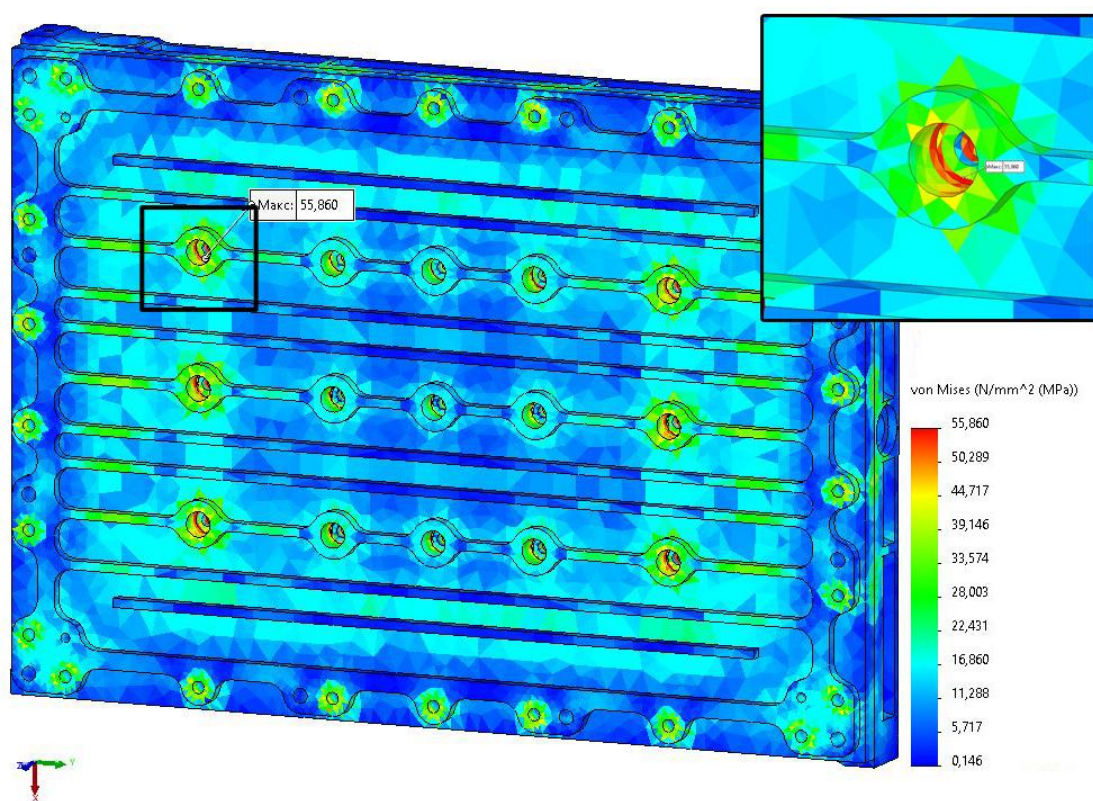


Рисунок 1.5 – Распределение напряжений von Mises, МПа, на внешней стороне крышки радиатора

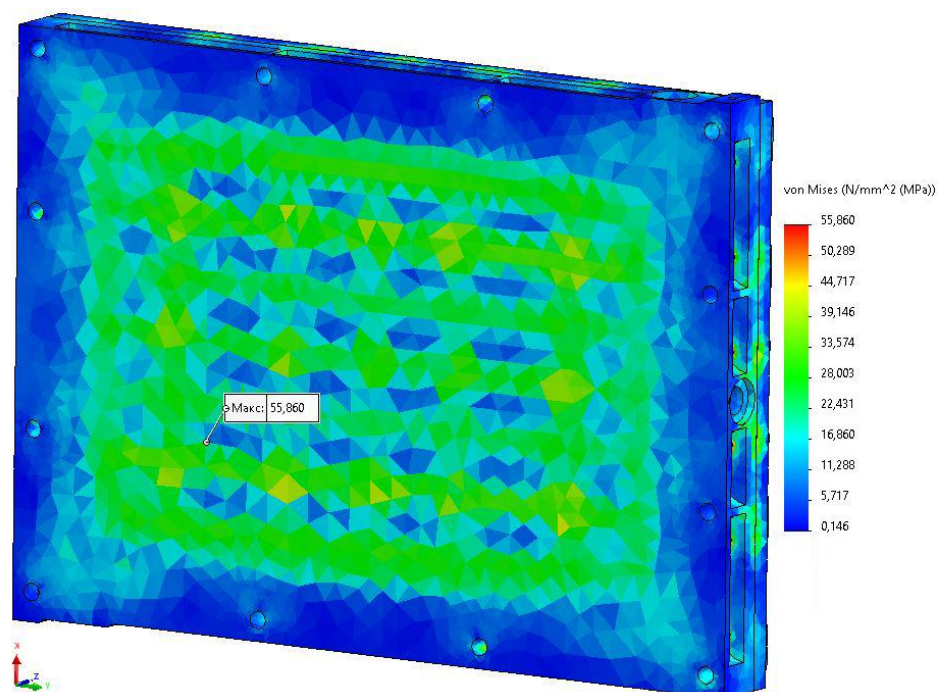


Рисунок 1.6 – Распределение напряжений von Mises, МПа, на внешней стороне основания радиатора

Очень необходимую информацию отражает эпюра эквивалентной пластической деформации, которая представлена на рисунках 1.7-1.10.

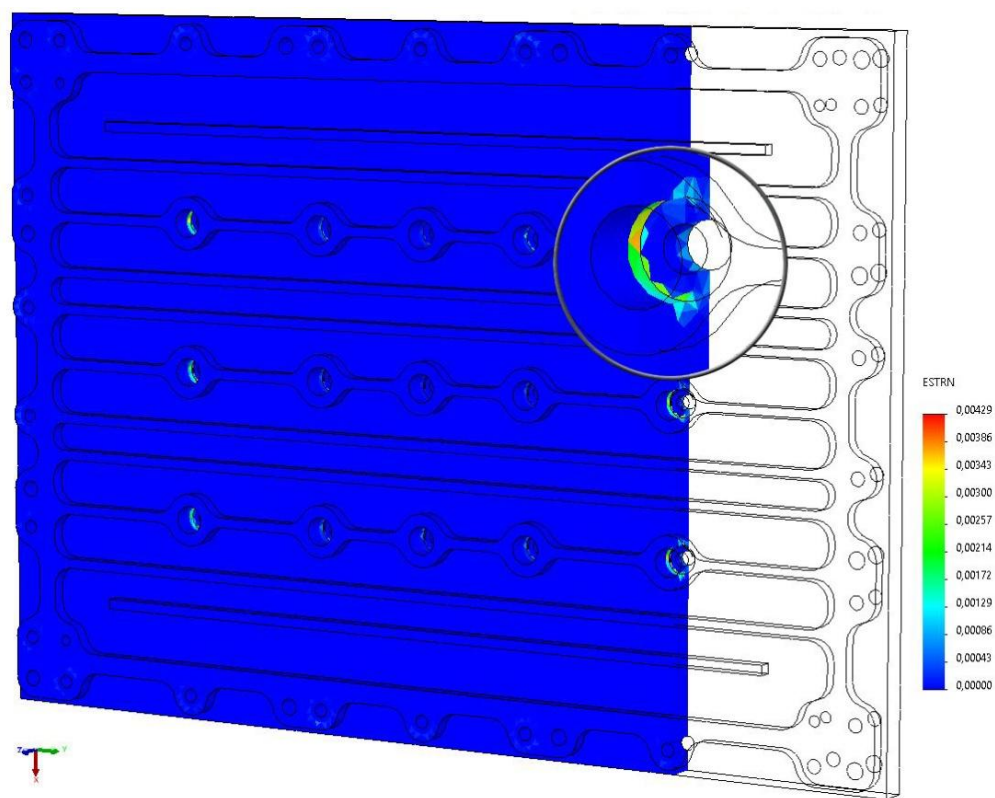


Рисунок 1.7 – Пластическая деформация крышки радиатора

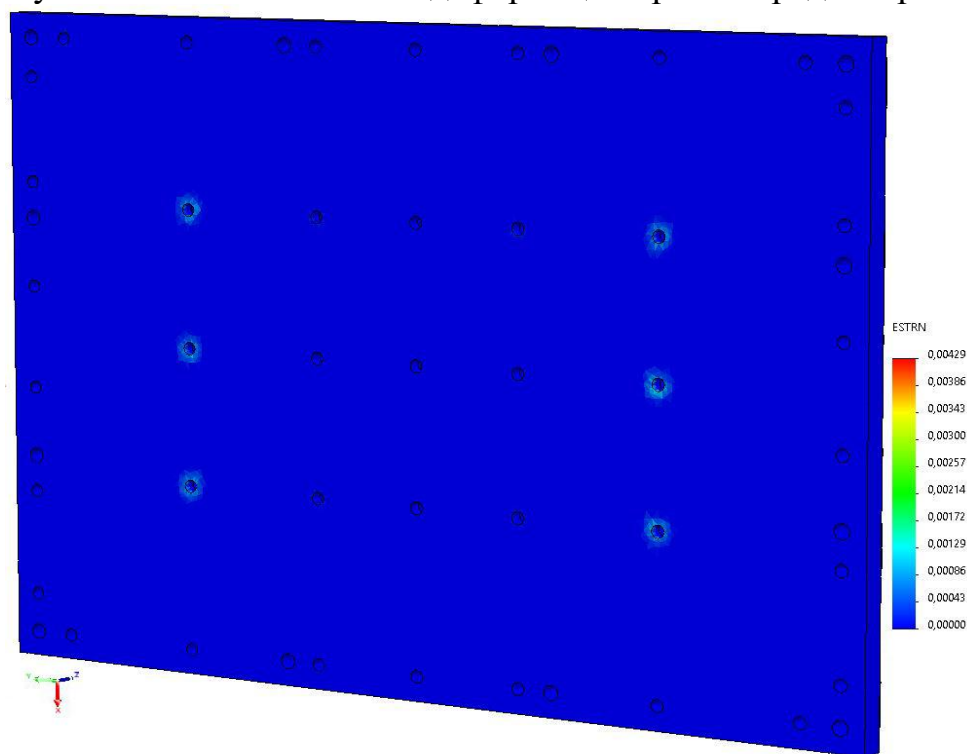


Рисунок 1.8 – Пластическая деформация крышки радиатора (вид с внутренней стороны)

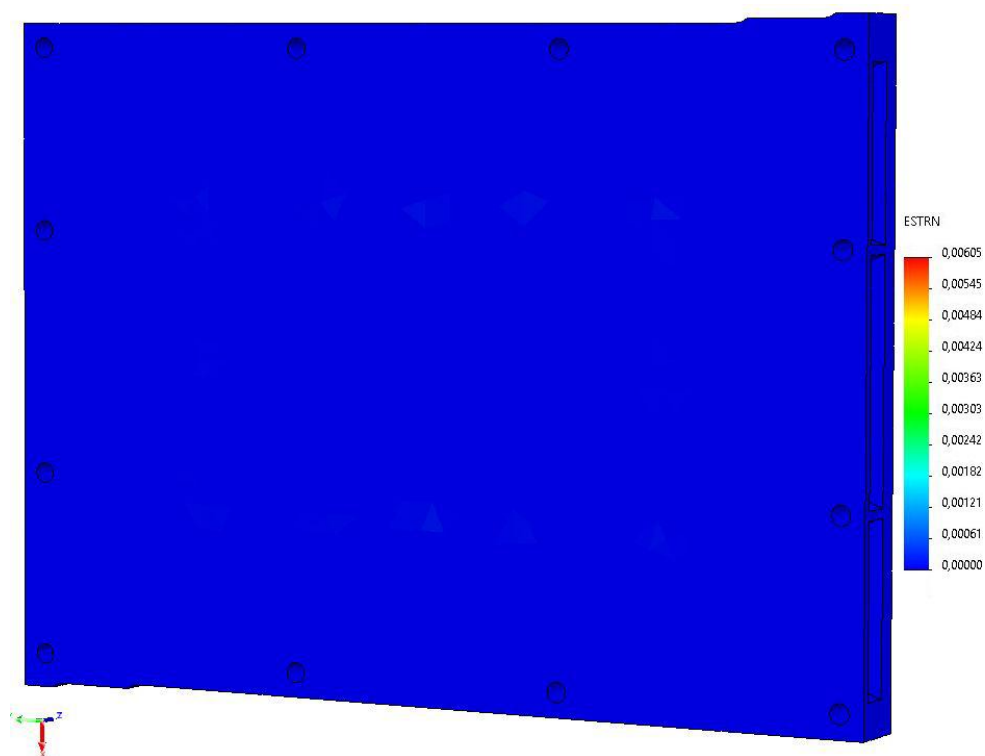


Рисунок 1.9 – Пластическая деформация основания радиатора (вид с внешней стороны)

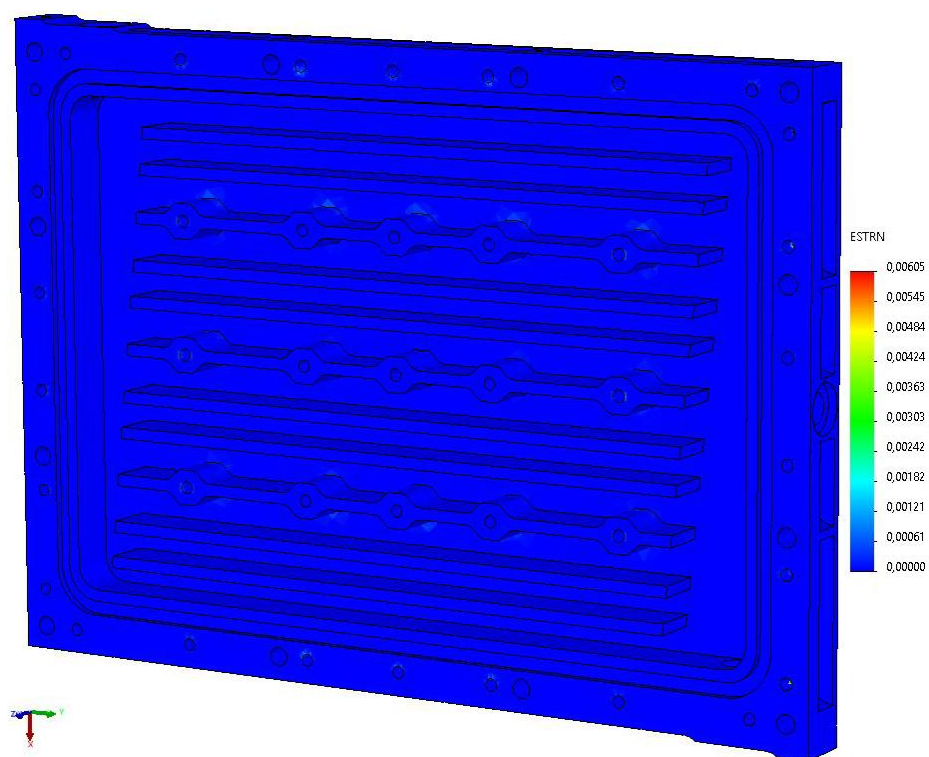


Рисунок 1.10 – Пластическая деформация основания радиатора (вид с внутренней стороны)

Рассмотрев, представленные рисунки, видно, что наибольшие пластические деформации возникают в крышке радиатора около шести болтовых соединений, расположенных по бокам в центральной части крышки.

Коэффициент запаса прочности по пределу текучести показан на рисунках 1.11-1.14 в диапазоне от нуля до двух. Минимальный запас прочности по текучести на основании радиатора больше единицы. Меньше единицы запас прочности в крышки радиатора в центральных болтовых соединениях.

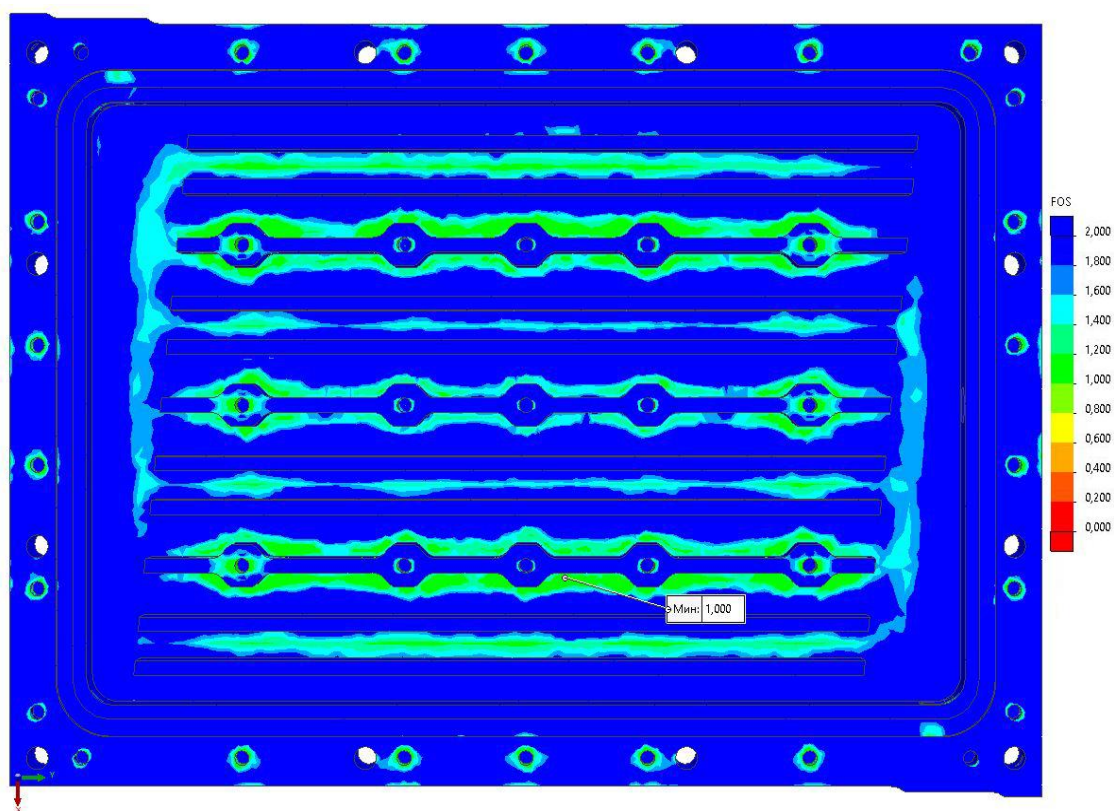


Рисунок 1.11 – Коэффициент предела прочности по текучести основания

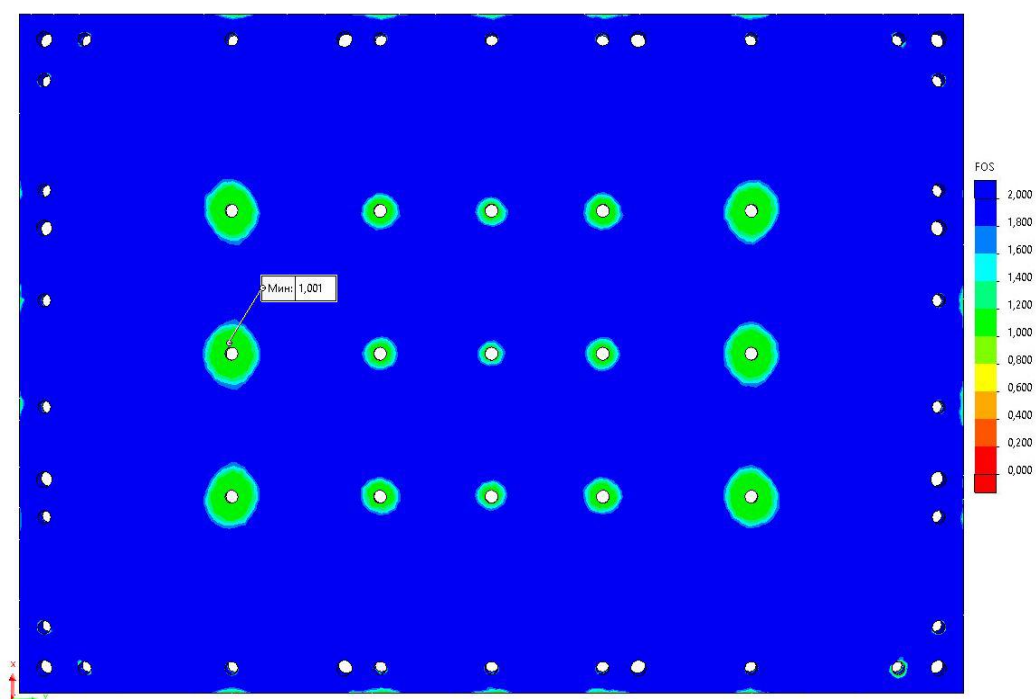


Рисунок 1.12 – Коэффициент предела прочности по текучести крышки

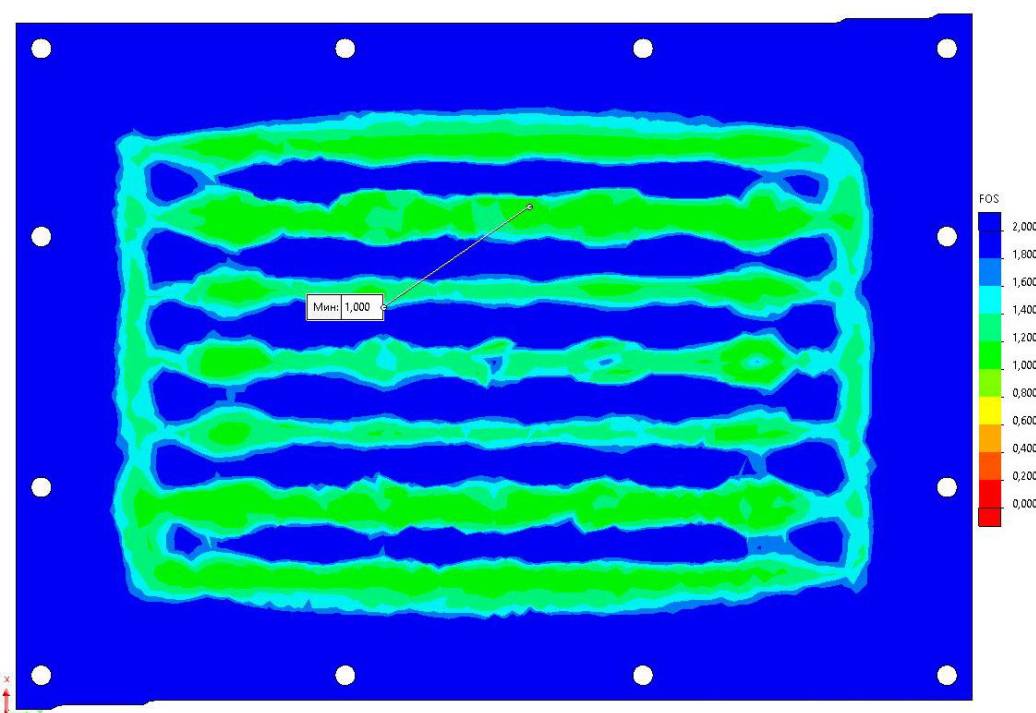


Рисунок 1.13 – Коэффициент предела прочности по текучести основания

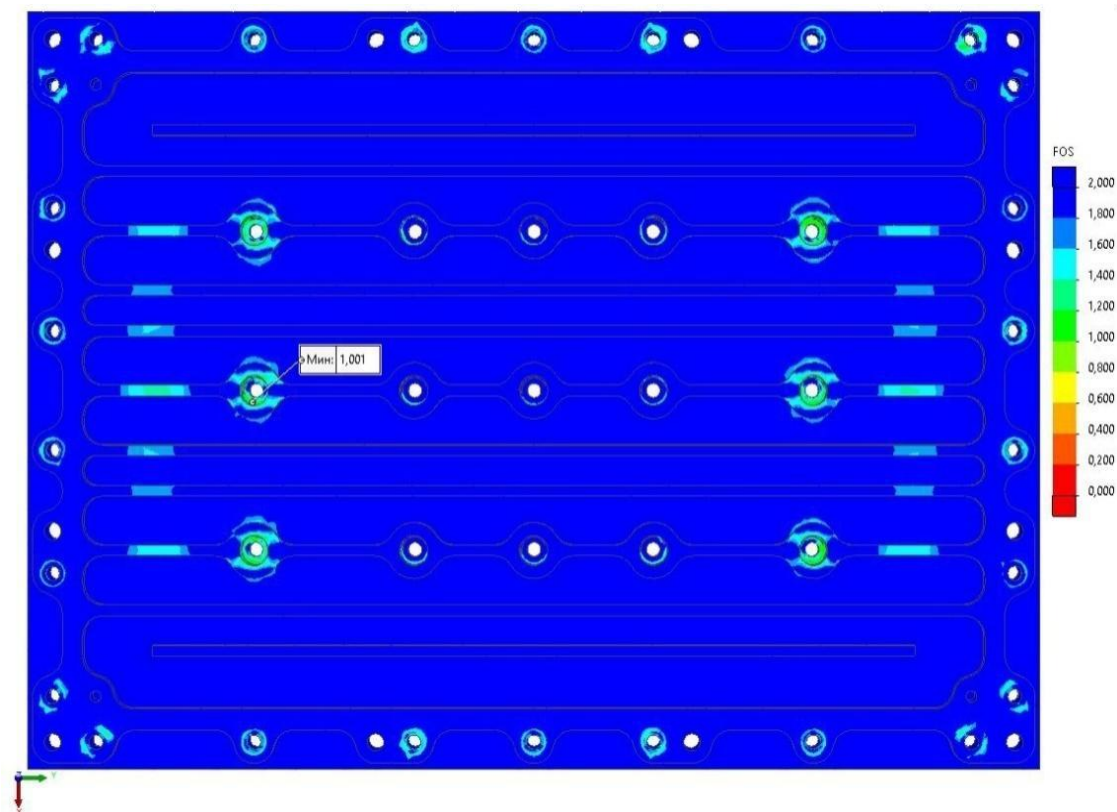


Рисунок 1.14 – Коэффициент предела прочности по текучести крышки

Особое внимание нужно обратить на осевые усилия, возникающие именно в болтовых соединениях. Программа позволяет их вычислить. Максимальное осевое усилие равно 28 546 N. Способность выдерживать такую нагрузку в резьбовом соединении исследования не проходило.

Нагрузка в 20 АТМ для данной конфигурации радиатора является предельной, поскольку в модели возникают пластические деформации, что не допускается [10].

Таким образом, необходимо смоделировать альтернативную конструкцию медного радиатора, не меняя его физических и механических характеристик. Попробовать применить перекрёстное глубокое сверление и сделать конструкцию совмещённой, монолитной. Для того, чтобы исключить имеющуюся на болтовых соединениях пластическую деформацию. Такой способ позволит сократить трудозатраты на изделие за счёт использования в конструкции одного элемента. Усилить рёбрами жёсткости зоны на крышке радиатора, показанные на рисунке 1.15.

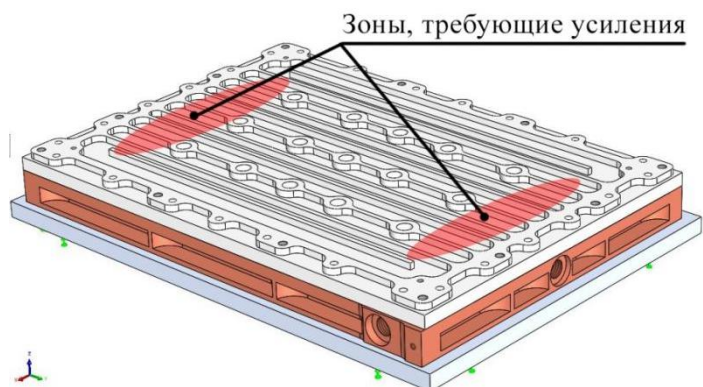


Рисунок 1.15 – Зоны, которые необходимо усилить

Рассмотреть необходимость монолитной конструкции модели радиатора с перекрёстным глубоким сверлением, тем самым заменить полностью предыдущую конструкцию (см. приложение Б.2).

Такое конструкторское решение возможно даже улучшит эксплуатационные характеристики радиатора, и повысит до требуемых атмосфер его рабочее давление и исключит в местах болтовых соединений протечки.

Изготавливаем совершенно новую монолитную конструкцию, имея точно такие же технические характеристики, из плиты М1, толщиной 25 мм и размерами 306 мм * 216 мм. Полностью заменяя конструкцию, ранее спроектированную из двух половинок радиаторов (рис. 1.16).

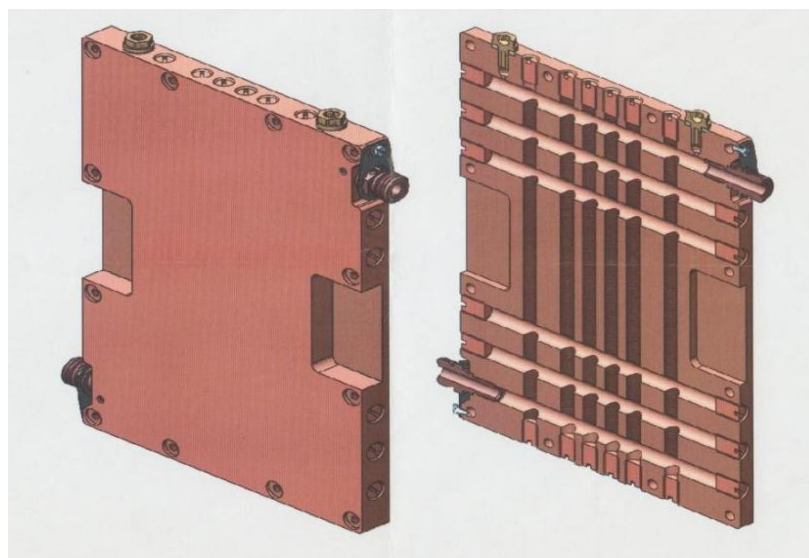


Рисунок 1.16 - Модернизированный медный радиатор

С помощью высокоточного оборудования, добавляем каналы, проходящие насквозь всей поверхности радиатора, с помощью перекрёстного глубокого сверления, по которым должна протекать жидкость. 20 отверстий мы закрываем заглушками, а в 2 отверстия вкручиваем 2 штуцера. Жидкость, поступающая в такой радиатор, уже охватывает наибольшую площадь охлаждения радиоэлементов. Масса изделия этой конструкции увеличилась до 10 кг.

Исключены протечки и раздувания, за счёт монолитной герметичной конструкции полностью, но теперь масса прибора не соответствует КД. Также, цена на медь М1 достаточно высока 1680 руб\кг. Что увеличивает стоимость заказа, он становится не конкурентноспособным на рынке предприятий. Чтобы выиграть аукцион на проект данного заказа, необходимо было уменьшить себестоимость, и массу продукции. Принято решение рассмотреть второй тип радиатора из алюминия, соответствующий нашему техническому заданию и требованиям. Цена на алюминий на сегодняшний момент составляет 532 руб\кг.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ01	Першина Мария Александровна

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	ОМШ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01. «Машиностроение»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1. Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	2. Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование по нормативно - правовым документам
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	3. Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	1. Анализ конкурентных технических решений
2. Планирование научно-технического проекта	2. Структура работ; определение трудоёмкости работ; разработка графика проведения исследования
3. Разработка процесса управления НТИ: структура, бюджет, риски и организация закупок	3. Определение затрат на проектирование
4. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	4. Определение эксплуатационных затрат; Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
2. Календарный план-график проведения работ по проектированию НИ
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет затрат на проектирование НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.03.2022
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	Доктор экономических наук		14.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ01	Першина Мария Александровна		14.03.2022

2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Среди машиностроительных предприятий оборонное производство встало на высшую ступень. Возросла потребность в оснащении оборудованием подводных лодок. Изделие и его материал, были настолько прочные и качественные, чтобы могли выносить любые нагрузки и являлись экономически выгодными и перспективными.

Проектируемый «Алюминиевый литой радиатор» - это модернизированная конструкция радиатора, предназначенная для охлаждения электро и радиоэлементов.

Оценка коммерческой ценности проекта - это необходимое условие при поиске источников финансирования для проведения научного исследования, в единичном и мелкосерийном производстве. Поэтому, необходимо, практически с первых этапов исследования определить коммерческую ценность и перспективность научного исследования; распланировать работу по научно-техническому проекту; разработать процесс управления НТИ: структуру, бюджет, риски и организацию закупок; оценить ИР и потенциальные риски ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности.

2.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала (НТИ)

Оценка НТИ отражается в виде расходов в процессе её планирования. Отразим все расходы, связанные с её выполнением.

2.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Для оценки сравнительной эффективности данной разработки мы должны провести анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Но разработка по своей сути - уникальна, аналогов ей нет. Так как предприятие является научно-

исследовательским, данная разработка предназначена для единичного и мелкосерийного производства, исходя из технического оснащения предприятия. Исследовательский проект описывает модернизацию конструкции и технологии изготовления герметичного радиатора системы водяного охлаждения электро и радиоэлементов, являющийся составной частью оборудованной стойки на подводную лодку.

Такую модель радиатора возможно изготовить на машиностроительном производстве, где имеются станки с ЧПУ, производство литьём и имитатор водного пространства, но если какого-то из этих компонентов нет, то обойдётся это в разы дороже.

С помощью данного анализа, в исследовательский проект вносят поправки, помогающие конкурировать с другими разработками, существующими на рынке. Для этого учитывается вся доступная информация о конкурентных разработках.

В данной работе анализ проведём с помощью контроля и испытаний детали «Алюминиевый литой радиатор» на универсальном стенде и на тренажере-имитаторе водного пространства.

С помощью оценочной карты проведём анализ исследования. Карта приведена в таблице 2.1. Для контроля и испытания детали выбираем 2 стенда формирования оценочной карты «Алюминиевый литой радиатор» и используем всю известную о них информацию. Оценка будет производиться по 5 бальной шкале, где 5 - сильная позиция, наиболее слабая - 1. Суммарный вес показателей должен быть равен 1.

Экспертная оценка состоит из сравнения конкурентных разработок по технико-экономическим показателям.

На основании двух стендов, используемых при контроле и испытаниях детали «Радиатор» на АО «НПЦ «Полюс», проведём сравнение.

Стенды выбираем: универсальный (У) и тренажер-имитатор водного пространства (И).

Таблица 2.1 – Оценочная карта конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия В_и	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б_у	Б_и	К_у	К_и
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1.Повышение производительности труда	0.2	3	5	0.6	1
2. Удобство в эксплуатации	0.12	3	5	0.36	0.6
3. Энергоэкономичность	0.05	4	3	0.2	0.15
4. Надежность показаний	0.05	4	5	0.2	0.25
5. Простота эксплуатации	0.11	5	4	0.55	0.44
6.Сокращение количества операций при испытаниях	0.11	3	5	0.33	0.55
Экономические критерии оценки эффективности					
1.Конкурентоспособность продукта	0.11	3	5	0.33	0.55
2. Уровень проникновения на рынок	0.06	3	4	0.18	0.24
3. Цена	0.05	5	4	0.25	0.2
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0.15	4	4	0.56	0.56
Итого	1	37	44	3.56	4.54

Выражение для расчёта анализа конкурентных технических решений:

$$K = \sum B_i * B_i, \quad (2.1)$$

где К – конкурентоспособность конкурента;

B_i – вес показателя;

B_i – балл i -го показателя.

Текущий проект: $K_y = 0.6+0.36+0.2+0.2+0.55+0.33+0.33+0.18+0.25+0.56= 3.56$,

Конкурент: $K_{и} = 1+0.6+.15+0.25+0.44+0.55+0.55+0.24+0.2+0.56 = 4.54$.

Коэффициент конкурентоспособности разработки:

$$K_K = \frac{K_{и}}{K_y} = \frac{4.54}{3.56} = 1.28, \quad (2.2)$$

Раз коэффициент разработки $K_K > 1$, следовательно контроль и испытания на тренажере-имитаторе водного пространства, конкурентоспособны.

2.1.2 Технология QuaD

QuaD технология - инструмент, используемый для детального описания

качества новой разработки, ее перспективность и место на рынке; позволяет определить стоит ли вкладывать денежные средства в исследовательский проект. Технология QuaD основана на средневзвешенном значении группы показателей (Таблица 2.2):

1. Оценки коммерческого потенциала разработки: влияние нового продукта на деятельность компании; рыночные перспективы; товарность; конкурентоспособность продукта, цена, предполагаемый срок эксплуатации.

2. Оценки качества разработки: динамический диапазон; ремонтпригодность; энергоэффективность; долговечность; эргономичность; надежность; простота в эксплуатации.

Таблица 2.2 - Система показателей для сравнения конкурентноспособных технических решений (разработок).

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5×2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1.Повышение производительности труда у пользователя	0.2	90	100	0.90	0.18
2.Удобство в эксплуатации	0.12	85	100	0.85	0.10
3.Энергоэкономичность	0.05	60	100	0.60	0.03
4. Надёжность	0.05	85	100	0.85	0.04
5. Простота эксплуатации	0.11	80	100	0.80	0.09
6. Сокращение количества операций при испытаниях	0.11	95	100	0.95	0.10
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность продукта	0.11	90	100	0.90	0.09
8.Уровень проникновения на рынок	0.06	80	100	0.80	0.05
9. Цена	0.05	75	100	0.75	0.04
10.Предполагаемый срок эксплуатации	0.15	85	100	0.85	0.12
Итого	1				0.851

По технологии QuaD оценка качества и перспективности определяется:

$$П_{cp} = \sum B_i * B_i, \quad (2.3)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

По результатам полученных расчётов $P_{cp} = 85\%$ (т.е. в пределах от 80-100%), это говорит о том, что научная разработка считается перспективной.

2.1.3 SWOT- анализ

Анализ SWOT – проводится, для изучения внешней и внутренней среды проекта. Анализ осуществляется в несколько этапов:

1. Описывают сильные (Strengths) и слабые (Weaknesses) стороны проекта, выявляя возможности (Opportunities) и угрозы (Threats), которые могут возникнуть во внешней среде проекта;

2. Определяют способность внешней среды соответствовать сильным и слабым сторонам изучаемого проекта, строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз. Рассмотрим стороны в таблицах 2.3-2.6.

Таблица 2.3 - Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

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

Таблица 2.4 - Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл.1	Сл.2	Сл.3	Сл.4
	B1	-	-	-	-
	B2	-	-	-	-
	B3	+	-	-	-
	B4	-	-	-	+

Таблица 2.5 - Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	-	+	-	+
	У2	+	+	+	+
	У3	-	-	-	-
	У4	+	+	-	-

Таблица 2.6 - Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	-	-	-
	У2	+	-	+	-
	У3	+	-	+	-
	У4	-	-	-	-

3. Составляют окончательную матрицу SWOT-анализа, ее результаты приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – SWOT матрица

	Сильные стороны (S)	Слабые стороны (W)
	С1. Уменьшение количества операций при испытаниях; С2. Простота и удобство в эксплуатации; С3. Высокая точность обработки; С4. Уменьшение время контроля и испытания детали;	Сл1. Стоимость станда очень высока по сравнению с универсальным стандом; Сл2. Нужен специальный опыт и навыки работы со стандом; Сл3. Энергозатратность Сл4. Необходимость режущего инструмента за рубежом
Возможности (O) В1. Использование разработки другими предприятиями; В2. Появление потенциального спроса на данную разработку В3. Поддержка государством; В4. Технически оснащённое предприятие.	В1С2. Использование разработки другими предприятиями за счет удобства и простоты в эксплуатации В2С3. Точность получаемых данных будет способствовать дополнительному спросу на данную разработку; В3С2С3. Точность получаемых данных, в сочетании с удобным процессом контроля и испытаний способствуют получению государственной поддержки; В4С1С4. Оптимизация процесса контроля и испытаний детали, происходит за счет технически оснащённого предприятия	В3Сл1. Завышенная стоимость станда может быть компенсирована за счет средств государственной поддержки; В4Сл4. За счёт технически оснащённого производства, изготовление режущего инструмента самостоятельно

Продолжение таблицы 2.7

Угрозы (Т)	У1С2С4. Благодаря быстрому, и удобному механизму контроля и испытания изделия, обеспечивается преимущество перед конкурентными разработками;	У2У3Сл1Сл3. Высокая стоимость стенда и большие энергетические затраты могут привести к отсутствию спроса на новые технологии и к тому, что некоторые потребители не будут иметь необходимого оборудования, но растущая потребность в точном производстве и поддержка государства помогут уменьшить риски.
У1. Активность конкурентов; У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства; У3. Отсутствие у потребителей необходимого оборудования для контроля и испытаний детали; У4. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров.	У2С1С2С3С4. Использование качественного оборудования и новых технологий поможет поднять спрос на новую разработку; У4С1С2. Уменьшение количества операций при контроле и испытаниях, и простота в эксплуатации, позволят потенциальным потребителям легко найти квалифицированных рабочих.	

Из проведённого анализа мы понимаем, что разработка модернизированного технологического процесса изготовления детали «Радиатор» с использованием тренажёра-имитатора водного пространства для контроля и испытаний является целесообразной и перспективной. Преимущества разрабатываемой технологии преобладают над её недостатками. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской работе.

2.1.4 Предполагаемые потребители результатов исследования

Поиск предполагаемых потребителей данной разработки, необходимо осуществлять с рынка, проведя его сегментирование. Сегментация рынка по использованию технологического процесса детали «Радиатор» производят по критериям: отрасль и вид продаж. Сегментирование рынка по выбранным критериям представлено в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Карта сегментирования рынка

Критерии		Вид продаж	
		Универсальный стенд	Имитаторы водного пространства
Отрасль реализации: контроль и испытания	АО НПФ «Микран»	есть	нет
	АО «ТЭТЗ»	есть	нет
	АО НПЦ «Полус»	есть	есть

Согласно анализа карты сегментирования рынка, делаем вывод, что в отрасли контроля и испытаний для реализации модернизированного технологического процесса изготовления детали универсальные стенды используются в АО НПЦ «Полюс», АО НПФ «Микран» и АО «ТЭТЗ». Соответственно конкуренция высока. А тренажеры-имитаторы подводного пространства для контроля и испытания детали «Алюминиевый литой радиатор» используются только в АО НПЦ «Полюс». И получается, что разработка технологического процесса модернизации вне конкуренции и будет востребована в сфере предприятий этой отрасли.

2.2 Планирование научно-технического проекта

2.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Составим план работ по проекту:

- составить структуру деятельности в рамках научного исследования;
- определить исполнителя для каждой деятельности проекта;
- установить продолжительность каждой работы;
- построить график исследования проекта.

При выполнении проекта формируются его исполнители, состоящие из научного руководителя (НР) и инженера (И).

Составим список этапов и мероприятий, выполняемых в проекте. В соответствии с должностями исполнителей распределим основные этапы работы. В таблице 2.9 представлены результаты формирования структуры работ.

Таблица 2.9 – Структура основных этапов работ

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	НР
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материала по теме	И
	3	Выбор направления исследований	НР, И
	4	Календарное планирование работ по теме	НР

Продолжение таблицы 2.9

Теоретические и экспериментальные исследования	5	Выполнение технологической части работы	И
	6	Согласование выполненной технологической части с научным руководителем	НР, И
	7	Выполнение исследовательской части	И
	8	Согласование выполненной исследовательской части с научным руководителем	НР, И
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	НР
Оформление отчёта	10	Составление пояснительной записки	И

2.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ

В исследуемом проекте трудоёмкость носит вероятностный характер, это связано с зависимостью от большого количества трудно учитываемых факторов.

Оценим трудоёмкость экспертным путём.

Находим ожидаемое (среднее) значение трудоёмкости $t_{ож\ i}$:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}, \quad (2.4)$$

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

$t_{min\ i}$ - минимально возможная трудоёмкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.

$t_{max\ i}$ - максмально возможная трудоёмкость выполнения i -ой работы,

Определим продолжительность каждой работы в рабочих днях $T_{p\ i}$, с учётом ожидаемой трудоёмкости, которое учитывает одновременное выполнение работ несколькими исполнителями (руководителем и инженером).

$$T_{p\ i} = \frac{t_{ож\ i}}{q_i}, \quad (2.5)$$

где $T_{p\ i}$ - продолжительность работы, раб дн.;

q_i -ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$t_{ож\ i}$ -количество исполнителей, одновременно выполняющих одну и ту же работу на определённом этапе, чел.

2.2.3 Разработка графика Ганта

График Ганта – представляет собой диаграмму, выполненную в виде графика и растянутых во времени отрезков, представляющих выполняемую работу в проекте. Такой способ построения, наиболее удобен и нагляден. Отрезки располагаются на временной шкале, в соответствии с временными рамками, назначенными каждой задаче в проекте. Для удобства построения графика, продолжительность каждой выполняемой работы из рабочих дней переводится в календарные дни.

По формуле 2.6 рабочие дни переведём в календарные:

$$T_{ki} = T_{pi} * K_{кал}, \quad (2.6)$$

T_{ki} - длительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} - длительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$K_{кал}$ - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности на 2022 год составляет:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 118} = 1.48, \quad (2.7)$$

$T_{кал}$ - календарные дни за год;

$T_{вых}$ – выходные дни за год;

$T_{пр}$ – праздничные дни за год.

В таблицу 2.10 вносим все рассчитанные по данным формулам значения.

Таблица 2.10 – Временные показатели проведения научного исследования

№ работы	Наименование работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работ в календарных днях, T_{ki}	
		t_{min} , чел.дн.		t_{max} , чел.-дн.		$t_{ожi}$, чел.-дн.					
		НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И
1	Составление и утверждение технического задания	1	0	3	0	1.8	0	1.8	0	3	0
2	Подбор и изучение материалов по теме	0	5	0	7	0	5.8	0	5.8	0	8

Продолжение таблицы 2.10

3	Выбор направления исследований	2	3	2	3	2	3	1	1.5	1	2
4	Календарное планирование работ по теме	2	0	3	0	2.4	0	2.4	0	3	0
5	Выполнение технологической части	0	25	0	30	0	27	0	27	0	40
6	Согласование технологической части с научным руководителем	2	2	4	4	2.8	2.8	1.4	1.4	2	2
7	Выполнение конструкторской части	0	15	0	20	0	17	0	17	0	25
8	Согласование конструкторской части с научным руководителем	2	2	3	3	2.4	2.4	1.2	1.2	2	2
9	Оценка эффективности полученных результатов	2	0	3	0	2.4	0	2.4	0	3	0
10	Составление пояснительной записки	0	7	0	10	0	8.2	0	8.2	0	12
	ИТОГО:	11	59	18	77	13.8	66.2	10.2	62.1	14	91

Примечание: НР - научный руководитель, И - инженер.

Таблица 2.11 – Итоговая таблица

	Количество дней
Общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель	14
Общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер	91
Общее количество календарных дней для выполнения работы	95

По расчётам таблицы 2.10 и 2.11, строим график Ганта, и отразим в таблице 2.12.

Таблица 2.12 – График Ганта

№	Вид работы	Исп	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление ТЗ	НР	2		■												
2	Изучение литературы	И	8		■	■											
3	Выбор напр. исследований	НР	1			■											
		И	2			■											
4	Календарное планирование	НР	3			■	■										

[illegible]

Примечание: ■ - НР (научный руководитель) ▨ - И (инженер)

На основании полученного графика, делаем вывод, что технологическая часть работ должна начинаться в третьей декаде февраля и заканчиваться в первой декаде июня 2022 года. Также видно, что инженер работает чуть больше дней, чем научный руководитель, это можно объяснить тем, что основная цель руководителя это ставить задачу инженеру.

2.3 Определение стоимости проектирования

Стоимость проектирования по данной работе производилась по следующим затратам:

- Материальные затраты научно-технического исследования (НТИ);
- Затраты на специальное оборудование для испытательных работ;
- Основная заработная плата исполнителей: научного руководителя и инженера;
- Дополнительная заработная плата исполнителей: научного руководителя и инженера;
- Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- Накладные расходы НТИ.

2.3.1 Расчёт материальных затрат научно-технического исследования

Затраты предприятия на приобретение материалов и сырья для создания готовой продукции - это её материальные затраты.

Затраты на все материалы, используемые при проведении исследования. Результаты расчёта затрат представлены в таблице 2.13. Так как деталь изготавливается впервые, то для её исполнения закладывается, количество 2 штуки, с учётом отработки программы и возможного получения брака.

Таблица 2.13 - Затраты на приобретение материалов.

Наименование статей	Наименование	Единица измерения, кг	Кол-во	Общий вес (кг)	Цена за кг, руб.	Итого затраты, руб.
Труба 10x1-08x18Н10Т ГОСТ 9941-81	Змеевик	0,0223926120 кг	2	0,044785224	254	11,375446896
Труба 12x18Н10Т-3ГП ГОСТ 5949-2018	Штуцер	0,0811956111 кг	2	0,1623912222	250	40,59780555
Труба 10x1-12x18Н10Т ГОСТ 9941-81	Гайка	0,162794289 кг	4	0,651177156	404	263,075571024
Круг 20x13-В-Н ГОСТ 5949-2018	Втулка	0,006 кг	4	0,024	95	2,28
Лист 20x13 - М2а ГОСТ 5582-75	Панель1	0,2 кг	1	0,2	250	50
Лист 20x13 - М2а ГОСТ 5582-75	Панель2	0,22 кг	1	0,22	250	55
Лист 12x18Н10Т-М26 ГОСТ 7350-77	Хомут1	0,007 кг	8	0,056	794	44,464
Лист 12x18Н10Т-М26 ГОСТ 7350-77	Хомут2	0,0095 кг	2	0,019	794	15,086
Лист 12x18Н10Т ГОСТ 17475-80	Винт	0,00243 кг	28	0,06804	1	0,06804
Сплав литейный алюминиевый АК7ч ГОСТ 1583-93	Радиатор	4,9836063978	1	8,3386	532	4 436,1352
СОЖ «Adrana»	СОЖ	литра	3,3		827	2 729,1
Итого на 1 штуку:				10 кг		7 647,182
Итого на 2 штуки:				20 кг		15 294,364

2.3.2 Расчёт амортизации специального оборудования

Специальное оборудование для изготовления «Радиатора» было приобретено до начала выполнения данной исследовательской работы и было в эксплуатации, то расчёт амортизационных отчислений будет сводиться к определению. При расчёте затрат на оборудование будем учитывать только рабочие дни по данной теме:

Оборудование, необходимое для использования:

1. Станок ЧПУ, SMW-850;
2. Насосная станция.

Рассчитаем норму амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (2.8)$$

n - срок полезного использования в количестве лет.

Токарно - фрезерный станок с ЧПУ:

$$H_A = \frac{1}{14} = 0,07$$

Насосная станция:

$$H_A = \frac{1}{5} = 0,2$$

Рассчитаем амортизацию оборудования:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \times m, \quad (2.9)$$

где I - цена на оборудование, тыс.руб;

m - время эксплуатации, мес.

Станок с ЧПУ:

$$A = \frac{0,07 \times 8500000}{12} \times 0,1 = 4958,33$$

Насосная станция:

$$A = \frac{0,2 \times 500000}{12} \times 0,1 = 291,66$$

Заполним таблицу 2.14, полученными результатами.

Таблица 2.14 - Затраты на оборудование.

№ п/ п	Наименование оборудования	Кол личе ство во, еди ниц	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес	Н _д , %	Цена оборудо вания, руб	Амор тизация , руб
1	Станок ЧПУ	1	14	0,1	0,07	8500000	4958,33
2	Насосная станция	1	14	0,1	0,07	500000	291,66
ИТОГО:							5250

2.3.3 Основная заработная плата

Основная заработная плата состоит из оклада и премии, которая выплачивается ежемесячно в размере 20-30% от оклада или тарифа.

Для инженера, непосредственно выполняющего проект, расчёт основной заработной платы производится по выражению (2.10). Приведены расчёты в таблице 2.16:

$$Z_{ЗП} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (2.10)$$

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

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

Основная заработная плата для руководителя (инженера) предприятия производится рассчитывается по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} + T_p, \quad (2.11)$$

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

T_p - продолжительность работ, которые выполняет работник, раб. дн. (таблица 2.7);

$Z_{дн}$ - средняя заработная плата работника за день, руб. Расчет среднедневной заработной платы осуществляется следующим образом:

Для инженера, работающего шесть дней в неделю:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d} = \frac{39975 * 10,4}{241} = 1725 \text{ руб.},$$

Для руководителя, работающего шесть дней в неделю:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m * M}{F_d} = \frac{47775 * 10,4}{241} = 2061,6 \text{ руб.},$$

где Z_m – должностной оклад работника за месяц, руб.:

Для руководителя:

$$Z_m = Z_{мс} * (1 + k_{пп} + k_d) * k_p = 24500 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,3 = 47775 \text{ руб.} \quad (2.12)$$

Для инженера:

$$Z_m = Z_{мс} * (1 + k_{пп} + k_d) * k_p = 20500 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,3 = 39975 \text{ руб.} \quad (2.13)$$

где

$Z_{мс}$ - заработная плата по тарифной ставке/оклад, руб.;

$k_{пп}$ – коэффициент на премии (0,3);

k_d – коэффициент, учитывающий доплаты и надбавки (0,2);

k_p – районный коэффициент (для г.Томска принимается 1,3);

M – число рабочих месяцев (то есть без отпуска) за год:

При рабочей недели в 6 дней и отпуске в 48 рабочих дней, $M = 10,4$ – месяца.

F_d - действительный годовой фонд рабочего времени научно-технических работников, рабочих дней (таблица 2.15).

Таблица 2.15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - нерабочие дни - праздничные дни	66	66
Потери рабочего времени: - отпуск - невыходы по болезни	48+15	48+10
Действительный годовой фонд рабочего времени	236	241

Таблица 2.16 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{ТС}$ (руб)	$k_{ПР}$ (руб)	k_d (руб)	k_P (руб)	Z_M (руб)	$Z_{ДН}$ (руб)	T_P (руб)	$Z_{осн}$ (руб)
Руководитель	24500	0,3	0,2	1,3	47775	2061,6	10,2	21028,32
Инженер	20500	0,3	0,2	1,3	39975	1725	62,1	107122,5
Итого								128150.82

2.3.4 Дополнительная заработная плата исполнительской системы

Доплата к заработной плате исполнителей проекта учитывается в соответствии с Трудовым кодексом РФ. За отклонения от нормальных условий труда, величину выплат, обеспечивающих гарантии и компенсации.

Дополнительная заработная плата, рассчитывается по формуле 2.14:

$$\text{Руководитель: } Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} = 0.12 * 21028.32 = 2523.4, (\text{руб}) \quad (2.14)$$

$$\text{Инженер: } Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} = 0.12 * 107122.5 = 12854.7, (\text{руб})$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату и равен 0.12.

2.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Обязательные отчисления от затрат на оплату труда работников, по нормам, установленным законодательством Российской Федерации:

- обязательное пенсионное страхование (ОПС) в налоговую 22%;
- обязательное медицинское страхование (ОМС) в ФФОМС 2,9%;
- взносы на случай временной нетрудоспособности и в связи с материнством (ВНиМ) в ФСС 30%;
- взносы на травматизм в ФСС 0,2%.

Общая ставка взносов принимается равной 30.2 %, основываясь ст. 425,426 НК РФ.

Расчет отчислений производится по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (2.15)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент, учитывающий отчисления для уплаты в внебюджетные фонды.

Таблица 2.17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	$Z_{осн}$	$Z_{доп}$	$k_{внеб}$	$Z_{внеб}$
Руководитель	21028,32	2523,4	0,302	7112,62
Инженер	107122,5	12854,7	0,302	36233,11
Итого	128150,82	15378,1	-	43343,73

2.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы определяются по формуле:

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) * k_{пр}, \quad (2.16)$$

где $k_{пр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Значение коэффициента принимается равным 0,16.

$$\begin{aligned} Z_{накл} &= (15\,294,364 + 128\,150,82 + 15\,378,1 + 43\,343,73 + 5\,250) * 0,16 = \\ &= 207\,417 * 0,16 = 33\,186,7 \text{ руб.} \end{aligned}$$

2.3.7 Формирование бюджета исследовательского проекта

Основополагающее значение при формировании бюджета расходов проекта является величина ранее рассчитанных затрат на научно - исследовательские работы.

Таблица 2.18 – Бюджет затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля, %	Примечание
1. Материалы, сырье	15 294,364	6,36	2.3
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей проекта	128150,82	53,26	2.3.1
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей проекта	15378,1	6,39	2.3.2
4. Отчисления во внебюджетные фонды	43343,73	18,01	2.3.3
5. Амортизация	5250	2,18	2.3.4
6. Накладные расходы	33186,7	13,8	2.3.5
Бюджет затрат НТИ	240 603,74	100	2.3.6

По результатам из таблицы 2.18, мы видим, что окончательная стоимость проекта составляет 240603,74 руб. Максимальный процент затрат (53.26%) приходится на расходы по основному фонду оплаты труда исполнителей проекта, следующими по величине были отчисления во внебюджетные фонды (18.01%), чуть меньше накладные расходы (13.8%). Дополнительная заработная плата исполнителей проекта составляет (6.39%) от общих затрат. Минимальная сумма расходов пришлась на амортизацию и составила (2,18%).

2.4 Определение эксплуатационных затрат, расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности

Результат эффективности исследуемого проекта определяется на основе расчёта его интегрального показателя. Нахождение этого показателя связано с определением двух средневзвешенных значений: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{фин\ p}^{исп\ i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (2.17)$$

$I_{фин\ p}^{исп\ i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (включая аналоги);

В качестве максимальной стоимости выполнения исследовательского проекта принимается минимальный размер гранта на лучшие проекты фундаментальных научных исследований, в 2022 году он составляет 1500000 рублей, поскольку аналогичные научные исследования ранее не проводились.

Рассчитанные интегральные финансовые показатели для различных исполнений:

$$I_{фин\ p}^{исп\ 1} = \frac{222436,16}{1500000} = 0,15$$

$$I_{фин\ p}^{исп\ 2} = \frac{1500000}{1500000} = 1$$

Получившийся результат интегрального финансового показателя разработки отражает численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (если больше 1), либо численное снижение стоимости разработки в размах (если меньше 1, но больше 0).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования, определим по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i, \quad (2.18)$$

I_{pi} - интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i - весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i - оценка i -го варианта исполнения разработки в баллах, устанавливается экспертным путём, по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

В таблице 2.19 приведём расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности.

Таблица 2.19 – Сравнительная оценка критерий проекта

Критерии оценки	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Повышение производительности труда пользователя	0,4	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,3	5	3
3. Эргономичность	0,12	4	4
4. Надёжность работы	0,18	5	4
Итого:	1	4,88	3,3

Для разрабатываемого проекта, значение интегрального показателя ресурсоэффективности равно:

$$I_{p-исп.1} = 0,4 \times 5 + 0,3 \times 5 + 0,12 \times 4 + 0,18 \times 5 = 4,88$$

$$I_{p-исп.2} = 0,4 \times 3 + 0,3 \times 3 + 0,12 \times 4 + 0,18 \times 4 = 3,33$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп.1}}{I_{фин p}} = \frac{4,88}{0,15} = 32,53, \quad (2.19)$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп.2}}{I_{фин p}} = \frac{3,3}{1} = 3,3.$$

С помощью сравнения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки определим сравнительную эффективность проекта (таблица 2.20) и выберем наиболее целесообразный вариант.

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = \frac{32,53}{3,3} = 9,8 \quad (2.20)$$

Таблица 2.20 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0.15	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4.88	3.3
3	Интегральный показатель эффективности	32,53	3.3
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	9,8	

Показатели сравнительной эффективности показали, что наиболее финансово и ресурсоэффективным является текущий проект (Исполнитель 1).

С помощью оценки ресурсоэффективности разрабатываемого проекта мы получили достаточно высокое значение интегрального показателя (4.88 из 5). Полученный результат показывает эффективность реализации данного проекта.

Высокие оценки производительности, надёжности, эксплуатации показывают о правильности выполненной разработки.

Сделаем вывод по полученным результатам. Цель раздела была произведена с помощью поэтапного решения задач:

1) Проведён анализ конкурентных технических решений. Итогом анализа стал выбор способа контроля и испытаний детали «Радиатор» на имитаторе водного пространства;

2) На следующем этапе мы исследовали QuaD-технологии и SWOT- анализ для внешней и внутренней среды проекта. Оценив факторы, влияющие на проект. Сделали вывод о целесообразности данного проекта.

3) На этапе планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для научного руководителя и инженера. На данном графике, в календарных днях, было определено: - общее количество дней необходимых для выполнения работы – 95 дней, количество рабочих дней инженера – 91 и количество рабочих дней руководителя проекта - 14;

4) Рассчитали бюджет научно-технического исследования. Из расчёта видно, что на реализацию проекта необходимы затраты в размере 240.6 тыс. руб.;

5) На завершающем этапе определили оценку интегрального финансового показателя ресурсоэффективности.

По итогам раздела было установлено, что проект отвечает необходимым требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Является конкурентоспособным и привлекательным с экономической точки зрения по следующим показателям:

1) полученный результат интегрального финансового показателя ИР составляет 0.15, это означает, что ИР является финансово выгодной по сравнению с подобными аналогами;

2) полученный результат интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4.88, по сравнению с 3.3;

3) полученный результат интегрального показателя эффективности ИР составляет 32.53, по сравнению с 3.3, что означает, что показатель очень высок и техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

4АМ01		Першина Мария Александровна	
Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	ОМШ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Модернизация конструкции и совершенствование технологии изготовления герметичного радиатора	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации	<i>Объект исследования:</i> герметичный радиатор системы водяного охлаждения электро и радиоэлементов для подводной лодки. <i>Область применения:</i> военно-промышленный объект. <i>Рабочая зона:</i> производственное помещение механического участка ЧПУ, цеха №2. <i>Размеры помещения:</i> 20*30 м. <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> станок с числовым программным управлением марки SMW-850. <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> контроль параметров заготовки и режущего инструмента, контроль исправности оборудования, контроль измерения детали на соответствие КД и ТП.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018). 2. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. 3. ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования. 4. ГОСТ 22613-77. Система «человек-машина». Выключатели и переключатели поворотные. Общие эргономические требования. 5. ГОСТ 22614-77. Система «человек-машина». Выключатели и переключатели клавишные и кнопочные. Общие эргономические требования
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора	Опасные факторы: 1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий; 2. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твёрдых объектов; 3. Подвижные части производственного оборудования; 4. Химическое воздействие на организм человека.
	Вредные факторы: 1. Повышенный уровень производственного шума на рабочем месте;

	2.Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды, на место нахождения работающего; 3.Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; 4.Повышенный уровень общей и локальной вибрации; 5.Повышенный уровень электромагнитного излучения. Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: виброизоляция рабочих зон, звукопоглощающие конструкции и экраны, глушители шума; перчатки, виброизолирующая обувь, специальные коврики, наушники, шлемофоны, защитные каски, маски; защитные костюмы, специальные очки. Расчёт: Расчёт системы искусственного освещения.
<u>3. Экологическая безопасность при эксплуатации проектного решения</u>	Категория негативного воздействия предприятия - III. Воздействие на селитебную зону: на жителей рядом с производством воздействия не происходит. Воздействие на литосферу: твёрдые токсичные отходы: стружка, загрязненная нефтепродуктами или смазочно-охлаждающей жидкостью, шлам абразивно-металлический, отходы зачистки оборудования электроэрозионной обработки стали. Воздействие на гидросферу: отходы смазочно-охлаждающей жидкости отработанной при металлообработке. Воздействие на атмосферу: пыль аспирационных систем при механической обработки изделий из абразивных металлов, пыль(порошок) от шлифования алюминия с содержанием металла 50% и более.
<u>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения</u>	Возможные ЧС: Природные катастрофы (ураганы, аномальные морозы, снежные заносы, ливневые дожди с градом) Техногенные аварии (отказ систем безопасности, пожар) Социально-политические и военно-политические (диверсия). Наиболее типичная ЧС: диверсия.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
14.03.2022	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н.		14.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM01	Першина Мария Александровна		14.03.2022

3 Социальная ответственность

В данном разделе, проведём анализ производственного помещения, промышленного предприятия АО «НПЦ «Полюс», механического участка ЧПУ, цеха №2, общей площадью 1200 м², на которой располагаются 18 единиц оборудования, и где осуществляется изготовление детали «Радиатор».

Для изготовления сложной детали «Радиатор» с помощью графической программы САПР (SolidWorks Simulation) создаётся электронный чертёж детали. Описывается траектория движения рабочего органа, путём задания чисел. Выбирается способ обработки, назначается рабочий инструмент. На выходе получается управляющая программа в соответствии с форматом конкретного станка.

Технологический процесс начинается с получения заготовки. В качестве заготовки используется литейный сплав АК7ч по ГОСТ 1583-93: берутся две стальные трубки диаметром 10 мм, сгибаются в виде змеевика и укладываются в специальную форму так, чтобы змеевики оказались внутри формы, куда поступает расплавленный алюминий, где он и застывает. Получившуюся заготовку остужают и транспортируют на механический участок цеха №2. На участке цеха №2, для обработки детали, используют станок с числовым программным управлением (ЧПУ) марки SMW-850. Жёсткая конструкция станка гарантирует высокую: виброустойчивость и стабильность в работе, скорость и точность обрабатываемого изделия.

3.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно трудового кодекса Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021 каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих

государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;

- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;

- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счёт средств работодателя;

- обучение безопасным методам и приёмам труда за счёт средств работодателя;

- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;

- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда;

- повышенные или дополнительные гарантии и компенсации за работу на работах с вредными и (или) опасными условиями труда устанавливаются коллективным договором, локальным нормативным актом.

3.1.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочая зона или рабочее место оператора представляет собой отдельный производственный участок, закреплённый за одним рабочим. Рациональная

организация рабочего места повышает эффективность использования станков с ЧПУ и способствует выполнению работ на них с наименьшими затратами труда.

Главными факторами, влияющими на организацию рабочего места, является:

- технологический процесс;
- организация производства;
- система обеспечения рабочего места заготовками;
- система обеспечения рабочего места технической документацией;
- система обеспечения рабочего места инструментами и приспособлениями;
- обеспечение рабочего места ремонтнообслуживающим оборудованием.

Мероприятия при компоновке рабочего места:

1. Должно обеспечивать: выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля; прямое и свободное положение корпуса тела работающего или наклон его вперёд не более чем на 15°. ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

2. Взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать необходимые зрительные и звуковые связи между оператором и оборудованием, а также между операторами; должны быть предусмотрены необходимые средства защиты человека-оператора от воздействия опасных и вредных факторов, предусмотренных ГОСТ 12.0.003-74, а также условия для экстренного ухода человека-оператора с рабочего места. ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.

3. На рабочей поверхности приводных элементов I типа не должно быть выступов крепления на оси выключателей и переключателей. Приводные элементы в местах захвата пальцами оператора не должны иметь острых ребер. ГОСТ 22613-77. Система «человек-машина». Выключатели и переключатели поворотные. Общие эргономические требования.

4. Приводные элементы кнопочных и клавишных выключателей и переключателей, используемых для наиболее ответственных операций, во избежание случайного нажатия следует ограждать ободком, делать бортики между кнопками и клавишами, помещать их ниже поверхности используемой панели или применять дополнительные устройства блокировки. ГОСТ 22614-77. Система «человек-машина». Выключатели и переключатели клавишные и кнопочные. Общие эргономические требования

3.2 Производственная безопасность

3.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов

Таблица 3.1 - Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора станка ЧПУ, при изготовлении детали «Радиатор»

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Повышенный уровень производственного шума на рабочем месте;	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ Шум. Общие требования безопасности. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ Средства и методы защиты от шума. Классификация.
Повышенный уровень общей и локальной вибрации;	ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ «Вибрационная безопасность»
Повышенный уровень электромагнитного излучения;	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;	СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды, на место нахождения работающего;	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 41-01-2003 (с Поправкой).

Продолжение таблицы 3.1

Подвижные части производственного оборудования;	ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твёрдых объектов;	ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает рабочий;	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. ГОСТ Р 58698-2019 Защита от поражения электрическим током.
Химическое воздействие на организм человека.	ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. ГОСТ Р 50558-93 Жидкости смазочно-охлаждающие.

3.2.1.1 Повышенный уровень производственного шума на рабочем месте

Одним из источников возникновения, повышенного уровня шума, при изготовлении детали «Радиатор», является технологическое оборудование в производственном цехе, в основном металлообрабатывающие станки. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

В таблице 3.2 рассмотрены допустимые уровни звукового давления, согласно СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.

Таблица 3.2 – Допустимые уровни звукового давления

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Выполнение всех видов работ на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

На механическом участке ЧПУ, цеха №2 уровень шума составляет 70 дБ.

В качестве коллективных средств защиты применяют: глушители шума; звукопоглощающие конструкции и экраны; звукоизоляция ограждающих конструкций; правильная планировка и застройка.

В качестве индивидуальных средств защиты (СИЗ) используют: наушники; противошумные вкладыши; шлемофоны. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ Средства и методы защиты от шума. Классификация.

3.2.1.2 Повышенный уровень общей и локальной вибрации

При изготовлении детали «Радиатор», на рабочего может воздействовать общая и локальная вибрация, источником которой являются станки. Для нашего случая выбираем категорию: 3 тип «а». Характерными условиями труда будут являться: технологическая вибрация, воздействующая на операторов стационарных машин и оборудования или передающаяся на рабочие места, не имеющие источники вибрации (ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ «Вибрационная безопасность»). Санитарные нормы уровня вибрационной нагрузки на оператора при смене в 8 часов приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Допустимые уровни вибрационной нагрузки

Вид вибрации	Категория вибрации по санитарным нормам	Направление действия	Нормативные, скорректированные по частоте и эквивалентные скорректированные значения			
			виброускорения		виброскорости	
			m/s^2	дБ	$m/s^2 \times 10^{-2}$	дБ
Локальная	-	X_L, Y_L, Z_L	2.0	126	2.0	112
Общая	3 тип «а»	Z_0, Y_0, X_0	0.1	100	0.2	92

В качестве коллективных средств защиты применяют: уменьшение технологических допусков на изготовление и сборку машин и инструментов; ограничение времени воздействия вибрации; виброизоляцию рабочих зон; использование эффекта вибродемпфирования; балансировку вращающихся масс.

В качестве средств индивидуальной защиты (СИЗ) применяются: перчатки; виброизолирующая обувь; вкладыши и прокладки; коврики. ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования.

3.2.1.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения

Повышенным источником электрических полей являются системы передачи и распределения электроэнергии и электрооборудование.

ПДУ магнитного поля в новых, действующих с 1 марта 2021 года гигиенических нормативах (СанПиН 1.2.3685-21) отсутствует такой класс электромагнитных полей, как электрические и магнитные поля диапазона частот 5 Гц - 400 кГц на рабочих местах с ПЭВМ (ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности).

Получается, что рабочие места с ПЭВМ "приравнены" к рабочим местам с любым другим оборудованием и на эти рабочие места распространяются те же ПДУ на ЭМП, как и на другие рабочие места.

В действующем в настоящее время «Порядке проведения медосмотров» (утверждённым приказом Минздрава № 29н от 28 января 2021 г.), в пункте 4.2.5 Перечня вредных и опасных факторов (при наличии которых проводятся медосмотры) указан такой фактор, как «Электромагнитное поле широкополосного спектра частот (5 Гц-2 кГц, 2 кГц-400 кГц)». Это значит, что в качестве фактора, превышение которого установленным нормативам обязывает направлять работника на медосмотр, указаны электромагнитные поля частотных диапазонов.

К коллективным средствам защиты от электромагнитного излучения,

отнесены: переносные (передвижные) экранирующие средства защиты.

3.2.1.4 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

На механическом участке цеха №2 предусматривается естественное, искусственное и совмещённое освещение.

Согласно СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* – определим нормы освещённости для производственных помещений в зависимости от характера зрительной работы, минимальным размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и свойствами фона. Нормы для таких помещений приведены в таблице 3.4.

Мероприятием по устранению недостаточной освещённости, является применение комбинированного освещения. Контроль естественного и искусственного освещения в производственных помещениях производится один раз в год.

Таблица 3.4 – Нормы освещённости для производственных помещений

Характеристика зрительной работы	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Искусственное освещение		Естественное освещение		Совмещённое освещение		
			Освещённость, лк		КЕО* ед, %				
			При системе комбинированного освещения	При системе общего освещения	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	
Средней точности	IV	б*	500	200	4	1.5	2.4	0.9	

*К подразряду зрительной работы «б» относится периодическая работа при постоянном пребывании в помещении.

Расчет искусственного освещения

Выберем систему освещения.

Рассмотрим систему общего равномерного освещения с горизонтальной рабочей поверхностью. Основные характеристики приведены в таблице 3.5

Таблица 3.5 - Основные характеристики люминесцентных ламп

Мощность, Вт	Напряжение сети, В	Световой поток, лм			
		ЛД	ЛХБ	ЛБ	ЛТД
15	127	700	820	835	850
20	127	880	1020	1060	1060
30	220	1650	1940	2020	2020
40	220	2300	2700	2800	2850
65	220	3750	4400	4600	4600
80	220	4250	5000	5200	5200
125	220	-	8000	-	8150

Выберем источники света.

Рассмотрим люминесцентные лампы типа ЛД (дневного света). Выбираем ЛД-80: $U=220\text{В}$, световой поток $\Phi = 4250\text{ лм}$, $P_{\text{л}} = 80\text{ Вт}$.

Выберем светильники и их размещение.

Рассмотрим светильники типа ОД-2-80: количество и мощность лампы 2×80 , размеры (длина/ширина/высота) $1531 \times 266 \times 198\text{ мм}$, КПД = 75%.

Выберем освещённость люминесцентных ламп, согласно нормам.

Основные требования и значения нормируемой освещённости (Е) рабочих поверхностей изложены в СНиП 23-05-95*. Сведения для выбора освещённости возьмём из таблицы 3.4.

Рассчитаем общее равномерное освещение.

Общее равномерное искусственное освещение горизонтальной рабочей поверхности выполним методом коэффициента светового потока.

Помещение цеха №2 имеет: длина $A=60\text{ м}$, ширина $B=20\text{ м}$, высота $H=8\text{ м}$, $S=1200\text{ м}^2$. Высота рабочей поверхности $h_{\text{рп}} = 1.5$.

Согласно таблицы 3.4 следует, что освещённость в помещении 200 лк.

Коэффициент отражения стен $\rho_c=50\%$, потолка $\rho_{\text{п}}=70\%$.

Коэффициент запаса $K_3=1.5$, коэффициент неравномерности $Z=1.1$.

Для расчёта системы общего люминесцентного освещения, выберем светильники ОД типа. Интегральный критерий оптимальности расположения светильников равен $\lambda = 1.1$.

Принимаем $h_c = 0,4\text{ м}$, получаем $h=7-0.4-1.5=5.1\text{ м}$

Между светильниками получаем расстояние $L=\lambda \cdot h=1.1 \times 5.1=5.61\text{ м}$

Светильники будем размещать в 3 ряда. В каждом ряду будет по 27 светильников типа ОД мощностью по 80 Вт (и длиной 1.53 м).

Исходя из размеров помещения рассчитаем расстояние между светильниками: $A = 27 \times 1531 + 26 L_1 + 2 \times \frac{L_1}{3}$, $L_1=700$ мм, $L_1/3 = 233$ мм,

$$B = 3 \times 266 + 2 L_2 + 2 \times \frac{L_2}{3}, L_2=7200 \text{ мм}, L_2/3 = 2400 \text{ мм}.$$

Размещение светильников в масштабе рассмотрим графически, согласно плану помещения и (рис. 3.1). Общее количество ламп в помещении $N=162$, в каждом же светильнике установлены 2 лампы.

Находим индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \times (A+B)} = \frac{1200}{5.1 \times (60+20)} = 2.9$$

Коэффициент использования светового потока $\eta = 0.56$

Световой поток лампы определим по формуле:

$$\Phi = \frac{E_H \times S \times K_3 \times Z}{N \times \eta} = \frac{200 \times 1200 \times 1.5 \times 1.1}{162 \times 0.56} = 4365 \text{ Лм}$$

Потребный световой поток ламп в каждом из рядов произведём с помощью ближайшей стандартной лампой ЛД, мощностью 80 Вт и потоком 4250 лм (Согласно таблицы 3.5). Произведём проверку выполнения условия:

$$\text{Результат : } - 10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \times 100\% \leq 20\%;$$

$$\text{Получаем: } - 10\% \leq 2,7\% \leq 20\%;$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки:

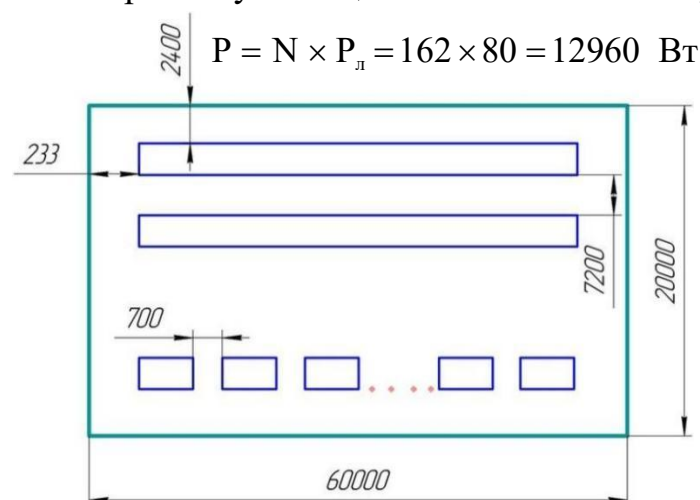


Рисунок 3.1 - План размещения светильников с люминесцентными лампами

3.2.1.5 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды, на место нахождения работающего

Санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения.

Параметры оптимального микроклимата воздушной среды на рабочих местах представлены в таблице 3.6 и допустимых показателей, в таблице 3.7, ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

Таблица 3.6 – Оптимальные показатели величины микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Пб* (233 - 290)	17 - 19	60 - 40	0.2
Тёплый	Пб (233 - 290)	19 - 21	60 - 40	0.2

*К категории Пб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 201-250 ккал/ч (233-290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

Таблица 3.7 – Допустимые показатели величины микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных	Диапазон выше оптимальных		Диапазон ниже оптимальных	Диапазон выше оптимальных
Холодный	15-16.9	19.1-20	15-75	0.2	0.4
Тёплый	16-18.9	21.1-27		0.2	0.5

Показатели интенсивности теплового облучения поверхности тел работающих от производственных источников, представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Допустимые величины интенсивности теплового облучения

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25-50	70
Не более 25	100

Рядом с участком ЧПУ имеется термический участок, тепловое облучение, воздействует на работающих, но температура воздуха на рабочих местах не должна превышать в зависимости от категории работ следующую величину: 21°С - при категории работ Пб.

В целях профилактики факторов, связанных с аномальными микроклиматическими параметрами используется автоматизация технологических процессов и устройств систем вентиляции, системы кондиционирования воздуха и отопления по месту; с помощью теплозащитных экранов происходит защита от источников теплового излучения. В качестве средств индивидуальной защиты используется: спецодежда, спецобувь, средства для защиты рук и головные уборы, регламентируемые временем работы (СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 41-01-2003 (с Поправкой)).

3.2.1.6 Подвижные части производственного оборудования

К наиболее распространенным движущимся механизмам оборудования и их частям относят:

- подвижный стол и вращающийся шпиндель, с закреплённой в нем заготовкой или инструментом («Радиатор», закрепляется на столе и запускается шпиндель, с установленным режущим инструментом, который снимает необходимый слой металла для получения нужных размеров, согласно конструкторской документации (КД)). Стол двигается вместе с деталью по координатам X, Y.

- ходовые винты (относятся к частям станка и, они вращаются, в следствии чего, стол, на котором установлена заготовка, перемещается).

Движущимися частями, также являются транспортные устройства - кран балки (кран балка необходима, чтобы снять оснастку и деталь со станка). Основной величиной характеризующей опасность подвижных частей производственного оборудования является скорость его перемещения. Согласно ГОСТ 12.2.009-80 опасной скоростью перемещения подвижных частей оборудования, способных травмировать ударом, является скорость более 0,15 м/с.

Безопасным условием труда является недоступность подвижных частей оборудования для рабочего в ходе технологического процесса. Для выполнения этого условия установлены защитные устройства - местные ограждения, защитные экраны на станках с ЧПУ, предупреждающие знаки - индикаторные световые и звуковые сигнализации.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ): специальная одежда, обувь.

3.2.1.7 Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твёрдых объектов

Образование частей твёрдых объектов, таких как заусенцы и острая кромка происходит при обработке детали на месте выхода режущего инструмента с обрабатываемой поверхности. Заусенцы являются потенциальными источниками травм. При контакте с заусенцами может порезать руки тот, кому придётся держать деталь в руках - это операторы станков ЧПУ, контролёры, мастера, транспортные рабочие.

Коллективные средства защиты: обвертывание детали в ингибированную бумагу, также на токарных операциях предусмотрены притупления острых кромок, а после фрезерных, сверлильных и других операций выполняются слесарные операции.

В качестве индивидуальных средств защиты (СИЗ) от острой кромки на каждой операции применяют: (перчатки). При обработке детали или уборки

станка применяют защитные очки, щётку-щетку, спецодежду. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

3.2.1.8 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает рабочий

В производственном помещении, где изготавливается деталь "Радиатор" размещено электрооборудование, находящееся под напряжением.

Воздействием электрического тока на человека являются: проникновения или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям; на металлических частях оборудования возникновения напряжения, в результате повреждения изоляции, отсутствие заземления, неверно поданное напряжение на рабочее место; замыкание в результате аварии. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

Безопасные номиналы показателя электрического тока, согласно ГОСТ Р 58698-2019:

$I < \text{не превышающий порог ощущения} - 0,5 \text{ мА переменного тока или } 2 \text{ мА постоянного тока};$

$U < \text{реакция испуга } 2 \text{ В} - \text{переменный ток, } 8 \text{ В} - \text{постоянный ток, мышечная реакция} - 20 \text{ В переменный ток, } 40 \text{ В постоянный ток};$

$R_{\text{заземл}} < 100 \text{ кОм}$, если номинальное напряжение электрической системы превышает 500 В переменного или постоянного тока, но не превышает 1000 В переменного тока или 1500 В постоянного тока.

Контроль эффективности экранирования материалов и средств индивидуальной защиты осуществляют при соблюдении следующих внешних условий: при температуре $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$; относительной влажности $\leq 80\%$; уровень фонового ЭМП $\leq 3 \text{ В/м}$ (для диапазона 30 кГц - 300 МГц); 1 мкВт/см^2 (для диапазона 300 МГц - 60 ГГц).

К техническим мероприятиям относятся: вывешивание плакатов и защитное ограждение рабочего места; проверка отсутствия напряжения;

наложение заземлений.

Коллективные средства защиты: деревянными плитами (решётками) оборудованные рабочие места; защитное заземление; зануление; разделительные трансформаторы.

Индивидуальные средства защиты: резиновые изделия по защите; перчатки, боты или галоши; штанги для изоляции напряжения.

3.2.1.9 Химическое воздействие на организм человека

При обработке «Радиатора» на фрезерном станке SMW-850 используется СОЖ - охлаждающая жидкость, которая служит для предотвращения налипания металла на инструмент и охлаждения его в процессе механической обработки. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Химические вещества, в составе СОЖ, которые воздействуют на кожу оператора и технологические масла, относятся к 4-му классу опасности, согласно ГОСТ 12.1.007-76. Практически безвредны.

При коллективных средствах защиты (СКЗ) применяют вентиляцию, очистку воздуха; герметизацию устройств соединений и уплотнений, в которых ведутся производственные процессы связанные с образованием паров, устранение подтекания СОЖ; механизацию и автоматизацию технологического процесса ГОСТ Р 50558-93 Жидкости смазочно-охлаждающие.

При индивидуальных средствах защиты (СИЗ) — спецодежду, средства защиты органов дыхания (респираторы), рук (перчатки), лица (маски), глаз (защитные очки).

3.3 Экологическая безопасность

Для обеспечения экологической безопасности, необходим ряд мероприятий:

- совершенствование технологических процессов и разработка нового оборудования с минимальным воздействием на окружающую среду;
- использование образующихся отходов во вторичном производстве;
- разработка и внедрение малоотходных технологий.

Службы контроля качества среды следят за показателями в атмосфере, воде

и почве для получения достоверных уровней загрязнения окружающей среды и обеспечивают анализ влияния исследуемого объекта на окружающую среду. Контроль за соблюдением таких показателей АО «НПЦ «Полус», осуществляет сторонняя организация, с которой у предприятия заключён договор .

Согласно Приказа Минприроды России от 04.12.2014 N 536 «Об утверждении критериев отнесения отходов к I - V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду», объект АО «НПЦ «Полус» относится к III классу опасности и оказывает незначительное негативное воздействие на среду.

Так как предприятие занимается только разработкой новых видов продукции, исследовательской работой, испытанием новых технологий и аппаратов. Экологический контроль такого производства менее строг, и отчёты представляются по меньшему количеству показателей.

Воздействие на селитебную зону: на жителей рядом с производством воздействия не происходит. Согласно официальной документации, предприятие находится рядом с жилыми застройками, выбросов не осуществляет все нормативы в пределах допустимых значений СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

Воздействие на литосферу: твёрдые токсичные отходы: стружка, загрязненная нефтепродуктами (3 класс опасности), шлам абразивно-металлический (4 класс опасности), отходы зачистки оборудования электроэрозионной обработки стали (4 класс опасности). Стружку цветных металлов, загрязненной смазочно-охлаждающей жидкостью (3 класс опасности) 2 раза в месяц увозят в литейное производство на переплавку. В основном отходы производства малоопасны. Для 3 класса опасности, имеются плотно закрытые ёмкости, полностью исключаящие контакты с окружающей средой. СП 2.1.7.1386-03 «Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления».

Воздействие на гидросферу: все отходы смазочно-охлаждающей жидкости, отработанной при металлообработке при работе станков сливаются в ёмкости (3 класс опасности). Для отходов СОЖ раз в квартал приезжает специальная машина и с помощью вакуумной установки откачивает отходы СОЖ для дальнейшей утилизации, ГОСТ Р51779-2001 Жидкости смазочно-охлаждающие в процессе механической обработки. ПДК веществ измеряет сторонняя организация, с которой у АО «НПЦ «Полус» заключён договор. Предоставить данные не представляется возможным. Так как в цехе №2 нет выплат за вредность, соответственно, показатели в веществ в пределах нормы. И утилизируются по договору с соответствующей организацией. ГОСТ 17.1.3.06-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.

Воздействие на атмосферу: пыль аспирационных систем при механической обработке изделий из абразивных материалов (4 класс опасности), пыль (порошок) от шлифования алюминия с содержанием металла 50% и более (4 класс опасности). ПДК веществ измеряет сторонняя организация, с которой у АО «НПЦ «Полус» заключён договор. Предоставить данные не представляется возможным. Так как в цехе №2 нет выплат за вредность, соответственно, показатели в веществ в пределах нормы. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания". В цехе установлена приточного вентилиация, с высокой степенью фильтрации загрязненного воздуха перед выбросом в атмосферу. Руководствуясь СП 60.13330.2020 "СНиП 41-01-2003 Отопление, вентилиация и кондиционирование воздуха"

3.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одним из ЧС социального характера на предприятии рассмотрим диверсию. Несанкционированное проникновение на рабочее место. Предприятие АО «НПЦ «Полус» является частью военно-промышленного комплекса, производящим разработку, производство, поставку военной и специальной техники на вооружение, боеприпасов, как для государственных силовых

структур, так и на экспорт. Мероприятиям по предотвращению таких ЧС отводится много времени и ресурсов.

Чтобы предупредить такого рода диверсию предприятие оборудовано системой видеонаблюдения, автоматической пропускной системой, круглосуточной охраной. Исключено распространение информации в системе охраны объекта (введена закрытая внутренняя сеть интернета и режим секретности), система сигнализации, ее места установки. Также создана служба ГО и ЧС, способная оперативно и правильно реагировать на любые ЧС на предприятии.

Раз в полгода должностные лица проводят постановочные тренировки с симуляцией действий в случае диверсии. На случай экстренной эвакуации, отрабатываются все возможные моменты. ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.

Вывод по разделу: При организации рабочего процесса в цехе №2, категория помещения по электробезопасности в условиях эксплуатации планово-предупредительных и профилактических испытаний, ремонтов электроустановок и их электрооборудования определяется как влажные помещения, в которых относительная влажность воздуха более 60%, но не превышает 75%, помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

Осуществляется контроль за соблюдением инструкций по охране труда, за проведением инструктажей. Работники, относящиеся к электротехническому и электротехнологическому персоналу, а также должностные лица, ежегодно проходят обучение по безопасному выполнению работ на электроустановках, знания оценивают в форме устного опроса, с присвоением группы по электробезопасности. В цехе №2 установлена Группа электробезопасности I.

По категории тяжести труда группа IIб, согласно СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или)

безвредности для человека факторов среды обитания": температура, влажность и тепловое облучение на участке в пределах допустимых норм.

Согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности», цех №2 относится к категории «В4», так как в цехе обрабатывают магний, который относится к огнеопасным веществам, вещество может спонтанно воспламеняться при контакте с искрой в мелкораздробленном состоянии.

Для предотвращения пожара в цехе:

1. Проводятся профилактические мероприятия, инструктажи рабочих.
2. В каждом цехе предусмотрены меры эвакуации: запасные выходы, пожарные проходы, планы эвакуации.
3. Присутствуют средства пожаротушения.
4. Для быстроты оповещения о начале пожара используется система пожарной сигнализации, через местную связь (радиосвязь).

Рассмотренный объект, относится к объектам III категории, незначительно оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрели такие аспекты, как анализ вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса на рабочем месте, при изготовлении детали «Радиатор», проанализировали влияние исследуемого объекта на окружающую среду, также охарактеризовали вопросы обеспечения экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Исходя из полученных данных, цех №2 соответствует всем требованиям для реализации разработанного технологического проекта.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе была выполнена модернизация конструкции герметичного медного радиатора, используемого в системе охлаждения на подводных лодках.

Выполнен подбор материала для снижения удельного веса детали без снижения качественных показателей.

Добились определения напряженно-деформированного состояния герметичного радиатора при давлении 20 АТМ под действием внешней нагрузки и проектировании его формы по результатам исследований, согласно техническому заданию.

Произведена полностью корректировка технологического процесса изготовления герметичного радиатора из алюминия. Разработана технология исключающая разбухание стенок радиатора при гидравлических испытаниях. Исключили недостатки существующей конструкции, изменили способ сверления на использование цельнолитой конструкции с помощью литья.

В среде SolidWorks Simulation произведён анализ исходной и модернизированной конструкций герметичного радиатора.

В разделе финансового менеджмента и ресурсоэффективности были выполнены расчёты затрат на проектирование в соответствии с графиком выполнения проектных работ. Расчёт по определению экономической эффективности имеет положительный результат.

В разделе социальной ответственности был произведён анализ возможных вредных и опасных факторов, а также разработаны способы их устранения. Рассмотрели наиболее вероятную ЧС на предприятии, которая может возникнуть в результате изготовления алюминиевого литого радиатора.

Список использованных источников

1. ГОСТ 1173-2006, Международный стандарт. Фольга, лента, листы и плиты медные. Электронный текст документа подготовлен АО "Кодекс" и сверен по: официальное издание, М.: Стандартиформ, 2007. 473 с.
2. Игнатьев М.В. Разработка обучающих задач прочностного анализа в САЕ системе: магистерская диссертация. - Тольятти: Тольяттинский государственный университет, 2018.- 71 с.
3. Третьяков А.В, Зюзин В.И. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением: Справочник. М.: Металлургия, 1973. 224 с.
4. Полухин П.И., Гун Г.Я., Галкин А.М. Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов: Справочник. М.: Металлургия, 1976. 487 с.
5. Отличительные особенности медного и алюминиевого радиатора. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://sakhkor.ru/materialy/chto-luchshe-otvodit-teplo-med-ili-alyuminij.html> (Дата обращения 29.06.2021).
6. Медь М1: состав, характеристики, применение медного сплава М1 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://ntcm.ru/info/med-m1/> (Дата обращения 29.06.2021).
7. Подскребко, М. Д. Сопротивление материалов: учеб./М.Д. Подскребко. – Минск: Выш. шк., 2007. – 797 с.
8. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 30.04.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.05.2021)// Собрание законодательства РФ. - 07.01.2002. - № 1 (ч. 1). - Ст. 3
9. Сегерлинд, Л.Дж. Применение метода конечных элементов./ Сегерлинд Л. Дж. – М.: Мир, 1979 г. – 304 с.
10. Воронцов, А. Л. Теория и расчёты процессов обработки металлов давлением, в двух томах / А. Л. Воронцов – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014 г. - 55 с.
11. Филимонов, В. И. Теория обработки металлов давлением / В. И. Филимонов, О.В. Мищенко – Ульяновск: УлГТУ, 2012 г. – 208с.

12. Алфёрова Е. А., Першина М. А. Модернизация конструкции и технологии изготовления герметичного радиатора, являющегося составной частью системы водяного охлаждения электро и радиоэлементов //Современные проблемы машиностроения: сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции, г. Томск, 25-30 октября 2021 г. – 2021. – С. 274-275.
13. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие/ И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
14. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ С.В. Белов, А.В. Ильицкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ.ред. С.В. Белова. 7-е изд., стер.-М.:Высш.шк., 2007. - 616 с.: ил.
15. Безопасность жизнедеятельности: практикум / Ю.В. Бородин, М.В. Василевский, А.Г. Дашковский, О.Б. Назаренко, Ю.Ф. Свиридов, Н.А. Чулков, Ю.М. Федорчук. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. — 101 с.
16. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» ВКР магистра и специалиста всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – 24 с.
17. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология для инженера // под ред. проф. В.Ф. Панина. – М.: Изд. Дом «Ноосфера», 2000. – 284 с.
18. Kulkarni D.P., Das D.K. (2005). Analytical and numerical studies on microscale heat sinks for electronic applications. *Appl. Thermal Engineer.* 25 (14-15), 2432-2449.
19. Ekpri M., (2019). Finite element analysis of the effect of fin geometry on thermal performance of heat sinks in microelectronics. *Appl. Sci. Environ. Manage.* 23 (11), 2059-2063.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Research part on the choice of material for a sealed radiator of the cooling system for electrical and radio elements, calculations performed in SolidWorks in order to change the design

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM01	Першина Мария Александровна		14.03.2022

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Алфёрова Е.А.	канд. физ-мат. наук		14.03.2022

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сыскина А.А.	канд. филол. наук		14.03.2022

1.1 Research part

1.1.1 General characteristics of the radiator

To improve the design of the radiator, it is necessary to achieve the reliability and quality of the product, perhaps using a new material to get the maximum result for the implementation of the technical specification. Significantly decrease the cost of the product, reduce the likelihood of defects and the manufacturing time of the radiator.

For 20 years the defense enterprise JSC "NPC "Polyus" has been manufacturing a leak-proof copper radiator, which was used for submarines, with the test pressure hermeticity index of 10 ATM. Last year, the company received a new production task, which was to solve the task, using a radiator withstanding a pressure of 20 ATM.

The radiator under study has the following manufacturing steps:

- during the design of the radiator all the technical specifications are fulfilled: geometric models and drawings are developed, optimization and calculation processes are described;
- at the stage of production planning: the bill of quantities for the radiator is described in detail, the technical, design and route documentation, the technology of the product by operations, used on special programs for CNC machines; the technology of the volumetric installation and assembly of the product, as well as quality control and testing is prescribed;
- directly in the manufacturing process of the radiator, carry out: operational and scheduling planning; make approximate schemes and schedules of delivery by shops and sections of the assembly units; purchase components, including ERY and materials, passing the incoming inspection; machining process and other required types of processing; control by the result of the processing of the product; assembly; testing and final inspection. The preservation of the product and packaging is performed;
- the final stage is the transportation of the manufactured finished product to the consumer, its installation and commissioning.

Hermetic radiator with water cooling reduces the influence of temperature on the operating parameters of the device, so that they are less heated.

To explore the modernization of the product design and improve its quality performance, for us the most suitable option is to change its design parameters. But for this option appear some disadvantages - for example, the weight and size of the radiator increases, and this can complicate the installation of the device, the radiator increases in price. The price increases in proportion to the amount of material used to manufacture the product.

Based on this, let us analyze the original version of the copper radiator, the modified design of the copper radiator and aluminum cast radiator and their manufacturing technology. We will conduct tests, taking into account all changes depending on seasonal temperature values, pressure surges, vibration loads at the stage of commissioning, preservation of corrosion resistance of the metal structure, with varying relative humidity. Using the principle of CAD system and SolidWorks Simulation finite element method, we will prove the effectiveness of the product.

1.1.2 Materials for manufacturing pressure radiators

To select the radiator material, you need to focus on certain criteria: the area of the working surface of the radiator and the shape of the cooling unit. These characteristics, by their properties, affect the heat dissipation. Material from which radiators of electrical and radio elements are made is usually aluminum or copper.

Copper radiators have a better heat sink, have better thermal conductivity. But radiators based on aluminum (its alloys), have the best price/quality ratio.

Consider the advantages and disadvantages of these two types of radiators:

The difference in weight. In the manufacture and design of certain radiators with internal cooling in most cases, tubes of different diameters are used, depending on the configuration of the product. Copper is heavier, the wall thickness of the copper tube is thinner than that of the aluminum tube. This figure reduces the operating life of the product, has poor vibration resistance. Because of the small weight, the aluminum radiator is less susceptible to impact and wear and tear due to vibration;

By leakage process. A copper radiator is less likely to leak. Frequent leaks, contribute to the frequent repair of aluminum radiators;

Relatively long life of the aluminum radiator, high reliability and resistance to

water hammer;

Corrosion effect. Copper and aluminum radiators are subject to corrosion, if not covered with special agents against oxidation;

Thermal conductivity. Copper has the highest coefficient of thermal conductivity of all metals, greater only for silver. Aluminum radiators have a relatively low thermal conductivity of the material, but it is compensated by the high capacity of the final product;

Table 1.1 Thermal Strenght of materials

Name of materials	Termal Thermal resistance in “termal thermal Ohms”	Name of materials	Termal Thermal resistance in “termalthermal Ohms”
Water	170	Brick	160
Aluminium	0.50	Lead	3
Iron	1.20	Copper	0.24

Aluminium = 0.5, copper = 0.24.

So, the thermal conductivity of copper is 401 W/(m*K) and aluminum is 202 to 236 W/(m*K).

The heat capacity of copper, is higher than that of aluminum (Table 1.2);

Table 1.2 - Table comparing the heat capacity of aluminum and copper:

t, °C	Aluminum, J/(kg*grad)	Copper, J/(kg*grad)
27	903.7	385
127	951.3	397.7

The antiseptic property of copper stops the formation of bacteria and microorganisms in the heating system;

Copper is a soft metal, it can easily be damaged during installation;

Metal prices. The cost of copper in the market is very high.

1.1.3 Principle of copper radiator and its application

The application of the sealed copper radiator is a cooling system. Which by the principle of its operation must be efficient and reliable. The system uses distilled

water as a coolant. In this system, the heat is first transferred to the water, unlike air cooling systems, where the heat is transferred directly to the air.

Distilled water, circulates through the multi-channel shape of the radiator and creates turbulent motions that contribute to better heat dissipation. And the fins give additional heat dissipation to the heated water into the environment.

The heated liquid is pumped into the original tank, from where the water is drawn and cooled down naturally. This process is infinitely cyclic. The removal of excess heat from the coolant in the radiator is due to the high thermal conductivity and rapid spread of heating energy throughout the volume of the product.

In our case, the radiator cooling system, occurs by liquid, this system includes heat pipes as a special type of tubes. They are used as a means of increasing the heat transfer in the system. When they are heated, the coolant evaporates, providing a heat sink from the semiconductor device being cooled. As a consequence, hot vapor is generated, which rises freely up the inner surface of the tube to the heat sink, where it cools and becomes a liquid again, due to its structure being absorbed by the tube walls and flows to the hot heat sink. This cooling system has a huge disadvantage - the slightest coolant leak can lead to complete failure of the entire system.

The object under study - a radiator, made of copper plate, sheet M1, GOST 1173-2006 - is the production of nonferrous rolled metal, namely, hot rolled sheet, of rectangular cross section, with increased accuracy of production along the length (XX), soft state metal alloy. In the original product we have an assembly unit, consisting of 2 halves of the radiators (picture 1.1): radiator 1 with the dimensions of 306 mm * 216 mm and a thickness of 20 mm, weighing 5,6 kg, radiator 2 (cover) of the same dimensions, a thickness of 12 mm weighing 3,2 kg. The total weight of the assembly unit is 8.8 kg, manufactured according to GOST 931-90, from copper grade M1.

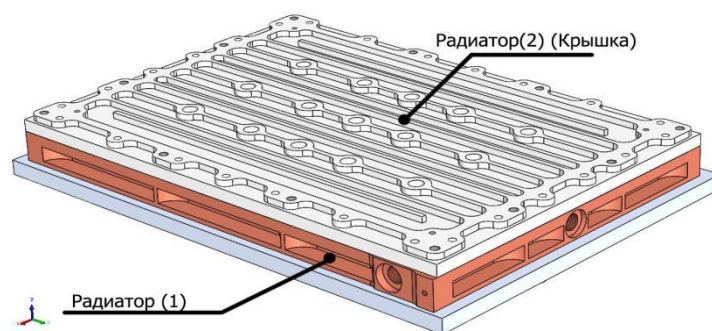


Figure 1.1: Copper radiator assembly

Copper grade M1 is the purest copper (according to GOST 859-2001, the content of pure copper is not less than 99.90%). Copper is well processed by pressure in both cold and hot condition and is little sensitive to changes in low temperatures. The remaining mass fraction is composed of impurities of bismuth, iron, nickel, tin, zinc, antimony, arsenic, lead, sulfur, oxygen, phosphorus and silver. It is interesting that even a small amount of impurities can drastically reduce the electrical properties of copper, which in turn makes it impossible to process, worsens consumer and technological properties. That is why the content of impurities is strictly regulated by domestic and foreign standards .

Copper cover, which is part of the radiator assembly unit is connected by bolts to the radiator. The cover is made of the same material as the radiator, otherwise there would be a chemical reaction, which led to the corrosion of cooling system elements. The weight of the complete copper radiator is 10 kg.

To solve the technical task of changing the number of ATM fed from 10 to 20 ATM, we will be interested in all the technological properties of copper, which can include the resistance to deformation, plasticity, fluidity indicators.

We are dealing with a product that is used in submarines. Since the operation of the radiator can take place in the most extreme conditions: temperature and pressure fluctuations, the radiators of this brand should not change their properties, such as thermal stability, toughness, strength, plasticity, under any circumstances.

To calculate the change in the design of the radiator, the principle of operation of the SolidWorks Simulation finite element method was used, which took into account the mechanical (table 1.3), physical, chemical (table 1.4) properties of the metal - yield strength, strength, elasticity, Poisson's ratio.

Table 1.3 - Mechanical properties of copper

For copper grade M0	$\sigma_{\text{®}} = 230 + 8\varepsilon_{\%}^{0,72}, \text{MPa}$
	$\sigma_{0,2} = 75 + 56 \varepsilon_{\%}^{0,41}, \text{MPa}$
	$\text{HB} = 55 + 11\varepsilon_{\%}^{0,44}$
For copper grade M1	$\sigma_{\text{®}} = 250 + 15\varepsilon_{\%}^{0,58}, \text{MPa}$
For copper grade M4	$\sigma_{0,2} = 80 + 46 \varepsilon_{\%}^{0,45}, \text{MPa}$
	$\sigma_{0,2} = 80 + 297 \varepsilon_{\%}^{0,34}, \text{MPa}$

Table 1.4 - Physical parameters of copper

Atomic weight	12
Crystal lattice	face-centered cubic
Periods of lattice, A	3.6080
Density, g/cm ³	8.94
Atomic volume, cm ³ /g-atom	7.21
Melting point, °C	1083
Boiling point, °C	2595
Specific heat capacity at 20°C, kal/cm ² deg	0.0915
Thermal conductivity at 20 °C, kal/cm ² deg	0.984
Specific weight of copper	8.93, g/cm ³
Specific heat of fusion of copper	42, kal/g
Coefficient of linear expansion of copper (at about 20°C)	16.7*10 ⁶ , (1/grad)
Specific resistance of copper at 20°C	0.0167, Ohm*mm ² /m

1.1.4 Technological process of the radiator manufacturing

According to the design documentation of the technological process, copper

radiator No.1 and radiator No.2 (copper cover) are manufactured in the CNC-controlled area. The manufacturing process begins with of copper, machining with milling machines FU-450 and CNC machines SMW-850 (excess metal is removed by milling to form various ribs, holes and other elements).

Wear-resistant coating is applied, because the liquid, which goes through the radiator channels,, exposes it to corrosion.

For the supply of coolant into the technological holes of the radiator fittings are glued. As the liquid is used - distilled water.

Subsequently, these products go to the clean area of the volumetric mounting area.

In the assembly area, these parts are bolted together into an assembly unit. Bolts, pour sealed adhesive in a uniform continuous layer for 72 hours until tested. Next, the assembly unit is tested for leaks.. The radiator with cover is completely filled with distilled water at a water temperature of 6-20°C. When the distilled water fills the radiator, the air is removed completely. During testing, the temperature difference between the ambient air and the radiator walls must not cause condensation on the surface of the walls.

The radiator is tested with pressure (20+/-1) kGc/cm² for 10 minutes, the pressure during this time must rise smoothly and not drop. If the radiator withstood the test pressure, the pressure is reduced to the calculated pressure, the entire outer surface, the detachable and connecting parts are carefully inspected. During our pressure experiments, the radiator assembly leaked, and the tests ended up with the radiator being defective.

Due to the high performance of copper, the radiator was repeatedly disassembled in order to understand the cause of the leaking assembly. Again the radiator was assembled and tested. Measurements were made with a manometer GOST 2405-88. The radiator was considered to have passed the test with hydraulic load if it did not show: pressure drop on manometer, visible residual deformations, cracks, leakages, sweat in the welded joints on the base metal.

When the pressure on the radiator was increased from 10 to 20 ATM, the assembly (copper cap + copper radiator) broke the seal and the coolant flowed out.

1.2 Modeling of the stress-strain state of the radiator at a pressure of 10 ATM, taking into account the bolted joints using SolidWorks Simulation software package

When a new customer requirements arose, there was a need to change the design of the radiator. Simulation of the stress-strain state of the radiator at a pressure of 10 ATM with bolted joints using SolidWorks Simulation software package.

SolidWorks Simulation is a finite element method, which is a numerical method for solving differential equations. The method has been applied to the problems of hydromechanics, in particular, to the problems of fluid flow in a porous medium. The impact of external forces on the behavior of the structure can be easily estimated using the finite element modeling method. This allowed companies to improve the quality of the manufactured product, reduce processing time and cost, and made it competitive.

Figure 1.2 considers a three-dimensional model of a copper radiator with a cover, in order to further simulate its stress-strain state at a pressure of 20 ATM.

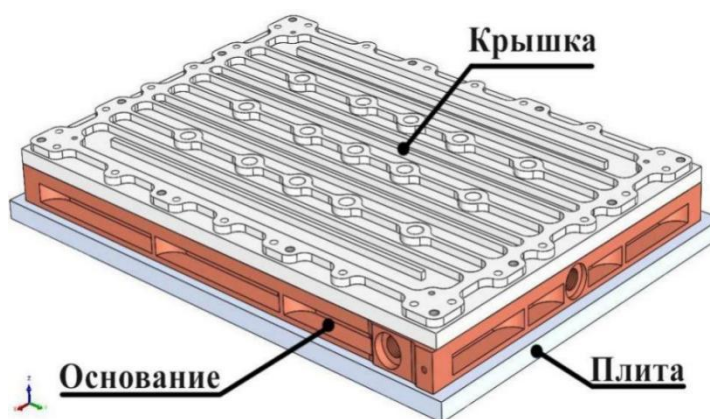


Figure 1.2 - Three-dimensional model of the radiator

In order to obtain a more reliable solution, the boundary conditions are set as close as possible to the boundary conditions that during the tests. The modeling took into account the bolted connection of the two halves of the radiator, its already assembled assembly. The load was set on the inner surfaces of the radiator cover and radiator base.

In full-scale tests, the radiator was not fixed, so in the three-dimensional model there is a plate, which acts as a "support" on which the radiator is located. The plate is rigidly fixed. The boundary condition between the contacting parts (base cover and plate) is set by the contact "without penetration".

Finite element model of the radiator with the slab is presented in figure 1.3. The convergence of stress results from the number of finite elements in the model was investigated. The optimal number of elements is 232,196 and nodes 382,278.

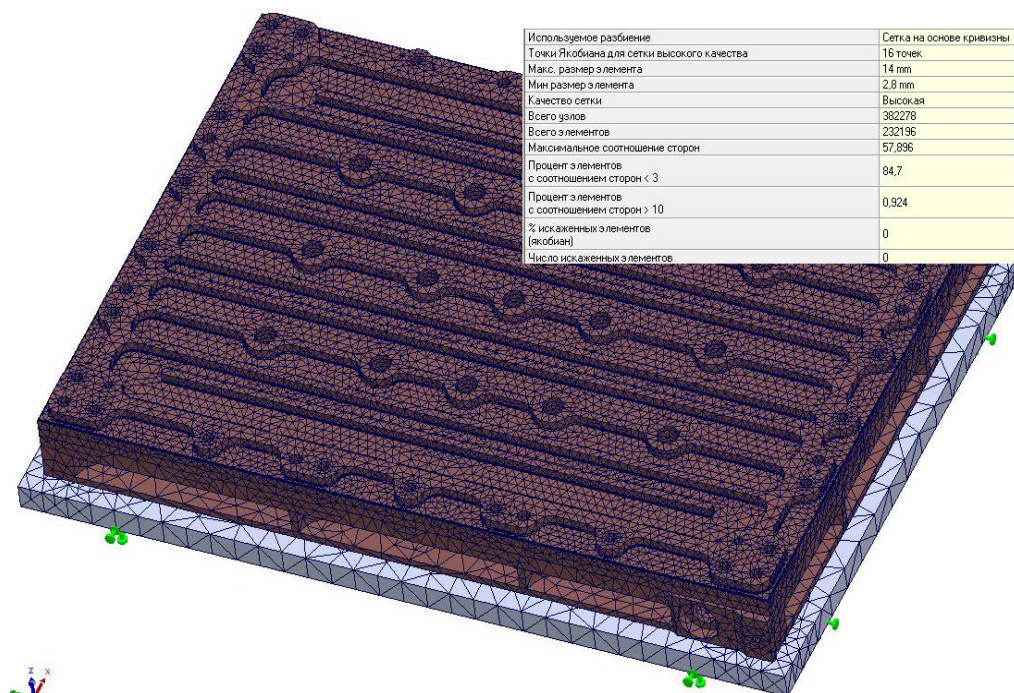


Figure 1.3 - CEM model of the radiator

2.1 Study of the material properties of the manufactured radiator

The mechanical properties of the material depends on the reliability and durability of structures and elements. The main ones are: strength, elasticity, ductility, tendency to brittle failure, hardness.

The main parameter of solid bodies is strength. Strength can be used to determine the ability of the body to withstand the action of loads from the outside without breaking.

Under flexibility material refers to its ability to recover its initial shape after external loads are removed. The elastic limit is the maximum stress at which plastic

deformation does not yet occur and the material retains its flexibility .

Plasticity is the opposite property of the material to elasticity and is characterized by permanent deformation. It is the ability of the metal to change its shape under load without fracturing and to retain its deformed state after the load is removed.

The ability to fracture without appreciable plastic deformation, during small deformations, is called brittleness.

The hardness of a material refers to the ability of materials to resist plastic and elastic deformation or fracture when another body, an indenter of a harder material, penetrates it, over the entire range of loading, from the point of contact with the surface to the point of indentation to the maximum depth. The higher the static strength of the material, the greater its hardness.

The purpose of studying the fracture process is to modernize already existing materials and ways to create them, to establish the basic principles of production of new types of materials in the enterprise.

Let's consider for two halves of copper radiator all physical characteristics that we spoke about above are presented in table 1.5. To to solve the problem in the area of modeling and making calculations of the design.

Table 1.5 - Physical characteristics of copper

Type of material	Model type	Yield strength, MPa	Tensile strength, MPa	Modulus of elasticity, MPa	Poisson's coefficient
Copper (annealed)	Including ductility	56	224	116 000	0,34

Simulation results:

Figures 1.4-1.6 show the distribution of equivalent (von Mises) stresses. As we can observe, the highest stresses are concentrated near the bolted joints with equivalent stresses exceeding the yield strength of the material.

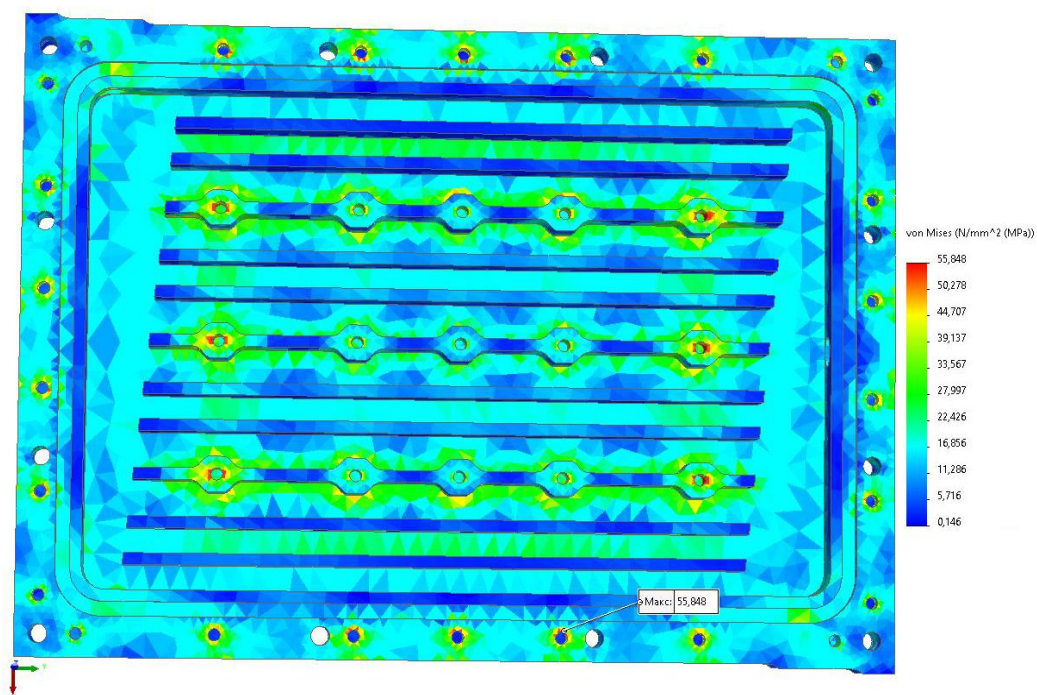


Figure 1.4 - Stress distribution von Mises, MPa, on the outer side of the radiator
base (1)

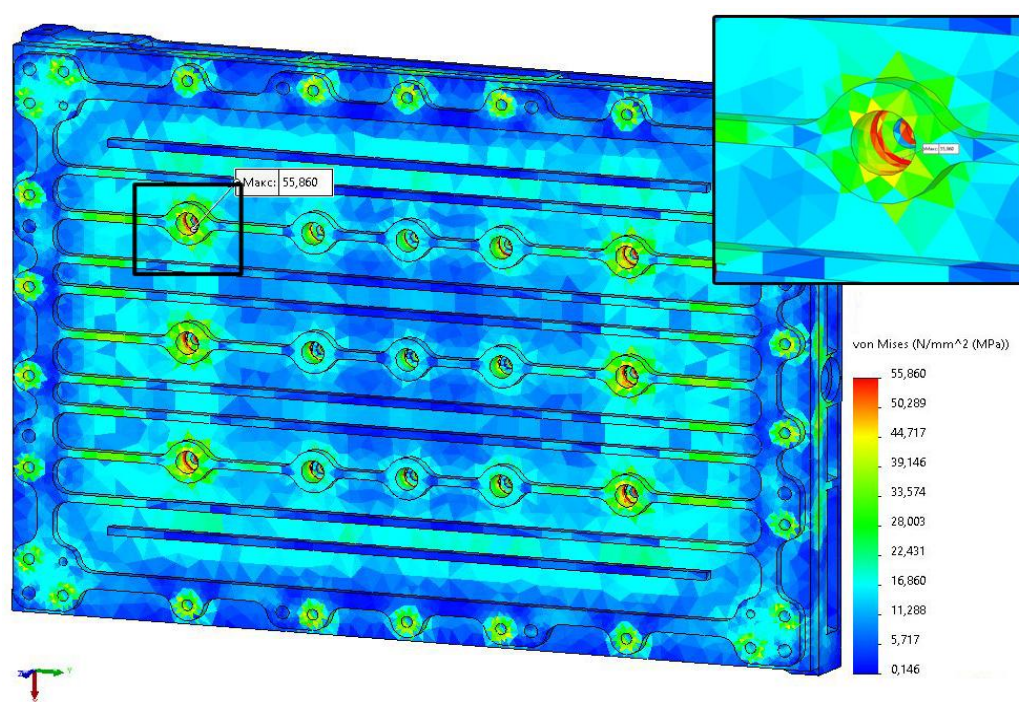


Figure 1.5 - Stress distribution von Mises, MPa, on the outer side of the cover
(radiator (2))

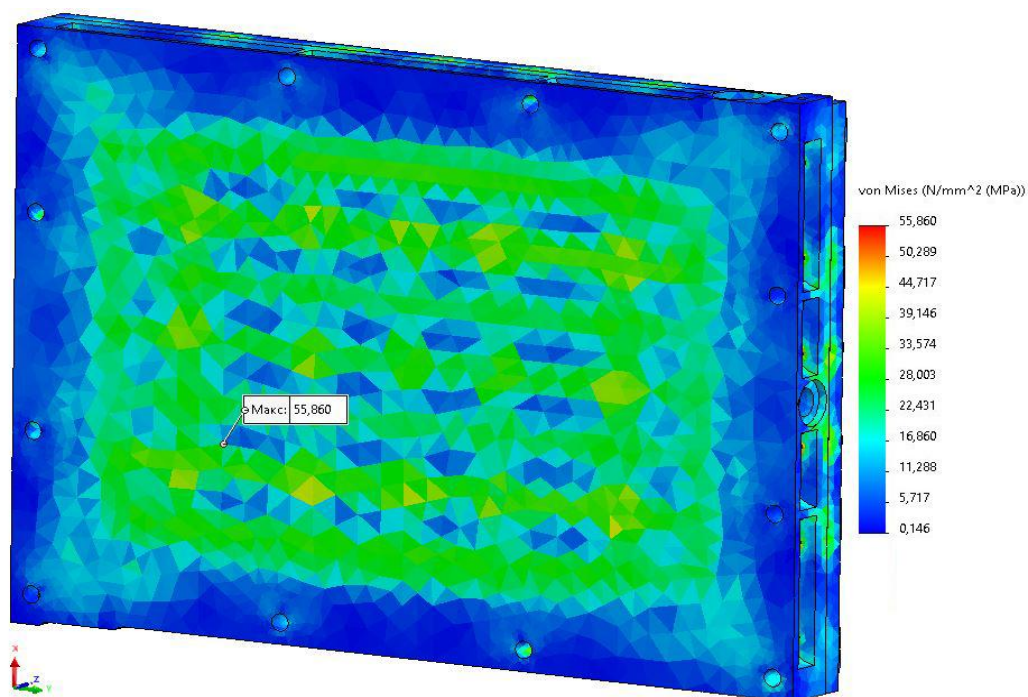


Figure 1.6 - Stress distribution von Mises, MPa, on the outer side of the radiator base

The equivalent plastic strain diagram shown in figures 1.7-1.10 reflects very necessary information.

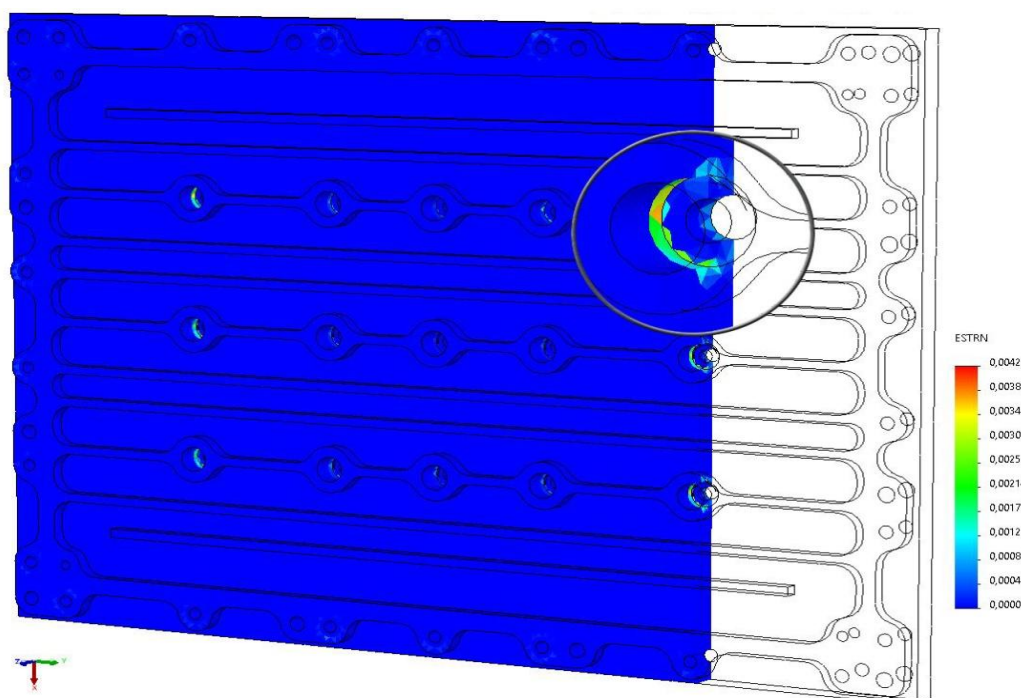


Figure 1.7 - Plastic deformation of the radiator cap

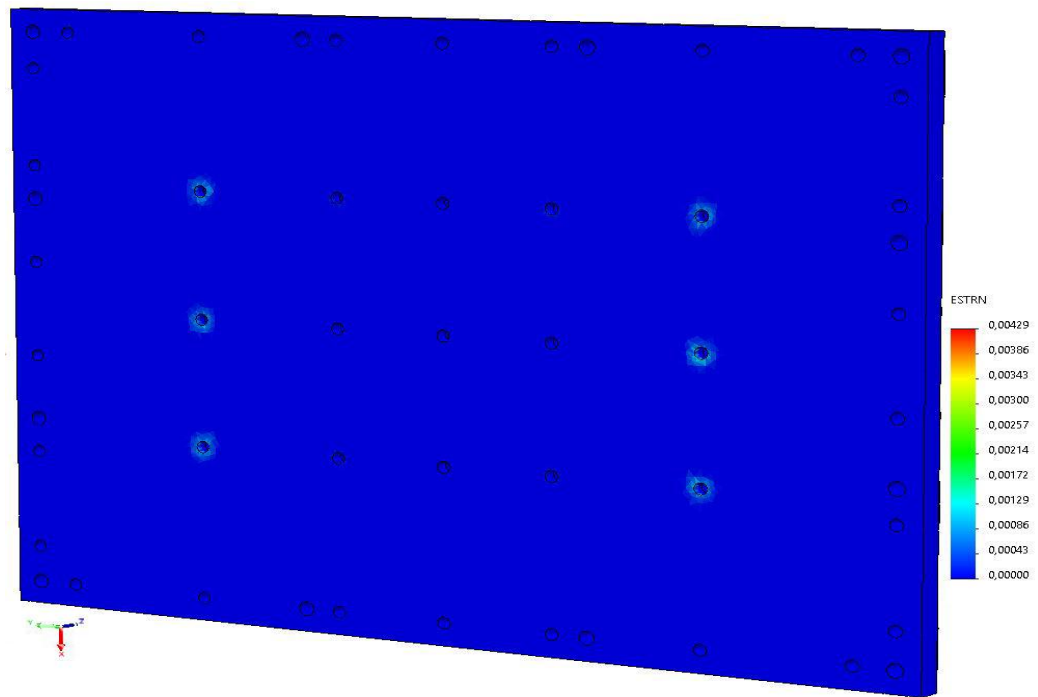


Figure 1.8 - Plastic deformation of the radiator cap (internal view)

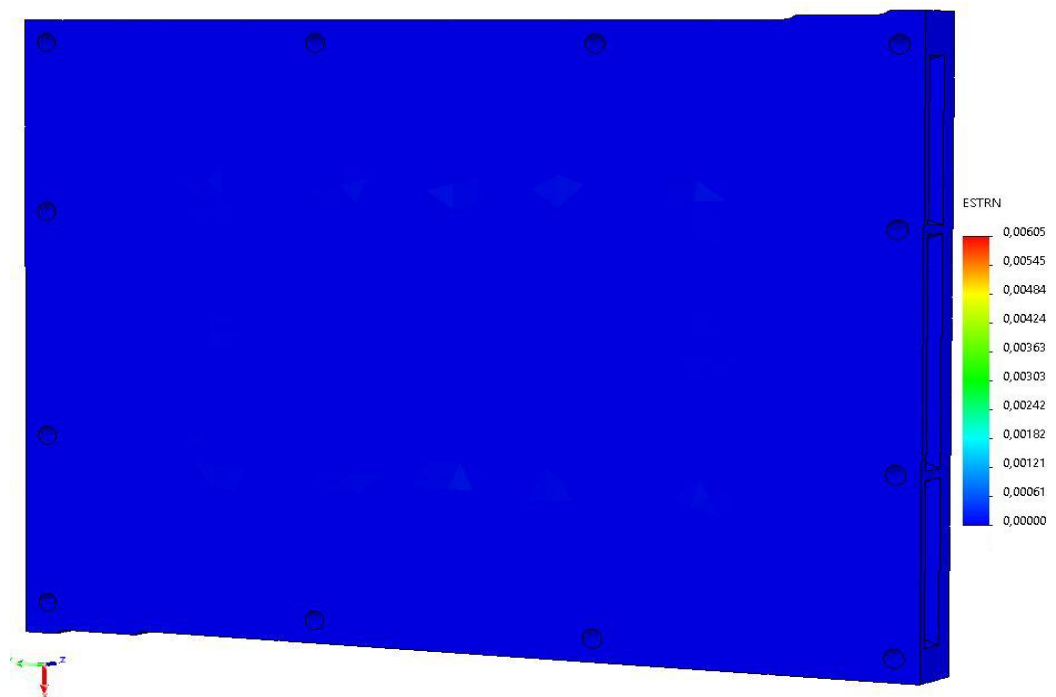


Figure 1.9 - Plastic deformation of the radiator base (external view)

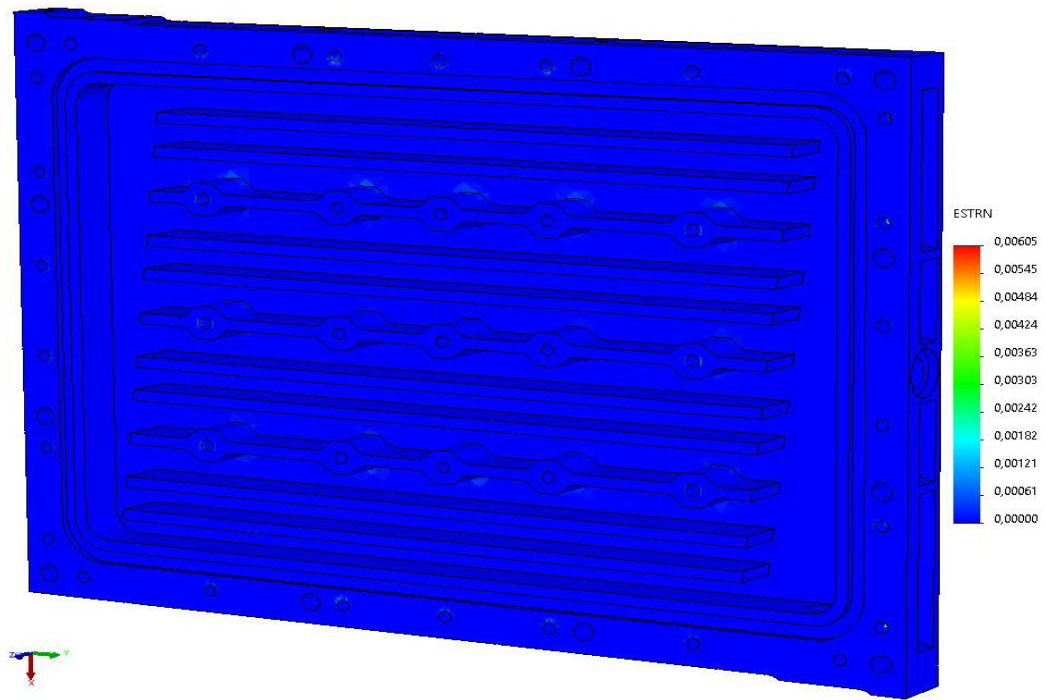


Figure 1.10 - Plastic deformation of the radiator base (inside view)

Considering the presented figures, it is clear that the greatest plastic deformation occurs in the radiator cover near the six bolt joints, located on the sides in the central part of the cover.

Yield strength safety factor is shown in Figures 1.11-1.14 ranging from zero to two. The minimum yield strength at the base of the radiator is greater than one. Less than one is the yield strength in the radiator cover at the center bolted joints.

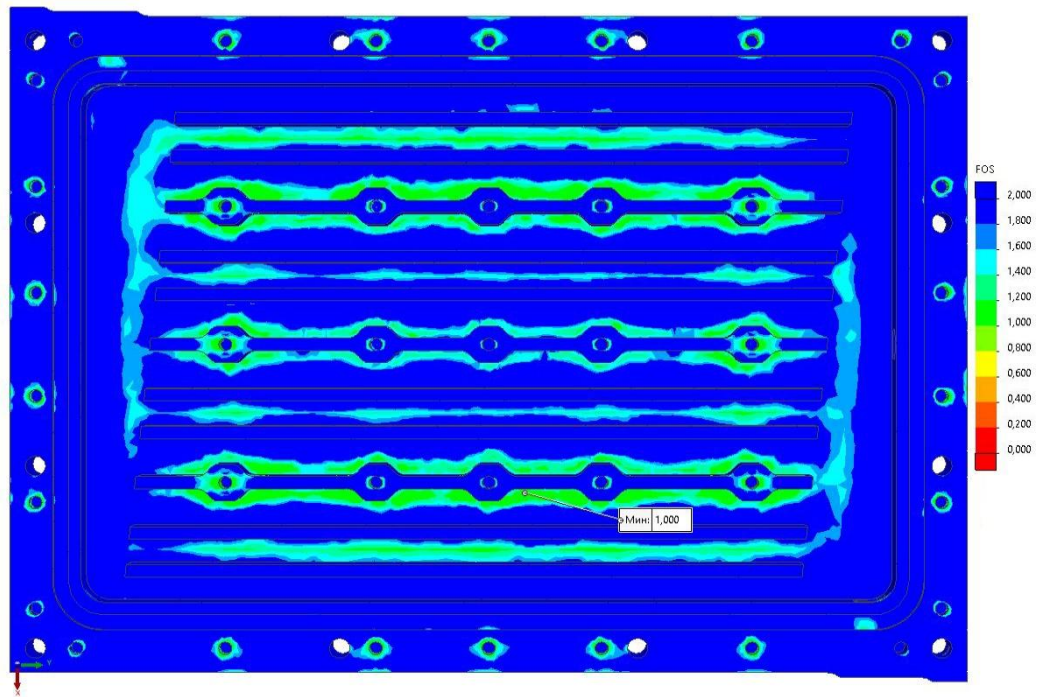


Figure 1.11 - Base yield strength coefficient

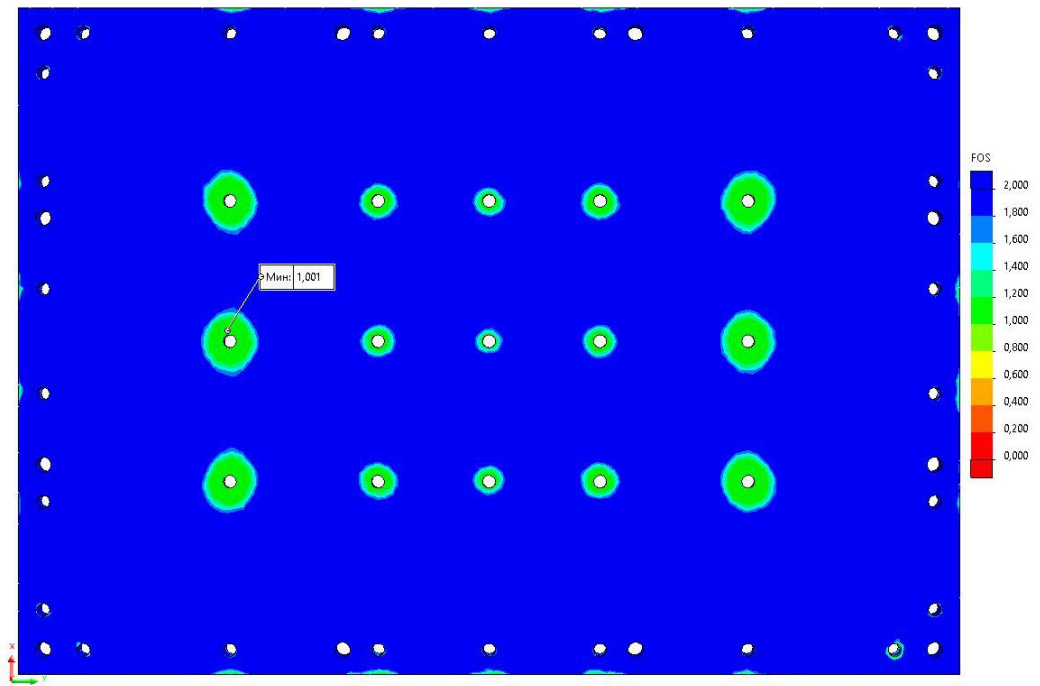


Figure 1.12 - Liability yield strength coefficient of the cover

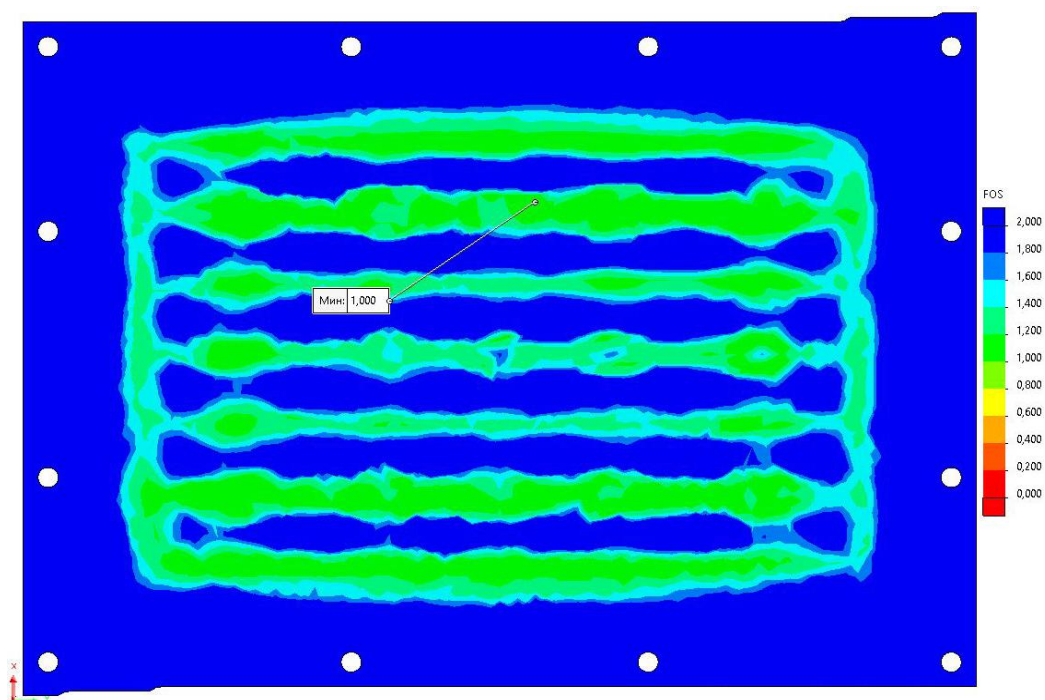


Figure 1.13 - Base yield strength coefficient

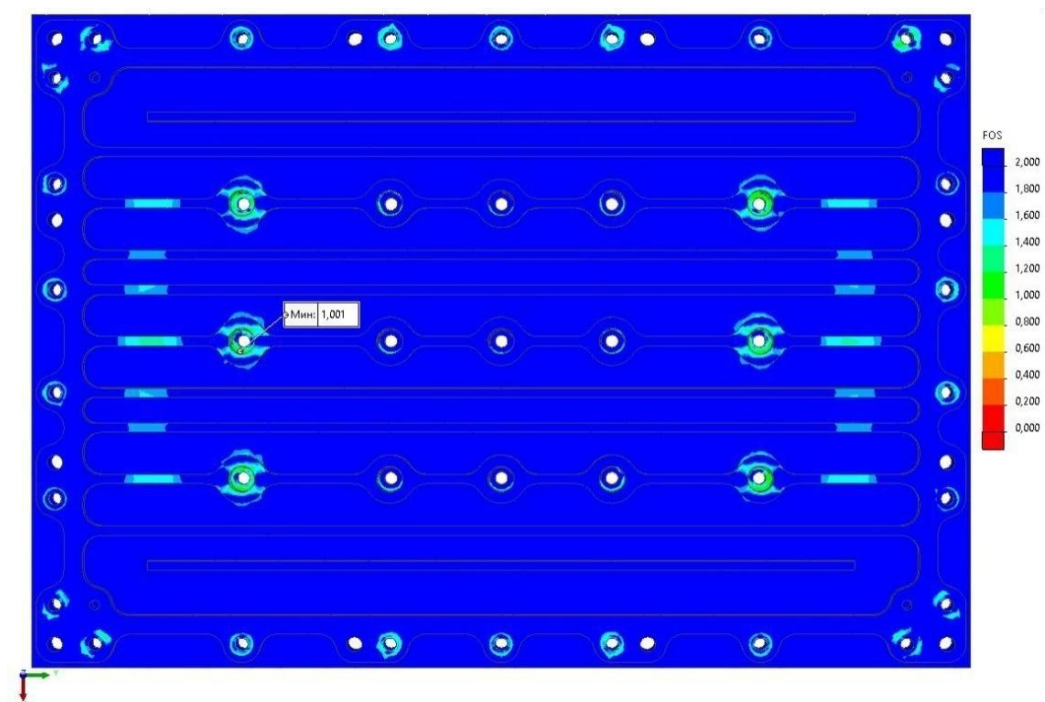


Figure 1.14 - Lap yield strength coefficient

Particular attention should be paid to the axial forces occurring specifically in the bolted joints. The program allows you to calculate them. The maximum axial force is 28 546 N. The ability to withstand such a load in a threaded connection has not been investigated.

A load of 20 ATM for a given radiator configuration is the limit, since plastic deformations occur in the model, which is not allowed.

Thus, it is necessary to alternate the design of the copper radiator without changing its physical and mechanical characteristics. Make it monolithic and apply the cross-drilling technology. This will eliminate the plastic deformation that was at the bolted joints. This solution will also reduce labor costs for the product due to the use of a single structural element. Reinforce the areas on the radiator cover shown in Fig. 1.15 with stiffening ribs.

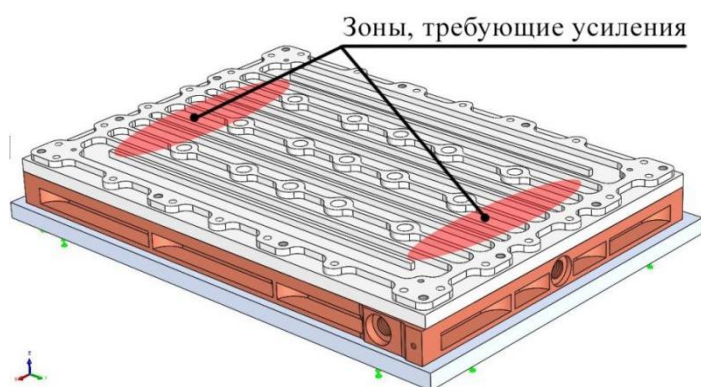


Figure 1.15 - Areas to be reinforced

Consider the need for a one-piece design of the radiator model with cross deep drilling, thereby replacing the previous design completely (see Appendix 2).

Also the proposed structural solution should allow to improve performance characteristics, namely to increase the working pressure to the required atmospheres and exclude leaks in the places of bolted connections.

We make a completely new construction with exactly the same technical specifications from M1 plate of 25 mm thickness and 306 mm*216 mm dimensions. Completely replacing the structure previously designed from two radiator halves (Figure 1.16).

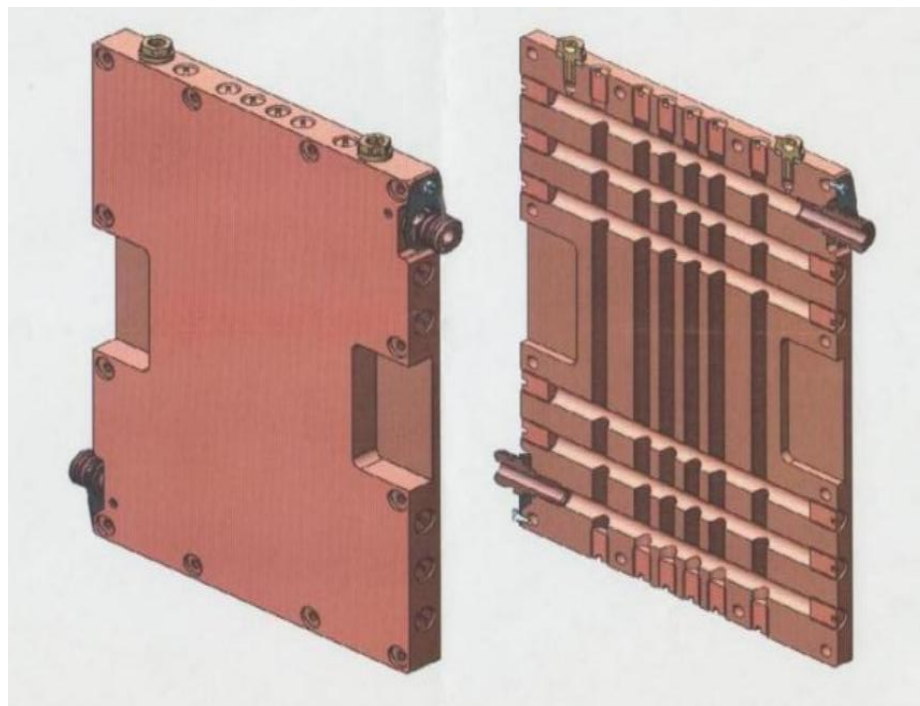


Figure 1.16 - Modernized copper radiator

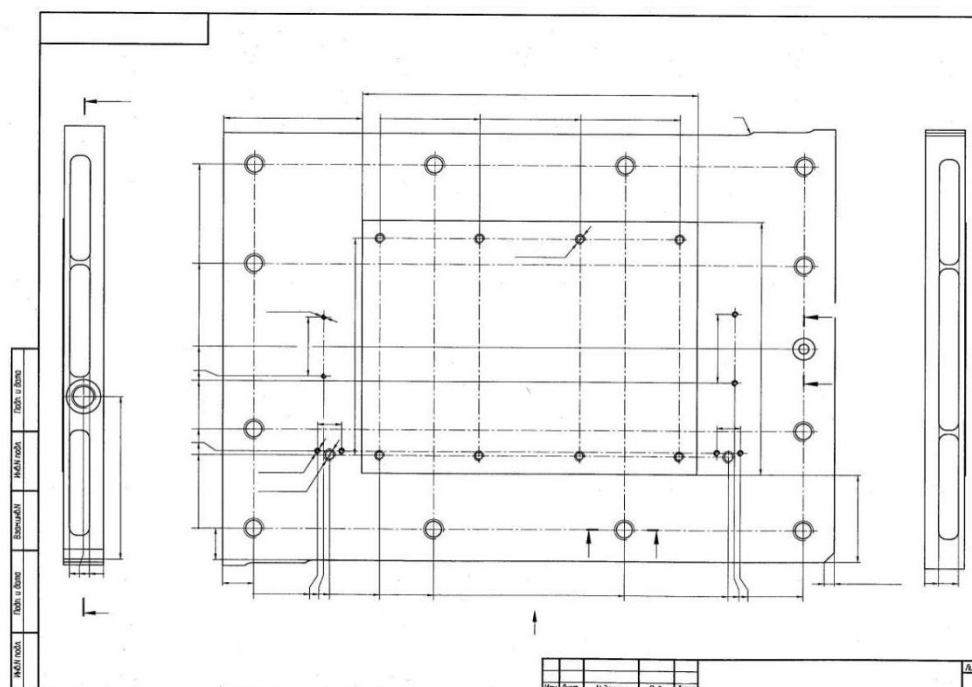
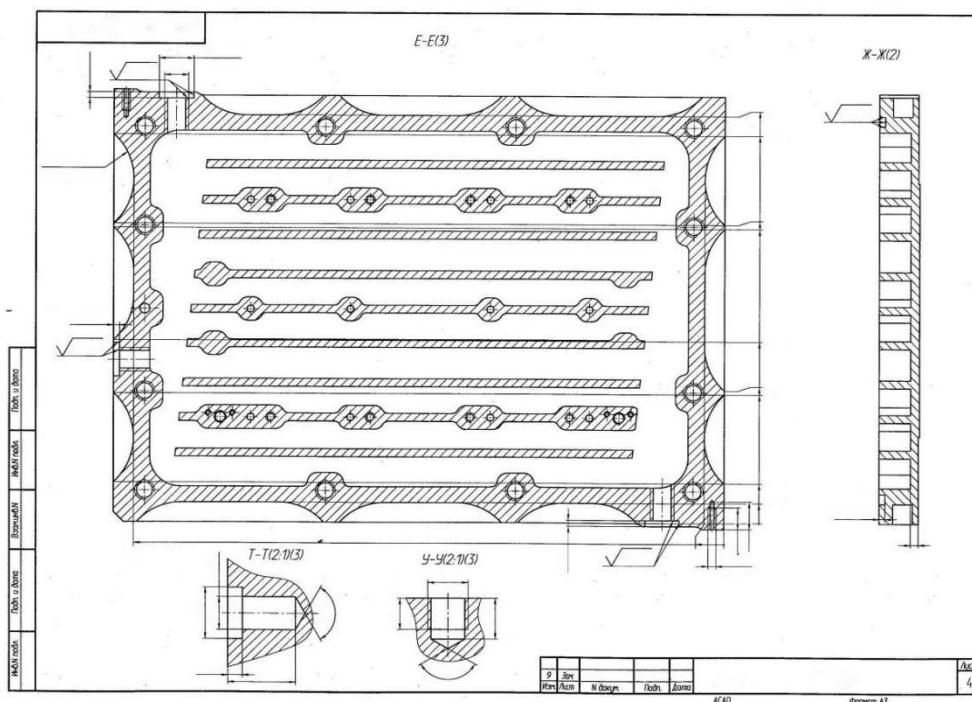
Using high-precision equipment, we add channels running through the entire surface of the radiator by cross-drilling deep holes through which the fluid should flow. We close 20 of the holes with plugs, and screw in 2 of the holes with 2 nipples. The liquid flowing into such a radiator already covers the largest area for cooling the radio elements. The mass of the product of this design has increased to 10 kg.

Such a radiator practically meets all technical requirements: no leaks and bloat, due to the monolithic sealed construction. But unfortunately, the price of such a radiator at the moment is rather high 1680 rub/kg. And the cost of the order is increasing, which is not competitive in the enterprise market. To win the auction for the project order, it is necessary to reduce the cost, it was decided to consider the second type of radiator made of aluminum 532 rub/kg, corresponding to our technical specifications and requirements.

Приложение Б.1

(рекомендуемое)

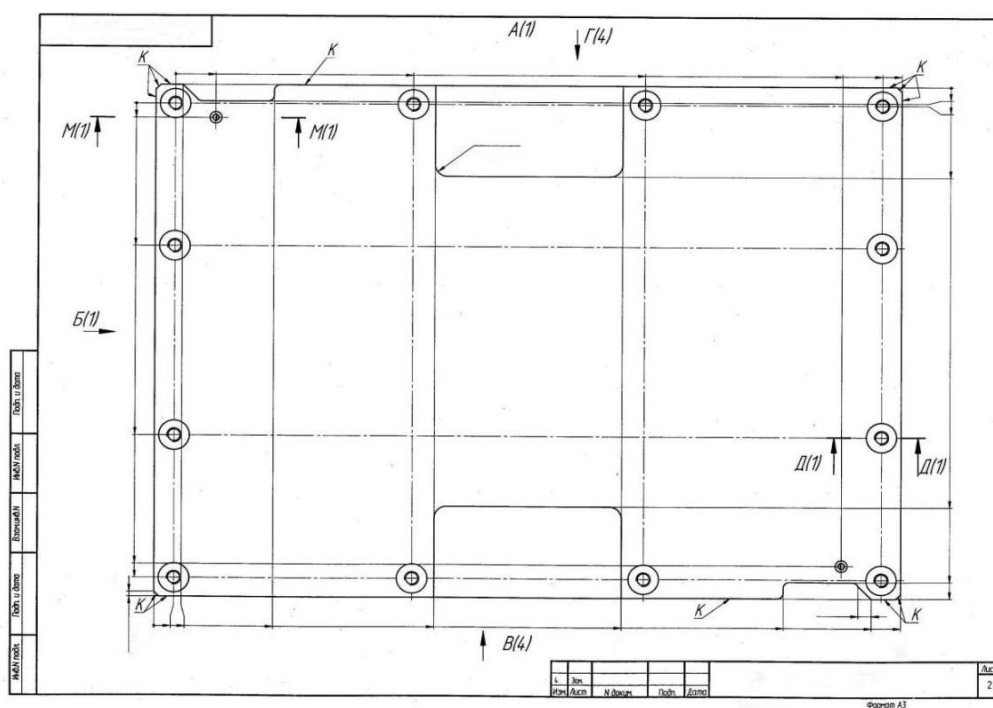
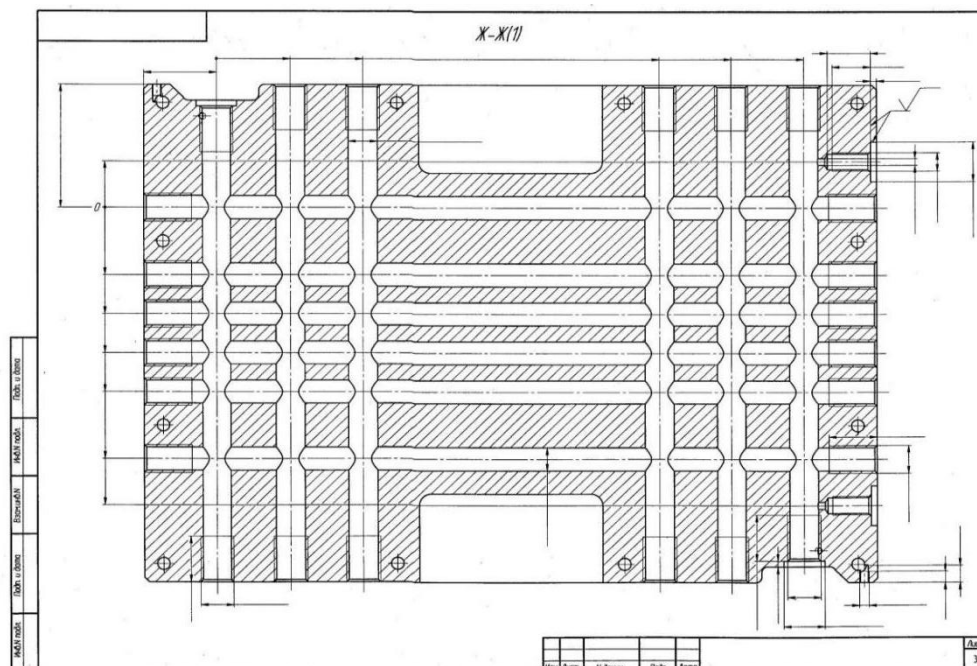
Эскиз медного радиатора до модернизации



Приложение Б.2

(рекомендуемое)

Эскиз модернизированного медного радиатора



Приложение Б.3

(рекомендуемое)

Эскиз модернизированного алюминиевого радиатора

