

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
 Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Численная симуляция работы ГрАТ 350/40

УДК 621.671.:004.9

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е41	Турабеков Руслан Ильдарович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Павлов М.С			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Трубникова Н.В.	д.и.н.доц.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина М.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Манабаев К.К.	к.ф.-м.н		

Планируемые результаты обучения ООП

Код Результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Общекультурные компетенции		
Р1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук для обеспечения полноценной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1; ОК-9; ОК-10)1, Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.	Требования ФГОС (ОК-7; ОК-11; ОК -13; ОК-14, ОК-15), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2, п. 5.2.8 , п. 5.2.10), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.	Требования ФГОС (ОК -5; ОК -6; ОК -8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, уметь проявлять личную ответственность.	Требования ФГОС (ОК-4; ПК-9; ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на нефтегазовых производствах.	Требования ФГОС (ОК-2; ОК-3; ОК-5; ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.12; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, нефтегазового комплекса и в отраслевых научных организациях.	Требования ФГОС (ОК-14; ОК-15; ОК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.13), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Профессиональные компетенции		
P7	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в нефтегазовой отрасли, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной продукции.	Требования ФГОС (ПК-7; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов, деталей и конструкций	Требования ФГОС (ПК-1; ПК-3; ПК-26), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.5; п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

P9	Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.	Требования ФГОС (ПК-2; ПК-4; ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, п. 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Умение проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.	Требования ФГОС (ПК-18), Критерий 5 АИОР (п.5.2.4, п. 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий нефтегазового производства.	Требования ФГОС (ПК-6; ПК-12; ПК-14; ПК-15; ПК-24), Критерий 5 АИОР (п.5.2.3; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования.	Требования ФГОС (ПК-21; ПК-22; ПК-23), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P13	Готовность составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств,	Требования ФГОС (ПК-11; ПК-13), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный

	систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.	с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P14	Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.	Требования ФГОС (ПК-17; ПК-19; ПК-20; ПК-25), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4; п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P15	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в нефтегазовом производстве.	Требования ФГОС (ПК-8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.8; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 15.03.02. «Технологические машины и оборудование»
 Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

Манабаев К.К.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
З-4Е41	Турабеков Руслан Ильдарович

Тема работы:

Численная симуляция насоса ГрАТ 350/40	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1007/с от 08.02.2019
Срок сдачи студентом выполненной работы:	17.05.19

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<i>Пакет технической, технологической информации по технологиям эксплуатации центробежных насосов. Фондовая и научная литература</i>
--	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Описание, характеристики и назначение центробежных насосов. 2. Анализ динамики вала ЦН при разгоне двигателя. 3. Анализ собственных колебаний рабочего колеса и вала ЦН и напряженно-деформированного состояния вала и рабочего колеса ЦН 4. Финансовый менеджмент. 5. Социальная ответственность. 6. Выводы по работе.
---	---

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>
--

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Трубникова Наталья Валерьевна
«Социальная ответственность»	Черемискина Мария Сергеевна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Анализ работы центробежных насосов
Техническая эксплуатация рабочих колес в конструкции центробежного насоса
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
Социальная ответственность
Заключение

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	20.11.2018
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Павлов М.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е41	Турабеков Руслан Ильдарович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 91 страниц, 22 таблиц, 38 рисунка, 21 источник.

Ключевые слова: анализ, установка центробежных насосов, рабочее колесо, внедрение.

Объектом исследования является установка центробежный насос Грат 350/40.

Цель работы – Проанализировать историю разработки центробежных насосов и необходимость дополнительной модернизации в конструкции рабочего колеса. Проанализировать причины отказов центробежного насоса Грат 350/40. Выбрать наиболее оптимальную модернизацию рабочего колеса, которая повысит эффективность. В процессе исследования рассматривались вопросы повышения эффективности рабочего колеса ЦН, производим расчеты прочности вала.

В результате исследования сделан вывод о подборе оптимального рабочего колеса ЦН и анализ расчета прочности вала.

Область применения: Водоснабжение всех уровней и масштабов, перекачка технологических жидкостей на промышленных установках и между объектами производства. Циркуляция теплоносителя в системах отопления, централизованных или локальных. Циркуляция воды в стиральных и посудомоечных машинах. Орошение сельскохозяйственных посадок. Подача воды в поилки и перекачивание молока на продуктивных фермах. Циркуляция антифриза в системе охлаждения автомобильного двигателя и климатических установках.

Заполнение и осушение балластных цистерн на надводных судах и подводных лодках.

Нормативные ссылки

В данной выпускной квалификационной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 5152-84 Набивки сальниковые. Технические условия.

ГОСТ 12.0.003-74 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы».

ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».

ГОСТ 12.1.030-81 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление».

ГОСТ 11209-2014 «Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний».

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 - Предприятия, являющиеся источниками воздействия на атмосферу.

ОБОЗНАЧЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

ЦН – центробежный насос

ГрАТ350/40/II-14-1,6, ГрАК350/40/II-14-1,6:

ГрА - грунтовый насос с осевым входом перекачиваемой среды;

Т - двухкорпусной, с внутренним корпусом из износостойкого сплава;

К - однокорпусной с футеровкой корпуса из абразивного материала (корунда) на органической связке;

350 - подача, м³/час;

40 - напор, м;

II - номер опорной стойки;

14 - условное обозначение пониженной частоты вращения (номинальная - частота вращения не указывается);

1,6 - максимальная плотность перекачиваемой насосным агрегатом гидросмеси, уменьшенной в 1000 раз, кг/м³.

n – скорость вращения ротора;

n_s - коэффициент быстроходности;

J_0 - момент инерции стержня;

J_∂ - момент инерции диска;

$J_{\text{пр}}$ - момент инерции привода;

$J_{\text{дв}}$ - момент инерции ротора двигателя;

$J_{\text{вал}}$ - момент инерции вала;

$J_{\text{рк}}$ - момент инерции рабочего колеса без жидкости;

$J_{\text{ж}}$ - момент инерции жидкости в объеме рабочего колеса;

J_{0d} - суммарный момент инерции жидкости и рабочего колеса насоса;

J_p - полярный момент инерции поперечного сечения вала;

M_J - момент сил инерции;

$M_{\text{сопр}}$ - момент сил сопротивления;

$M_{\text{вр}}$ - вращающий момент двигателя;

$\omega(t)$ - функция угловой скорости;
 α - константа, характеризующая степень возрастания или убывания момента инерции в результате изменения плотности жидкости;
 β_0 - коэффициент сопротивления жидкости в отсутствие кавитации;
 t – время смены жидкости РК;
 $\Delta\omega$ - изменение угловой скорости;
 t_{Π} - время разгона привода;
 G – крутильная жесткость;
 ε - угловое ускорение;
 α – скорость распространения крутильных возмущений;
 $\Phi_i(z)$ - собственные амплитудные функции;
 $q_i(t)$ - обобщённые координаты;
 p_i - собственные частоты;
 λ - волновое число;
 R - внешний радиус рабочего колеса;
 r_1 - посадочный радиус колеса на вал;
 r_2 – радиус проточной части рабочего колеса;
 $\rho_{сч}$ - плотность материала колеса СЧ20;
 ω_0 - угловая скорость установившегося режима;
 l - длина вала насоса;
 $m_{рк}$ -масса рабочего колеса;
 $m_{ж}$ - масса жидкости в рабочем колесе;
 A - площадь поперечного сечения вала;
 $m_{вал}$ - масса вала;
 $\omega_{неод}$ - угловая скорость после возникновения кавитации;
 λ_1 - основное волновое число;
 p_1 - основная собственная частота колебаний вала.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	14
1 Обзор литературы	16
2 Анализ работы центробежных насосов	19
2.1 История создания центробежных насосов	19
2.2 Особенности конструкции и принцип действия.....	19
2.3 Сферы применения	21
2.4 Насосы и насосное оборудование от ведущих мировых производителей. 22	
2.5 Проблемы эксплуатации центробежных насосов для нефтяных и химических производств и их решение.....	24
3. Насосы грунтовые типа ГрАТ, модернизация рабочего колеса и насосные агрегаты на их основе	26
3.1 Принцип действия рабочего колеса	29
3.2 Конструктивные особенности рабочих колес центробежных насосов	29
3.3 Модернизация рабочего колеса	31
3.4 Повышение экономичности центробежных насосов на основе гидрофобизации поверхностей рабочих колес.	32
4 Динамика вала ЦН при разгоне двигателя	34
4.1 Дифференциальное уравнение вращения вала	34
4.2 Определение параметров конструкции вала и колеса ГрАТ 350/40.....	36
4.3 Определение времени разгона вала	37
4.5 Расчет параметров напряженно-деформированного состояния вала.....	40
4.6 Расчет с учетом кавитации.....	42
5 Численная симуляция рабочего колеса с валом.....	46
5.1 Конечно элементная модель	46
5.2 Граничные условия	47
5.3 Расчет собственных форм и частот колебаний.....	48
5.4 Расчет напряженно-деформированного состояния системы вал – рабочее колесо без кавитации	52

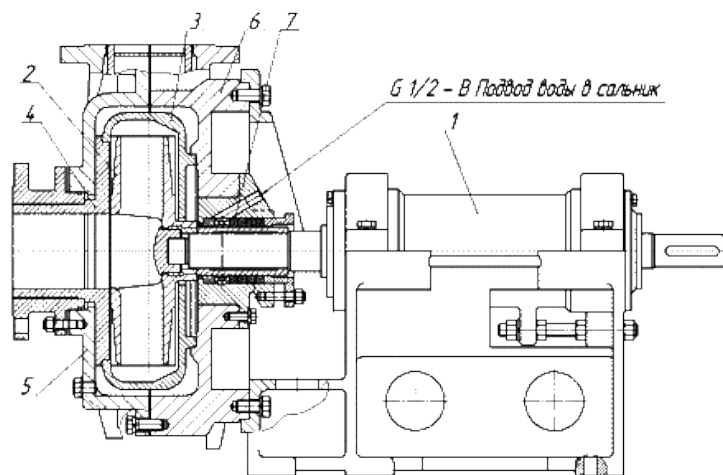
5.5 Расчет напряженно-деформированного состояния системы вал –рабочее колесо с учетом кавитации.....	54
5.5 Анализ результатов и предложения по модернизации насоса.....	56
6 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	59
6.1 Потенциальные потребители результатов исследований	59
6.2 Анализ конкурентных технических решений	59
6.3 SWOT-анализ.....	61
6.4Планирование научно-исследовательских работ.....	61
Разработка графика проведения научного исследования	65
7 Социальная ответственность	75
7.1.1 Производственная безопасность при организации работ и обслуживании центробежного насоса Грат 350/40	75
7.1.2 Анализ выявленных вредных производственных факторов и мероприятий по их устранению.....	76
7.1.3 Анализ опасных производственных факторов и мероприятий по их устранению (<i>техника безопасности</i>)	78
7.2 Экологическая безопасность.....	80
7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	81
7.3.1 Пожарная и взрывная безопасность	81
7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	84
Заключение	86
Список используемых источников.....	87

Введение

Насосное оборудование широко применяется практически во всех отраслях промышленности. Особое значение имеет насосное оборудование, обеспечивающее надежное и бесперебойное функционирование базовых отраслей: энергетики, металлургии, нефтяной и газовой промышленности, агропромышленного комплекса, водоснабжения и коммунального хозяйства.

Устройство такого самовсасывающего агрегата достаточно простое, однако существует несколько его разновидностей. Конструкция центробежного насоса такова, что позволяет производить работы даже на глубине.

Условно все виды ЦН принято разделять на несколько основных типов, которые различаются между собой по принципу устройства рабочих органов. Среди них можно выделить: одноступенчатые агрегаты, которые являются самыми простыми в конструкции. Они могут производиться, как и в горизонтальном и вертикальном исполнении.



1 – стойка опорная, 2 – рабочее колесо, 3 – внутренний корпус, 4 – диск защитный, 5 – корпус(передняя половина), 6 – корпус(задняя половина), 7- набивка сальника АП-31 22х22 ГОСТ 5152-84[1].

Рисунок – 1 одноступенчатый центробежный насос в разрезе

Многоступенчатые агрегаты. Могут перекачивать куда больше жидкости, чем одноступенчатые насосы. Это достигается за счет

использования, не одного, а нескольких рабочих органов. Им таковым является рабочее колесо.

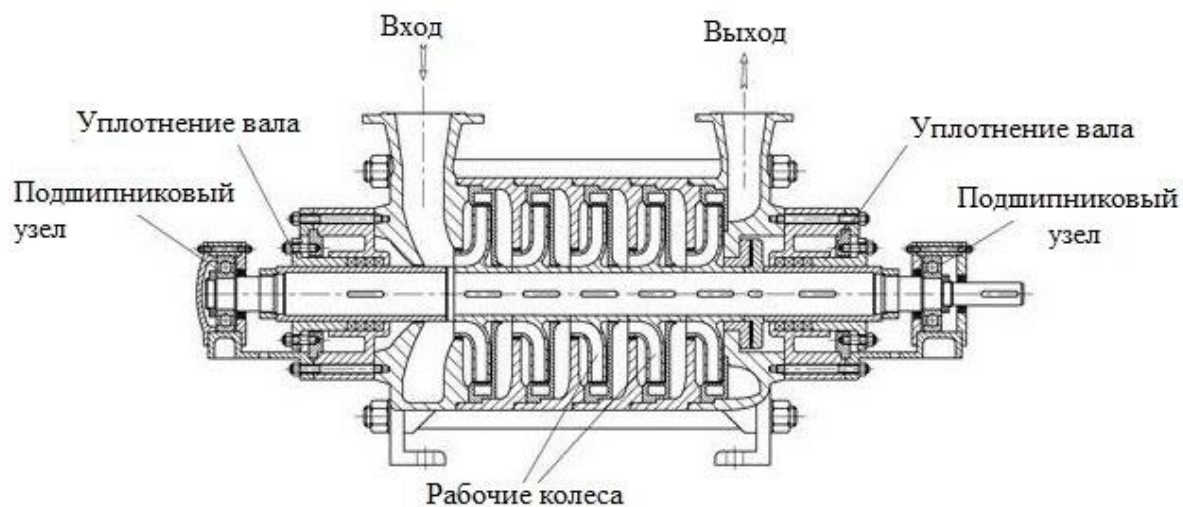


Рисунок – 2 Вид насоса ЦНС в разрезе

Большую роль в создании теории и совершенствовании конструкции центробежных и осевых насосов сыграли труды Л. Эйлера, О. Рейнольдса, насос Е. Жуковского, С.А. Чаплыгина, К. Пфлайдерера и др. ученых.

1 Обзор литературы

Приведем обзор научной и учебно-методической литературы по тематике исследования. Схема устройства, принцип действия, физические явления лежащие в основе работы и особенности конструкции центробежного насоса приведены в публикациях. Особо значимыми представляются следующие труды известных ученых и конструкторов: А.К. Михайлов, В.В. Малюшенко «Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование», В.А. Зимницкий и В.А. Умов «Лопастные насосы. Справочник», Е.В. Сошников, О.В. Акимов «Центробежные насосы. Испытание насосов».

Изучены также работы по схожей тематике. Например, в монографии Б.М. Елисеева «Расчет деталей центробежных насосов» проанализированы конструктивные особенности исполнения рабочих колес и проточных частей корпуса насоса, влияние конструкции на колебания вала, а также характеристики и процессы, влияющие на прочность и выносливость вала. А также, изложены современные технические решения, рекомендуемые к конструкции вала и рабочего колеса. Проанализированы воздействия на вал ЦН и срок его эксплуатации. Определена наибольшая опасность – воздействия возникающих вынуждающих колебаний, вследствие чего возможно возникновение резонансных эффектов и усталостного разрушения.

В книге М.Д. Айзенштейна «Центробежные насосы для нефтяной промышленности» и В.Я. Карелин «Кавитационные явления в центробежных и осевых насосах» описаны источники возникновения кавитации, действия по уменьшению влияния этого явления и внешние воздействия на поверхность рабочего колеса от этого воздействия. Определена наибольшая опасность воздействия кавитации и необходимость создания подпора или контроль допустимой высоты всасывания.

Методы и средства вибродиагностики машин и механизмов подробно изучены в трудах В.В. Ключева «Неразрушающий контроль» том 7. Особое

внимание уделено вопросам анализа вибродиагностики узлов и механизмов: подшипников, валов, турбин, зубчатых передач, насосов и электрических машин. Проанализированы источники возникновения вибраций, форма и частота колебаний, влияющих на износ частей механизма.

Для анализа и расчета собственных крутильных колебаний вала центробежного насоса возникает необходимость составления и исследования дифференциальных уравнений движения системы. Теоретические основы колебаний упругих систем изложены в учебниках: В.Л. Бидерман «Прикладная теория механических колебаний», В.Л. Бидерман «Теория механических колебаний» и Н.И. Левитский. «Колебания в механизмах». В них проанализированы колебания стержней с распределенной массой. Задача об определении собственных частот и форм колебаний решается традиционными приемами, приводящих к алгебраическому частотному уравнению.

В ходе анализа дифференциальных уравнений и выполнения математических преобразований использовался справочник: Г.Б. Двайт «Таблицы интегралов и другие математические формулы». Он содержит подробные таблицы интегралов, а также большое число математических формул: разложения в ряды, тригонометрические и другие тождества, справочные материалы по специальным функциям.

Для моделирования колебательной системы и процессов, происходящих в ней, использована книга: Ф.М. Диментберг, К.Т. Шаталов и А.А. Гусаров «Колебания машин». При теоретическом анализе рассматриваются не сами реальные части машин и механизмов, а некоторые идеализированные схемы, отображающие основные свойства частей машин и механизмов с большей или меньшей точностью. Такая схематизация совершенно необходима, так как она дает возможность применить к изучению этих объектов законы механики и методы технического анализа. Вопросы, освещенные в книге, рассмотрены в основном относятся к линейным колебаниям, для чего использован элементарный аппарат механики – уравнения Лагранжа 2-го рода для упругих

19 систем. В связи с этим даны краткие сведения об обобщенных координатах и обобщенных силах, о принципе Даламбера и о дифференциальных уравнениях Лагранжа 2-го рода.

В статье В.М. Логиновских, Д.А. Черданцова и С.П. Пирогова «Исследование крутильных колебаний валов насосных агрегатов», опубликованной в трудах Всероссийской научно-практической конференции «Трубопроводный транспорт углеводородов», используется слишком грубое приближение, не учитываются свойства вала, движение системы определяется с одной степенью свободы.

2 Анализ работы центробежных насосов

2.1 История создания центробежных насосов

Идея использования центробежной силы для подачи жидкостей возникла в XV в. ещё у Леонардо да Винчи и, по-видимому, независимо от него была реализована в начале XVII в. французским инженером Бланкано, построившим простейший центробежный насос (ЦН) для подачи воды, рабочим органом которого служило открытое вращающееся рабочее колесо. Один из первых ЦН со спиральным корпусом и четырёх-лопастным РК был предложен французским учёным Д. Папеном, который усовершенствовал конструкцию ранее известной воздуходувки "Hessians". В конце XIX в., когда появились быстроходные тепловые, а затем электрические двигатели, центробежные насосы получили более широкое применение. В 1838 году русский инженер А. А. Саблуков на основе созданного им ранее вентилятора, построил одноступенчатый центробежный насос. Американским инженером Джонсоном в 1846 году был предложен многоступенчатый центробежный насос, в 1851 году аналогичный насос был создан в Великобритании по патенту Гуинна (насос Гуинна). Русский инженер В. А. Пушечников разработал в 1899 году вертикальный многоступенчатый насос, для буровых скважин глубиной до 250 м. Этот насос, построенный в Париже на заводе Фарко (насос Фарко), предназначался для водоснабжения Москвы, имел подачу $200 \text{ м}^3/\text{ч}$, КПД до 70%. В России первые ЦН начали изготавливать в 1880 году на заводе Г. Листа в Москве. Большую роль сыграли труды Л.Эйлера, О. Рейнольдса, Е. Жуковского, С.А. Чаплыгина, К. Пфлайдерера и других ученых в создании теории и совершенствовании конструкции центробежных и осевых насосов.[2]

2.2 Особенности конструкции и принцип действия

Устройство и принцип действия центробежного насоса принципиально не изменились с XVII века.

Сегодня современные ЦН разных типов имеют приблизительно одинаковую структуру. Здесь имеется корпус и рабочий орган, представляющий собой колесо. Конечно, это не то колесо, которое мы привыкли видеть в стандартном исполнении. На нем имеются специальные лопасти, которые перемещают жидкость внутри агрегата.

На ЦН устанавливается и другое оборудование, которые делают его конструкцию универсальной. Могут, расположены следующие элементы:

- Приемный обратный клапан, служит предотвращению залива корпуса перед запуском системы. Также имеется сетка, играющая роль фильтрующего элемента.
- Вакуумметр предназначен для измерения разрежения воздуха. Этот элемент в конструкции очень важен. Он устанавливается на трубопроводе, между насосом и задвижкой.
- На напорном патрубке агрегата устанавливается манометр, этот прибор служит для измерения давления, создаваемого насосом.
- Предохранительный клапан, защищает систему от гидравлического удара.

Как было выяснено, основное назначение агрегата является создание напора для ее перемещения. Само рабочее колесо насаживается на рабочий вал. Тот в свою очередь, соединяется с двигателем. На рисунке 2.1 показана схема, иллюстрирующая принцип работы центробежного насоса.

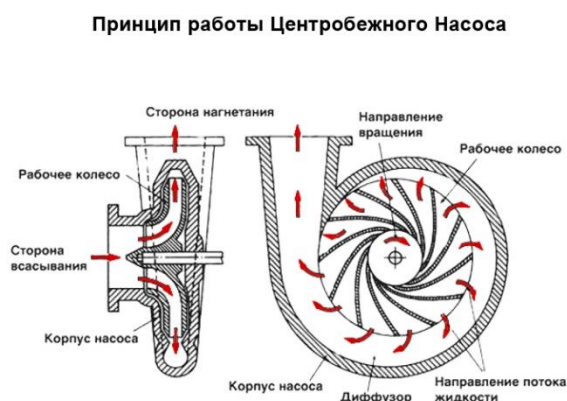


Рисунок 2.1 – Принцип работы ЦН

Конструкция агрегата такова, что они работают в тех случаях, когда корпус насоса наполнен водой. Если он пуст, то происходит холостая работа оборудования.[3]

Центробежные насосы имеют два основных преимуществ: конструктивные и функциональные. Устройства более компактны. Здесь идет речь о представлении в относительно не большом корпусе всех рабочих элементов. Для их установки не требуется большое пространство. Они имеют небольшую массу и габариты. В зависимости, от мощности агрегата.

Что касается функциональных преимуществ то их здесь предостаточно. Агрегаты плавно подают воду в систему, за счет использования системы гашения гидроудара. Такая система легко запускается и регулируется.

Стоимость ЦН не велика. Поэтому они имеет большой спрос на рынке.



Рисунок 2.2 – ЦН марки ГРАТ 350/40

2.3 Сферы применения

Трудно сегодня найти отрасль быта или промышленности, в которой использовались бы жидкие среды и не применялись центробежные насосы. Самыми популярными областями применения стали [4]:

- Водоснабжение всех уровней и масштабов — от водозаборных станций до промышленных предприятий и от жилых домов до станций очистки стоков.

- Перекачка технологических жидкостей на промышленных установках и между объектами производства.
- Циркуляция теплоносителя в системах отопления, централизованных или локальных.
- Циркуляция воды в стиральных и посудомоечных машинах.
- Орошение сельскохозяйственных посадок.
- Подача воды в поилки и перекачивание молока на продуктивных фермах.
- Циркуляция антифриза в системе охлаждения автомобильного двигателя и климатических установках.
- Заполнение и осушение балластных цистерн на надводных судах и подводных лодках.
- Транспортировка сырья на предприятиях пищевой промышленности и при массовом производстве напитков.



Рисунок 2.3 – Центробежные насосы (ЦН) в промышленности

2.4 Насосы и насосное оборудование от ведущих мировых производителей

В настоящее время на состояние российского рынка насосного оборудования традиционно оказывает существенное влияние активность зарубежных компаний. Наиболее активную коммерческую деятельность ведут следующие зарубежные компании: Calpeda, Wilo, ESPA, Vipom, Grundfos,

Nocchi, DAB, Pedrollo, Hydrovacuum. Широкий сегмент на насосном рынке представлен компаниями из Германии, европейскими фирмами из Турции, Италии, Польши, а также такими известными брендами как Siemens, Samsung Techwin, FINDER Pompe, Oddesse Pumpen-und Motorenfabrik GmbH, Kaeser Kompressoren, J. Helmke & Co., Compressor Valve Engineering и другими. Очень активно ведут себя на рынке производители из Кореи, Тайваня и Китая. Российские предприятия насосостроения умело конкурируют с поставщиками насосов из стран дальнего и ближнего зарубежья, особенно в области несложных видов насосов. Однако в последние годы на рынке заметно увеличилась доля сложных и дорогих насосов [5].

На сегодняшний день фирма Speroni S.R.L. является одним из крупнейших производителей насосного оборудования. Компания имеет две известные зарегистрированные торговые марки Marina и Speroni. В программе производства широкий модельный ряд бытового насосного оборудования: станции водоснабжения, погружные и дренажные насосы, фонтанные насосы; а также оборудования для систем отопления, систем охлаждения и кондиционирования воздуха, промышленных циркуляционных установок.

В настоящий момент современная фабрика располагается на 25 кв. км. и выпускает около 2000 единиц оборудования в сутки. Действуя в условиях распределения производства, компания Speroni контролирует качество компонентов на всех этапах производства. Гибкая ценовая и производственная политика позволяет присутствовать компании на рынках более чем в 50-ти странах с общим годовым оборотом 35 млн. Euro. Компания выпускает две торговые линии насосного оборудования: «Marina» - зеленого и «Speroni» - синего цвета. В программе производства широкий модельный ряд бытового насосного оборудования: станции водоснабжения, погружные и дренажные насосы, фонтанные насосы [6].

2.5 Проблемы эксплуатации центробежных насосов для нефтяных и химических производств и их решение

В процессе развития нефтяной промышленности повышались требования к качеству выпускаемой продукции. Параллельно с увеличением глубины переработки и улучшением чистоты конечного продукта ужесточились экологические требования и требования к безопасности оборудования. Эти факторы привели к тому, что стали меняться параметры работы оборудования, а также вводиться в технологические процессы все новые химические жидкости, как правило, более агрессивные не только по отношению к обрабатываемому продукту, но и к оборудованию. Основными негативными факторами являются:

– коррозия и эрозия элементов насосов, имеющих непосредственный контакт с перекачиваемой средой. Наиболее серьезные повреждения наблюдались на рабочих колесах, валах, подшипниках и корпусах насосов. Влияние агрессивных сред приводило к уменьшению толщины стенок и ухудшению параметров работы всего агрегата;



Рисунок 2.4 – Коррозионное воздействие на рабочее колесо

– кавитационные процессы вызывали появление ударов во время работы, повышение вибрации всего агрегата, сокращается срок работы подшипников, увеличивали износ внутрикорпусных элементов и приводят к утоньщению стенок корпуса;

- наличие в перекачиваемой среде твердых включений, что приводило к абразивному изнашиванию проточной части и также снижало срок службы насоса;

- работа насосных агрегатов на недогруженных ($0,5 \dots 0,7 Q_{опт}$) и нерасчетных режимах (ниже $0,5 Q_{опт}$). В результате существенно ухудшались вибродинамические характеристики центробежных насосов и, соответственно, снижалась их работоспособность;

- работа насоса на неоптимальных режимах приводила к неравномерному нагреву вала и стенок корпуса из-за разных коэффициентов расширения используемых материалов и способов крепления оборудования, что приводило к уменьшению нормированных зазоров в насосе и увеличению нагрузок на него.[7]

Безусловно, только высокое качество оборудования позволяет достичь эффективности работы всего комплекса, а их надежность, основанная на многолетнем опыте эксплуатации, дает возможность получить значительную экономию средств.

Как пример можно привести Американский институт нефти (API), стандарты которого являются практически международными нормами в области проектирования оборудования. Стандарты API не только установили требования к оборудованию, но также и классифицировали его, разбили на различные типы и позволили производителям оборудования четко понять и удовлетворить требования заказчика. Недаром рядом с эмблемой данного института красуется слоган «Helping you get the job done right» – «Помогаем вам сделать работу правильно».

В рамках сотрудничества с институтом API были разработаны также европейские стандарты ISO, а на их основе и российские стандарты, устанавливающие аналогичные либо близкие требования к насосному оборудованию нефтяной промышленности.

3.Насосы грунтовые типа ГрАТ, модернизация рабочего колеса и насосные агрегаты на их основе

Грунтовые насосы применяются в любой отрасли промышленности, где необходимо обеспечить гидротранспорт твердых частиц, вызывающих интенсивный абразивный износ контактирующего с ними материала. С учётом требований, предъявляемых к этим грунтовым насосам по износостойкости и условиям эксплуатации, завод изготавливает их с проточной частью из сверхтвёрдых сплавов. Насосное оборудование предназначено для перекачивания высокоабразивных сред.

Область применения грунтовых насосов данного типа: горно-обогатительные и горно-металлургические предприятия, теплоэлектростанции, предприятия по производству цемента, алмазо- и золотодобывающие предприятия, технологические линии дробления, обогащения полезных ископаемых.

Передача крутящего момента от электродвигателя к грунтовому насосу может осуществляться через упругую втулочно-пальцевую муфту либо посредством клиноременной передачи. Рабочие колеса насоса выполнены с большим количеством мощных отбойных лопаток на обоих дисках. Отбойные лопатки расположены таким образом, что защищают области наиболее интенсивного износа дисков, так как они работают аналогично колесу вихревого насоса. Кроме того, они предотвращают попадание абразивных частиц в пазухи между колесом и корпусом грунтового насоса, обеспечивая постоянный минимальный перепад давления в переднем уплотнении насоса.

Для эффективной работы отбойных лопаток грунтового насоса предусмотрена возможность регулирования зазора между торцевой поверхностью отбойных лопаток и передним бронедиском (без разборки насоса) с помощью специальной регулировочной шпильки.

В пространство между колесом и корпусом подводится промывающая вода, выносящая частицы из пазухи между колесом и корпусом данного насосного оборудования.

У грунтовых насосов типа ГрАТ внутренний корпус выполнен из износостойкого сплава ИЧХ28Н2. Конструкция грунтового насоса дает возможность относительно легко и быстро заменять подвергающийся износу внутренний корпус, состоящий из улитки и защитного диска. Рабочее колесо располагается между внутренним корпусом (задняя сторона) и бронедиском (передняя сторона). [8]

У грунтовых насосов типа ГрА отличительной особенностью является отсутствие наружного корпуса. Данная конструкция имеет следующие преимущества для потребителя:

- снижение веса насоса;
- снижение стоимости;
- снижение эксплуатационных затрат (отсутствие необходимости закупки для ремонта таких деталей как патрубок всасывающий и корпус наружный).

В грунтовых насосах типа ГрАК применяется износостойкая футеровка насосного корпуса (корундирование), что позволяет увеличить срок службы насоса.

Однако применение насосов типа ГрАК при перекачивании гравийных грунтов существенного эффекта не дает, т.к. футеровка их от ударных нагрузок абразивными частицами относительно быстро разрушается.

Насосы грунтовые типа ГрА, ГрАТ, ГрАК и агрегаты электронасосные на их основе соответствуют требованиям, предусмотренным ТУ 3631-010-71868127-12

ГрАТ350/40/II-14-1,6, ГрАК350/40/II-14-1,6, где

ГрА - грунтовый насос с осевым входом перекачиваемой среды;

Т - двухкорпусной, с внутренним корпусом из износостойкого сплава;

К - однокорпусной с футеровкой корпуса из абразивного материала (корунда) на органической связке;

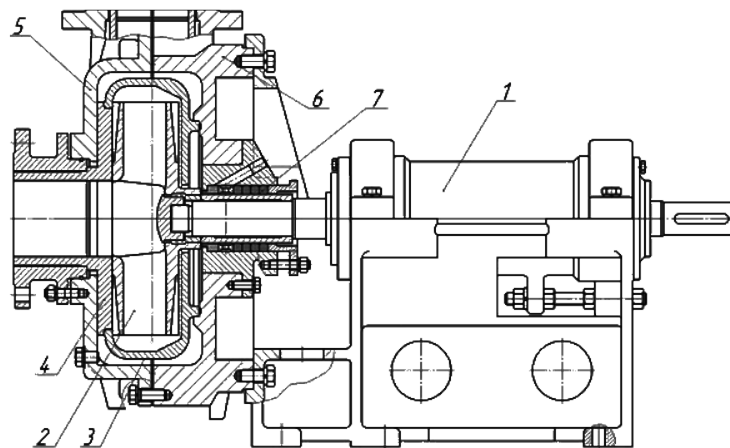
350 - подача, м³/час;

40 - напор, м;

II - номер опорной стойки;

14 - условное обозначение пониженной частоты вращения (номинальная - частота вращения не указывается);

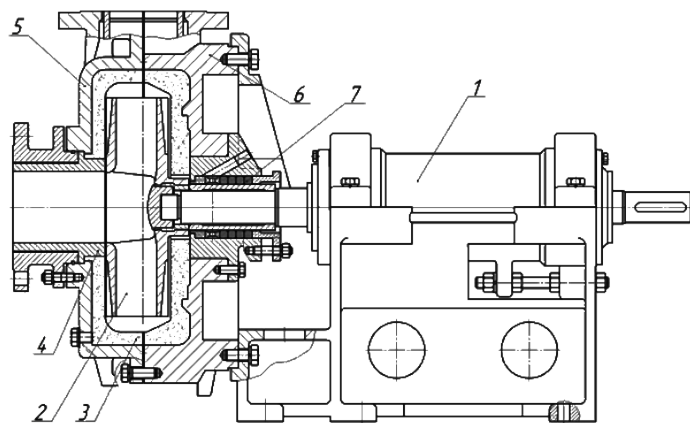
1,6 - максимальная плотность перекачиваемой насосным агрегатом гидросмеси, уменьшенной в 1000 раз, кг/м³.



1 – стойка опорная, 2 – рабочее колесо, 3 – внутренний корпус, 4 – диск защитный, 5 – корпус(передняя половина), 6 – корпус(задняя половина),

7-набивка сальника АП-31 22х22 ГОСТ 5152-84.

Рисунок 3.1 – Одноступенчатый центробежный насос в разрезе Грат



1 – стакан опорный, 2 – рабочее колесо, 3 – футеровка корпуса, 4 – втулка защитная, 5 – корпус (передняя половина), 6 – корпус (задняя половина)
7-набивка сальника АП-31 22х22 ГОСТ 5152-84.

Рисунок 3.2 – Одноступенчатый ЦН в разрезе ГРАК

3.1 Принцип действия рабочего колеса

Принцип действия рабочего колеса следующий:

- жидкость, засасываемая через приемный фильтр, в начале рабочего цикла скапливается между лопастями;
- с началом вращения крыльчатки одновременно начинает вращаться и жидкость, под действием которого она приобретает скорость и давление;
- под давлением жидкость отходит от центра рабочего колеса и начинает прижиматься к стенкам насоса;
- жидкость под напором выходит наружу через нагнетательный патрубок;
- в этот момент в центре крыльчатки создается минимальное давление, которое способствует поступлению к рабочему колесу новой порции жидкости.

Центробежные насосы рассчитаны на большую скорость вращения вала.

3.2 Конструктивные особенности рабочих колес центробежных насосов

Рабочее колесо состоит из двух дисков - нижнего, в виде кольца с отверстием большого диаметра в центре, и верхнего - сплошного диска со

ступицей, через которую проходит вал. Между дисками, соединяя их в единую конструкцию, находятся лопасти, плавно изогнутые в сторону, противоположную направлению вращения колеса.

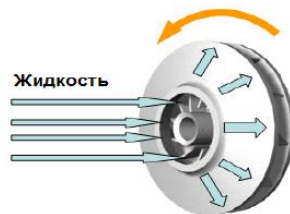


Рисунок 3.2 – Рабочее колесо закрытого типа

Для колес же открытого типа характерны открытые лопатки, с одной стороны. Редко имеются колёса, в которых лопатки не закрыты диском с обеих сторон. Недостатком колёс открытого типа в их низком КПД.

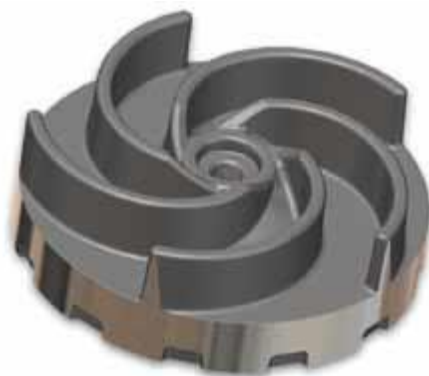
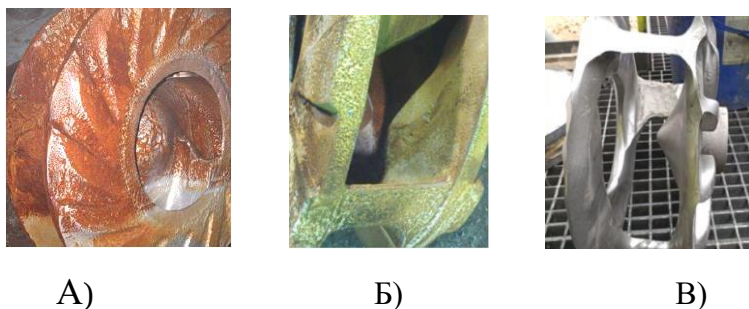


Рисунок 3.3 – Рабочее колесо открытого типа

Для удобства выбора и различия, на каждом насосе есть маркировка, позволяющая правильно подобрать для него рабочее колесо. Тип определяется объемом передаваемых жидкостей, при этом используются и разные двигатели. Количество рабочих лопаток в колесе колеблется от двух до пяти, реже используется шесть штук. Иногда на внешней части дисков закрытых колес делаются выступы, которые могут быть радиальными или повторяющими очертания лопаток [9].

3.3 Модернизация рабочего колеса

На рисунке 3.4 наглядно показаны последствия гидроабразивного износа рабочих колес.



А – РК отработало 500ч. Б – РК отработало 800ч. В – РК отработало 1200ч.

Рисунок 3.4 – часовой износ РК

Как известно, гидроабразивный износ рабочего колеса кроме снижения гидравлических параметров центробежного одноступенчатого насоса также приводит к повышению вибрации его ротора вследствие разбалансировки.

Практика показывает, что систематические прогибы роторов исследуемого насоса способствуют ухудшению технического состояния их уплотнений (сальниковые, торцевые и динамические уплотнения) и подшипниковых узлов, вплоть до разрушения. На рисунке 3.5 показан разрушенный подшипник.



Рисунок 3.5 – Разрушенный подшипник

Работа центробежного одноступенчатого насоса с сильно изношенным рабочим колесом со временем может привести к деформации или даже к излому (разрушению) вала. На рисунке 3.6 показан излом вала.



Рисунок 3.6 – Излом (разрушение) вала

Практика показывает, что в предприятии АО «Алмалыкский ГМК» в редких случаях деформированные валы не заменяются и повторно используются (лимит ответственных деталей).

Повторное применение деформированных валов зачастую негативно сказывается на долговечности подшипниковых узлов и уплотнений исследуемого насоса.

3.4 Повышение экономичности центробежных насосов на основе гидрофобизации поверхностей рабочих колес.

Одним из существенных факторов, влияющих на работу центробежного насоса и износ его деталей является кавитация в рабочем колесе, возникающая вследствие высокой турбулентности потока между его лопатками. Рациональным способом снижения кавитации является гидрофобизация материала рабочего колеса путем создания на его поверхности покрытия, обладающего низкой смачиваемостью. Снижение смачиваемости поверхности влечет за собой уменьшение трения жидкости о поверхность, и, следовательно, снижение турбулентности потока и интенсивности кавитационных процессов.

Создание пленок гидрофобных на поверхностях, представляет сложную для реализации задачу, имеющих пространственную геометрию, и является

одним из сдерживающих факторов широкого применения данной технологии для повышения рабочих характеристик насосов.

Реализация такого метода возможна на основе использования тефлонов. Тефлонирование поверхностей эффективно осуществляется на основе использования фторопласта, являющегося уникальным материалом, который обладает рядом свойств. Фторопласт обладает химической стойкостью практически ко всем агрессивным веществам. На рисунке 3.7 показано сравнение смачиваемости изделия до гидрофобизации и после нее.

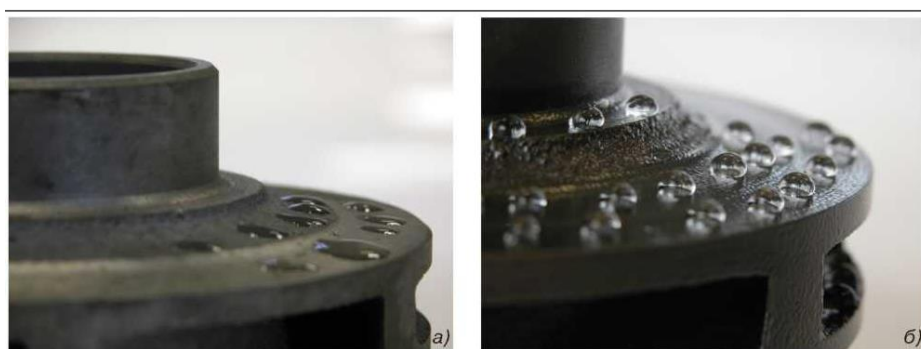


Рисунок 3.7 – РК а) – исходное б) – после модификации

При этом, фторопластовое покрытие не обладает высокой износостойкостью, поэтому такой способ подходит только для рабочих колес насосов, работающих на жидкостях, содержащих малое количество взвешенных частиц. В случае грунтовых насосов, рабочая жидкость является высокоабразивной, поэтому необходимо применение износостойких покрытий.

Примерами таких покрытий являются керамические покрытия, или покрытия на основе солей меди.

4 Динамика вала ЦН при разгоне двигателя

4.1 Дифференциальное уравнение вращения вала

Важным и в большинстве случаев неизбежным источником случайных переходных процессов является изменение скорости вращения привода.

В случаях ускорения или замедления привода возникает инерционный или динамический момент, который двигатель должен преодолеть.

Один из переходных процессов возникает при разгоне центробежного насоса после включения электродвигателя. Исследуем динамические процессы, происходящие с приводом ЦН с учетом его упругих деформаций.

Определим собственные частоты и собственные функции упругого вала круглого сечения. На рисунке 4.1 показана схема привода центробежного насоса

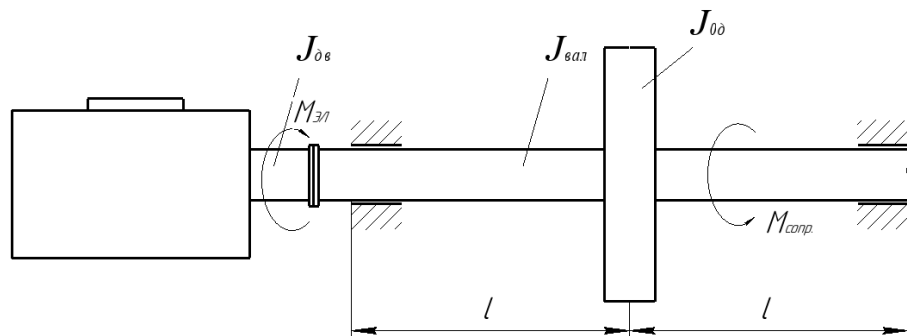


Рисунок 4.1 – Схема устройства привода центробежного насоса

Пусть имеется насос ГрАТ – 350/40 горизонтального типа с центральным расположением рабочего колеса.

Обозначим крутящий момент двигателя $M_{эл}$, момент сил сопротивления $M_{сопр}$. Вал насоса, ротор двигателя и рабочее колесо имеют соответственно моменты инерции: $J_{вал}$, $J_{дв}$, $J_{0д}$.

Привод насоса представлен как система с бесконечным числом степеней свободы.

Учтена упругая деформация вала, а рабочее колесо рассматривается как абсолютно твердое тело, так же учтено влияние диссипативных сил и внутреннее трение.

При выводе уравнения движения предположим, что при крутильных колебаниях вал деформируется так же, как и при статическом кручении: поперечные сечения его остаются плоскими и поворачиваются вокруг оси стержня как жесткие диски. На рисунке 4.2 показана схема крутильных колебаний вала.

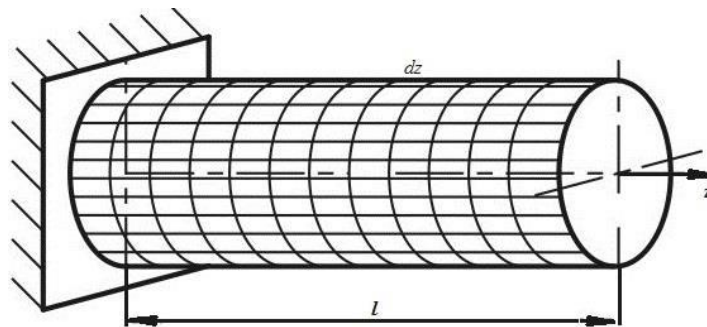


Рисунок 4.2 – Схема крутильных колебаний вала

Время переходного процесса определим из дифференциального уравнения движения. Составим дифференциальное уравнение вращательного движения привода:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_{\text{эл}} - \beta \cdot \omega ;$$

$$\int_{\omega}^0 \frac{J_{\text{пр}} \cdot d\omega}{M_{\text{эл}} - \beta \cdot \omega} = \int_0^{\omega} dt. \quad (1)$$

где, $J_{\text{пр}}$ - момент инерции привода насоса, $M_{\text{эл}}$ - крутящий момент двигателя, β - коэффициент сопротивления, учитывающий свойства жидкости и параметры колеса.

При пуске нагруженного двигателя действует постоянный статический момент сопротивления, создаваемый механизмом $M_{\text{сопр}} = \text{const}$, и поэтому ЭД

разгоняется за время - t_{Π} установившейся скорости $\omega_{\text{СТ}}$, из уравнения (1) найдем угловую скорость зависящую от времени пуска:

$$\omega_{\text{СТ}} = \frac{M_{\text{ЭЛ}} - M_{\text{ЭЛ}} \cdot e^{\frac{-t_{\Pi} \cdot \beta}{J_{\text{ПР}}}}}{\beta} \quad (2)$$

где $J_{\text{ПР}}$ - момент инерции привода.

Из уравнения (2) найдем угловое ускорение:

$$\varepsilon = \frac{d\omega_{\text{СТ}}}{dt} = \frac{M_{\text{ЭЛ}} \cdot e^{\frac{-t_{\Pi} \cdot \beta}{J_{\text{ПР}}}}}{J_{\text{ПР}}} \quad (3)$$

4.2 Определение параметров конструкции вала и колеса ГрАТ 350/40

Произведем численный расчет поставленных задач.

Исходные значения:

$R = 0,2525\text{ м}$ - внешний радиус РК насоса;

$r_1 = 47,5\text{ мм}$ - посадочный радиус колеса на вал;

$r_2 = 0,032\text{ м}$ - радиус нижней границы сечения входа жидкости;

$V = 0,012519\text{ м}^3$ - объем металла из которого состоит рабочее колесо;

$\rho_{\text{СЧ}} = 7100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – плотность металла колеса СЧ20;

$\beta = 1,6$ - коэффициент сопротивления, учитывающий свойства жидкости и параметры колеса;

$\omega_0 = 148,5\text{ с}^{-1}$ - угловая скорость установившегося режима работы;

$M_{\text{ВР}} = 240\text{ Н} \cdot \text{м}$ - момент вращения от двигателя;

$l = 1,346\text{ м}$ - длина вала насоса;

$\rho_{\text{СТ}} = 7826 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ - плотность металла вала Сталь 45;

$m_{\text{Ж}} = 12,5\text{ кг}$ - масса жидкости в рабочем колесе;

$J_{\text{ДВ}} = 0,27\text{ кг} \cdot \text{м}^2$ - момент инерции ротора мотора;

Найдем массу вращающихся элементов насоса:

$$m_{PK} = V \cdot \rho_{сч} = 13,277 \text{ кг} - \text{масса рабочего колеса без жидкости};$$

Для расчета массы вала, найдем площадь поперечного сечения и умножим на длину:

$$A = \pi \cdot r_1^2 = 0,00181 \text{ м}^2 - \text{площадь поперечного сечения вала};$$

$$V_B = l \cdot A = 0,002714 \text{ м}^3 - \text{объем вала круглого сечения};$$

Рассчитаем массу вала для этого умножим полученный объем на плотность стали:

$$m_{вал} = V_B \cdot \rho_{СТ} = 21,242 \text{ кг}$$

Найдем момент инерции подвижной системы:

$$J_{вал} = \frac{1}{2} m_{вал} \cdot r_1^2 = 0,006 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 - \text{момент инерции вала};$$

$$J_{PK} = \frac{1}{2} m_{PK} \cdot (R^2 - r_1^2) = 1,199 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 - \text{момент инерции рабочего колеса};$$

$$J_{ж} = \frac{1}{2} m_{ж} \cdot (R^2 - r_1^2) = 0,44 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 - \text{момент инерции жидкости в рабочем колесе};$$

$$J_{пр} = J_{вал} + J_{дв} + J_{PK} + J_{ж} = 0,52 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 - \text{суммарный момент инерции привода};$$

4.3 Определение времени разгона вала

Проанализировав уравнение (2), мы видим, что угловая скорость бесконечно приближается к скорости установившегося движения. Поэтому, произведем числовой расчет, полагая, что процесс разгона заканчивается, когда отличается от угловой скорости установившегося режима на 1%. Получим значение $\omega = 148,5 \text{ с}^{-1}$

Определим время за которое угловая скорость изменилась до ω . В момент времени $t = 1,5 \text{ с}$ привод достигает поставленной скорости:

$$\omega_{\text{ст}} = \frac{M_{\text{эл}} - M_{\text{эл}} \cdot e^{\frac{-t_{\text{пр}} \cdot \beta}{J_{\text{пр}}}}}{\beta} = 148,5 \text{ с}^{-1}$$

Для наглядности составим таблицу значений угловой скорости от времени и построим график (Рисунок 4.3).

Таблица 1 – Зависимость ω от t .

$t_{\text{пр}}$	ω	$t_{\text{пр}}$	ω	$t_{\text{пр}}$	ω	$t_{\text{пр}}$	ω
0	0	0.7	132.5	1.4	147.98	2.1	149.77
0.1	39.7	0.8	137.2	1.5	148.5	2.2	149.9
0.2	68.9	0.9	140.6	1.6	148.91	-	-
0.3	90.4	1	143.1	1.7	149.2	-	-
0.4	106.1	1.1	144.9	1.8	149.4	-	-
0.5	117.8	1.3	146.3	1.9	149.6	-	-
0.6	126.3	1.3	147.3	2	149.7	-	-

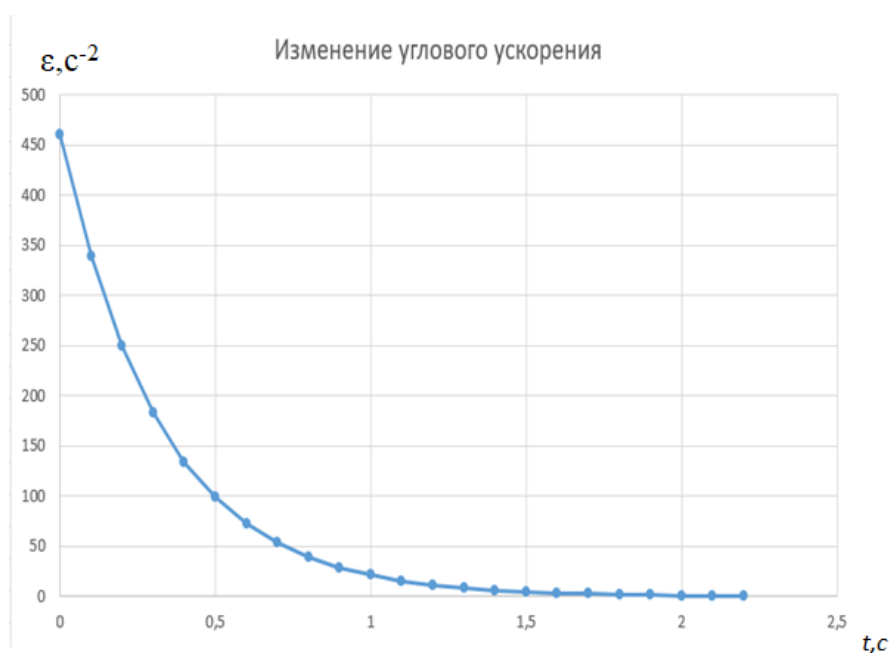


Рисунок 4.3 – График изменения угловой скорости

Рассчитаем угловое ускорение. Подставим значения времени из таблицы 1 в уравнение (3), получим:

$$\varepsilon = \frac{M_{\text{эл}} \cdot e^{\frac{-t_{\text{пр}} \cdot \beta}{J_{\text{пр}}}}}{J_{\text{пр}}}$$

В таблице 2 приведена зависимость углового ускорения от времени.

Таблица 2- Зависимость ε от $t_{\text{пр}}$.

$t_{\text{пр}}$	ε	$t_{\text{пр}}$	ε	$t_{\text{пр}}$	ε	$t_{\text{пр}}$	ε
0	461	0,7	53,5	1,4	6,2	2,1	0,72
0,1	339,3	0,8	39,4	1,5	4,6	2,2	0,5
0,2	249,4	0,9	28,9	1,6	3,36	-	-
0,3	183,4	1	21,3	1,7	2,5	-	-
0,4	134	1,1	15,64	1,8	1,84	-	-
0,5	99,1	1,2	11,5	1,9	1,3	-	-
0,6	72,8	1,3	8,5	2	0,98	-	-

На рисунке 4.4 показано изменение углового ускорения с течением времени

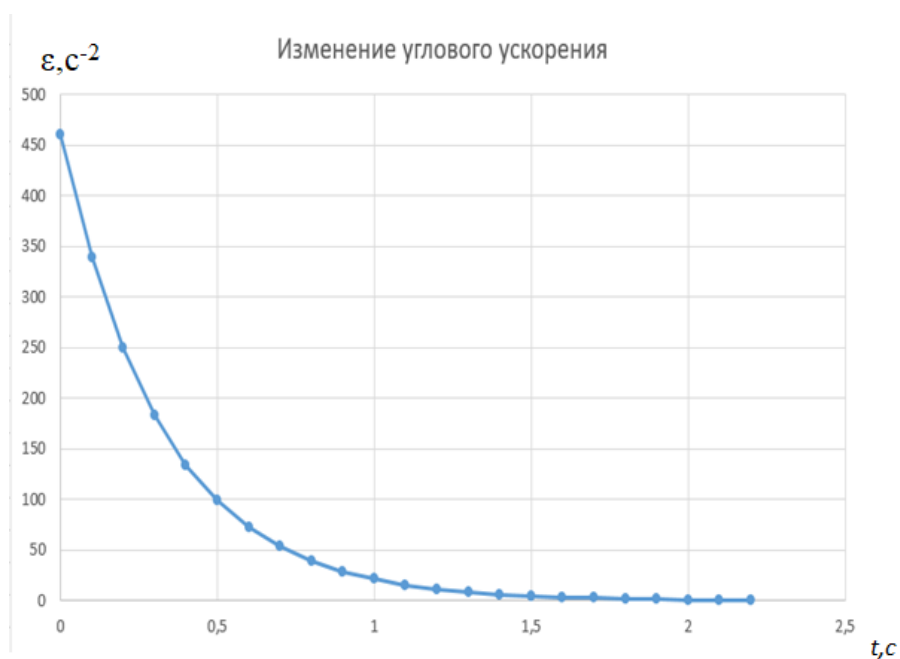


Рисунок 4.4 – График изменения углового ускорения

Проанализировав уравнение (3) и полученный график зависимости, мы видим, что функция углового ускорения уменьшается и стремится к нулю. Оценим интервал времени, за который произошел максимальный скачок угловой скорости привода. Получим $t_{\text{пр}} = 0,5\text{с}$. Определим среднее значение углового ускорения за это время:

$$\varepsilon = 244\text{с}^{-2}$$

Используя полученные данные найдем максимальное угловое смещение стержня на его свободном торце.

4.5 Расчет параметров напряженно-деформированного состояния вала

Используем известный метод сопротивления материалов и рассчитаем вал ЦН на кручение с известным приложенным моментом и заданной жесткостью. На рисунке 4.4 показана модель вала с присоединенным моментом инерции.

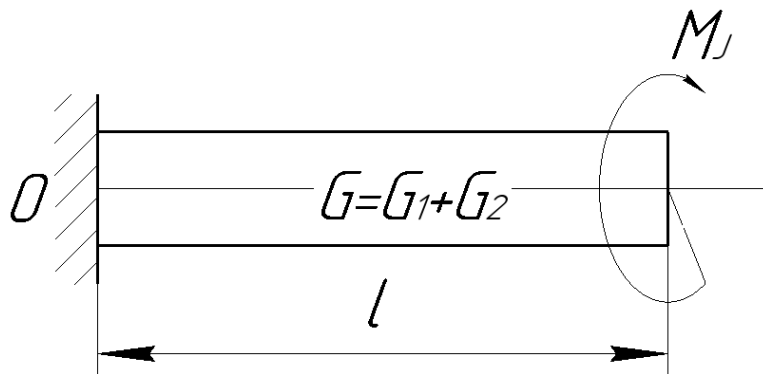


Рисунок 4.4 – Модель вала с присоединенным моментом сил инерции

Найдем момент инерции сечения вала:

$$J_{\Pi} = 2\pi \int_0^r r^3 dr = \frac{\pi d^4}{32} = 7,99 \cdot 10^{-6} \text{м}^4$$

Полярный момент сопротивления сечения вала:

$$W_P = \frac{J_P}{r} = \frac{\pi d^3}{16} = 1,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Момент действующий на вал в этом участке будет равен приложенному моменту сил сопротивления:

$$\sum m_x = M_0 - M_J = 0$$
$$M_0 = M_J = 66 \text{ Нм}$$

Зная максимальный момент инерции, действующий на этот участок найдем взаимный угол поворота сечений на расстоянии l . Эпюра угловзакручивания приведена на рисунке 4.5.

$$\varphi = \frac{M_J l}{GJ_P} = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ рад}$$



Рисунок 4.5 – Эпюра угловых смещений стержня

Максимальные касательные напряжения определим, как

$$\tau_{max} = \frac{M_J}{W_p} = 0,39 \text{ МПа}$$

Таким образом, полученные характеристики процесса крутильных колебаний вала можно в дальнейшем использовать для расчета прочности вала и его долговечности.

4.6 Расчет с учетом кавитации

Произведем численный расчет вращения вала с переменным моментом инерции:

Воспользуемся уже имеющимися исходными значениями:

$R = 0,2525$ м - внешний радиус РК насоса;

$r_1 = 47,5$ м - посадочный радиус колеса на вал;

$r_2 = 0,032$ м - радиус нижней границы сечения входа жидкости;

$V = 0,012519$ м³ - объем металла из которого состоит рабочее колесо;

$\rho_{\text{СЧ}} = 7100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ - плотность металла колеса СЧ20;

$\beta = 1 \text{ Н} \cdot \text{т} \cdot \text{с}$ коэффициент, учитывающий свойства жидкости и параметры колеса;

$\omega_0 = 150 \text{ с}^{-1}$ - угловая скорость установившегося режима работы;

$M_{\text{ВР}} = 240 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - момент вращения от двигателя;

$l = 1,346$ м - длина вала насоса;

$t = \frac{1}{18} \text{ с}$ - время полной смены объема жидкости в колесе;

$\rho_{\text{СТ}} = 7826 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ - плотность металла вала Сталь 45;

$m_{\text{Ж}} = 12,5$ кг - масса жидкости в рабочем колесе;

Найдем массу вращающихся элементов насоса:

$m_{\text{РК}} = V \cdot \rho_{\text{СЧ}} = 13,277$ кг - масса рабочего колеса без жидкости;

Для расчета массы вала, найдем площадь поперечного сечения и умножим на длину:

$A = \pi \cdot r_1^2 = 0.00181 \text{ м}^2$ - площадь поперечного сечения вала;

$V_{\text{В}} = l \cdot A = 0.002714 \text{ м}^3$ - объем вала круглого сечения;

Рассчитаем массу вала для этого умножим полученный объем на плотность стали:

$$m_{\text{вал}} = V_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{ст}} = 21,242 \text{ кг}$$

Найдем момент инерции подвижной системы:

$$J_{\text{вал}} = \frac{1}{2} m_{\text{вал}} \cdot r_1^2 = 6118 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 - \text{момент инерции вала};$$

$$J_{\text{РК}} = \frac{1}{2} m_{\text{РК}} \cdot (R^2 - r_1^2) = 0,199 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 - \text{момент инерции рабочего колеса};$$

$$J_{\text{ж}} = \frac{1}{2} m_{\text{ж}} \cdot (R^2 - r_2^2) = 0,44 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 - \text{момент инерции жидкости в рабочем колесе};$$

$$J_{0\partial} = J_{\text{РК}} + J_{\text{ж}} = 0,244 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 - \text{суммарный момент инерции жидкости и колеса};$$

$$J_{\partial}^* = 0232 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 - \text{усредненный по времени момент инерции рабочего колеса с жидкостью}.$$

Рассчитаем изменение угловой скорости при возникновении кавитации.

Для этого подставим полученные выше значения в уравнения:

$$\gamma = - \left(\frac{\pm J_{0\partial} + \beta}{\pm J_{0\partial} \alpha} \right) = 1,278$$

$$\omega_{\text{неод}} = \frac{\omega_0 (\pm J_{0\partial} \alpha + \beta) - M_{\text{вр}}}{(\pm J_{0\partial} \alpha + \beta)(J_{0\partial} + J_0)^\gamma} [J_{0\partial} (1 \pm \alpha t) + J_0]^\gamma + \frac{M_{\text{вр}}}{\pm J_{0\partial} \alpha + \beta} = 184 \text{ с}^{-1}$$

В результате возникновения кавитации, момент инерции колеса уменьшился, за счет уменьшения массы присоединенной жидкости. При этом угловая скорость вращения вала достигает значения $\omega_{\text{неод}} = 184 \text{ с}^{-1}$. Она изменилась на величину $\Delta\omega = 34 \text{ с}^{-1}$.

Исходя из изменения угловой скорости за известный промежуток времени, рассчитаем возникшее угловое ускорение:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{t} = 615 \text{ c}^{-1}$$

Решим задачу на кручение вала ЦН заданной жесткости и с известным крутящим моментом, приложенным к его свободному торцу. Схема представлена на рисунке 4.6

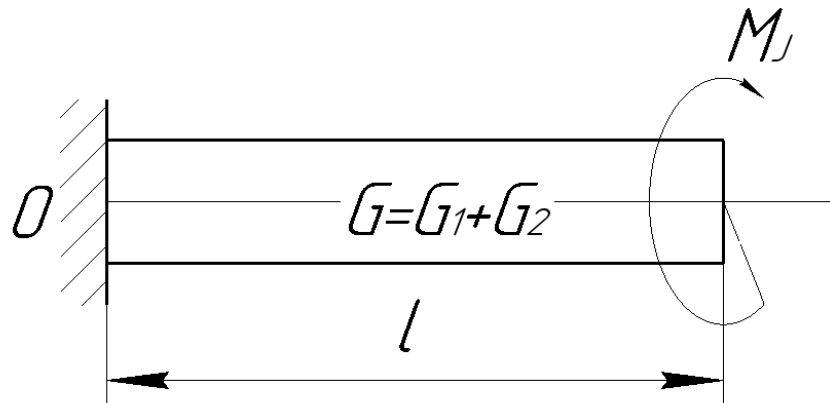


Рисунок 4.6 – Модель вала с присоединенным моментом сил инерции

Найдем момент инерции сечения вала:

$$J_P = 2\pi \int_0^r r^3 dr = \frac{\pi d^4}{32} = 3.2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4$$

Полярный момент сопротивления сечения вала:

$$W_P = \frac{J_P}{r} = \frac{\pi d^3}{16} = 2.7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Момент действующий на вал в этом участке будет равен приложенному моменту сопротивления:

$$M_J = \varepsilon \cdot J_{\partial}^* = 141 \text{ Нм}$$

$$\sum m_x = M_0 - M_J = 0$$

$$M_0 = M_J = 66 \text{ Нм}$$

Зная максимальный момент инерции, действующий на этот участок найдем взаимный угол поворота сечений на расстоянии l .

$$\varphi = \frac{M_J l}{GJ_P} = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ рад}$$



Рисунок 4.7 – Эпюра угловых смещений стержня

Максимальные касательные напряжения определим, как

$$\tau_{max} = \frac{M_J}{W_p} = 0,84 \text{ МПа}$$

В данном случае максимальное угловое смещение более чем в два раза превышает значение, полученное в первом случае. Следовательно, воздействие кавитации приводит к большим деформациям, что способно уменьшает долговечность работы вала в большей степени.

5 Численная симуляция рабочего колеса с валом

5.1 Конечно элементная модель

Для уточнения результатов, полученных в разделе 4, разработана конечноэлементная модель рабочего колеса с валом. На рисунке 5.1 показана геометрическая модель рабочего колеса с валом

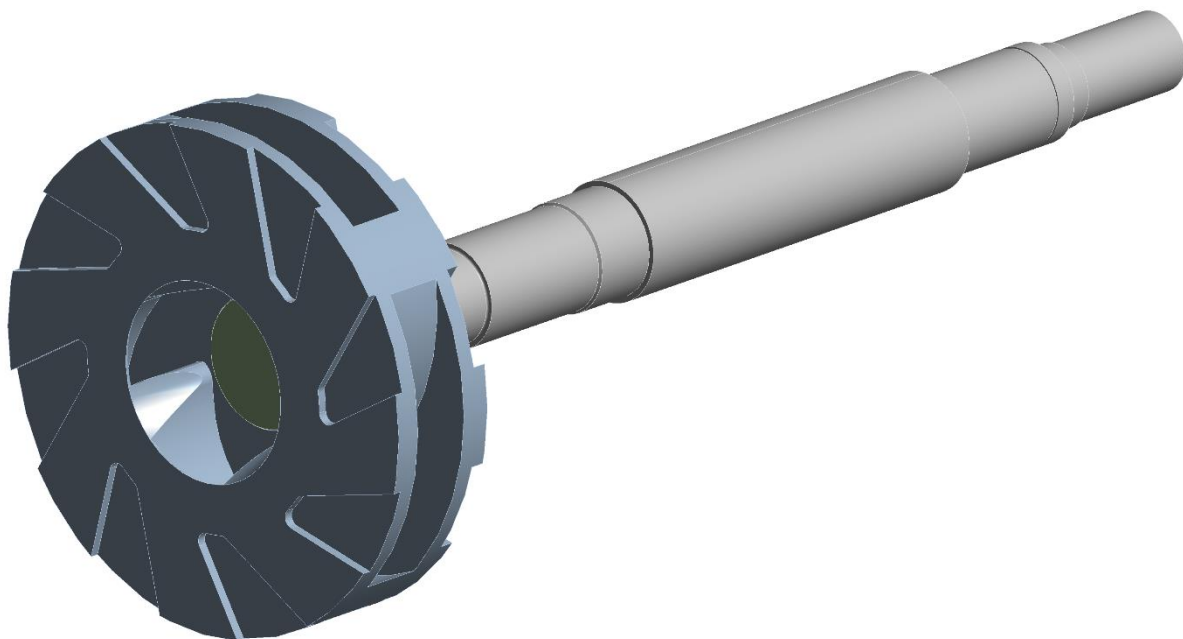


Рисунок 5.1 – Геометрическая модель вала с рабочим колесом

На рисунке 5.23 показано конечноэлементное разбиение геометрической модели.

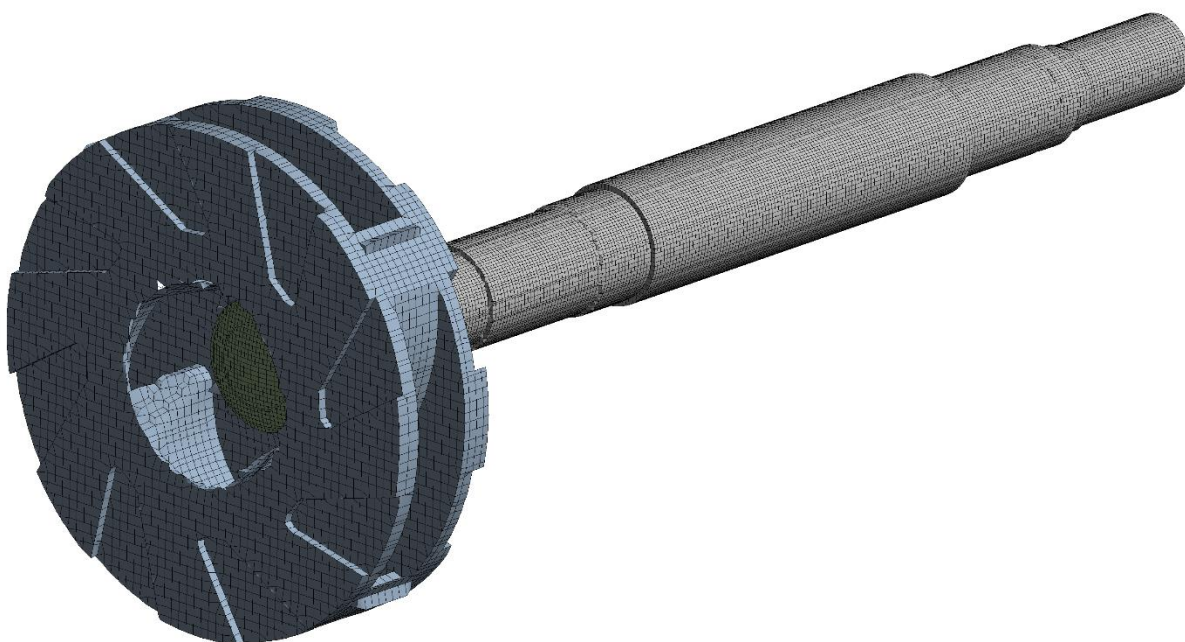


Рисунок 5.2 – Конечноэлементное разбиение геометрической модели

Для разработки конечноэлементной модели использован программный комплекс конечноэлементного моделирования ANSYS и среда разработки Workbench. Конечноэлементная модель состоит преимущественно из восьмиузловых гексаэдральных элементов типа HEX20. Модель содержит 640477 узлов и 145019 элементов.

5.2 Граничные условия

Граничные условия, задаваемые при численном моделировании, соответствуют условиям работы вала в составе конструкции насоса и воздействиям, определенным в пп. 4.4, 4.6. На рисунке 5.3 показаны граничные условия, приложенные к численной модели

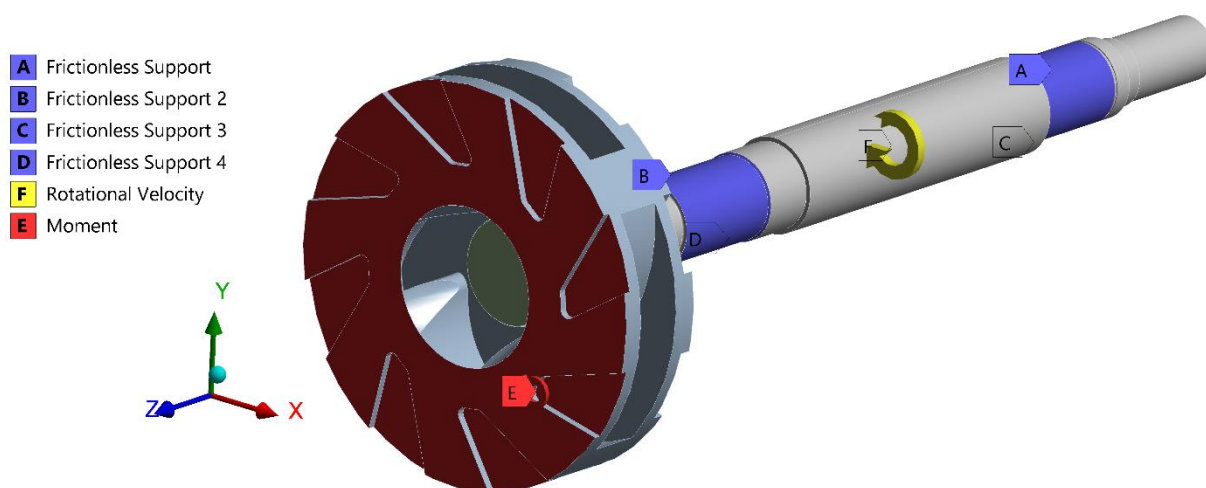


Рисунок 5.3 – Граничные условия

Граничные условия типа Frictionless Support (скользящая без трения опора) приложены к посадочным местам и заплечикам подшипников, условие типа Rotation Velocity (угловая скорость) приложено к валу, и соответствует определенному в пп. 4.4, 4.6 для соответствующих расчетов. Момент сил сопротивления (условие типа Moment) приложено к торцевой поверхности рабочего колеса. Данное упрощение не оказывает существенного влияния на точность расчетов.

5.3 Расчет собственных форм и частот колебаний

Для определения собственных форм и частот колебаний произведен модальный анализ. Определены первые 5 собственных форм колебаний. В таблице 5.1 приводятся значения собственных частот и соответствующих эффективных масс.

Таблица 5.1 – собственные формы и частоты колебаний

Номер моды	Частота, Гц
1	78,42
2	99,78

Продолжение таблицы 5.1

3	350,96
4	583,43
5	896,05

На рисунках 5.4 – 5.8 показаны формы колебаний, соответствующие частотам, приведенным в таблице 5.1

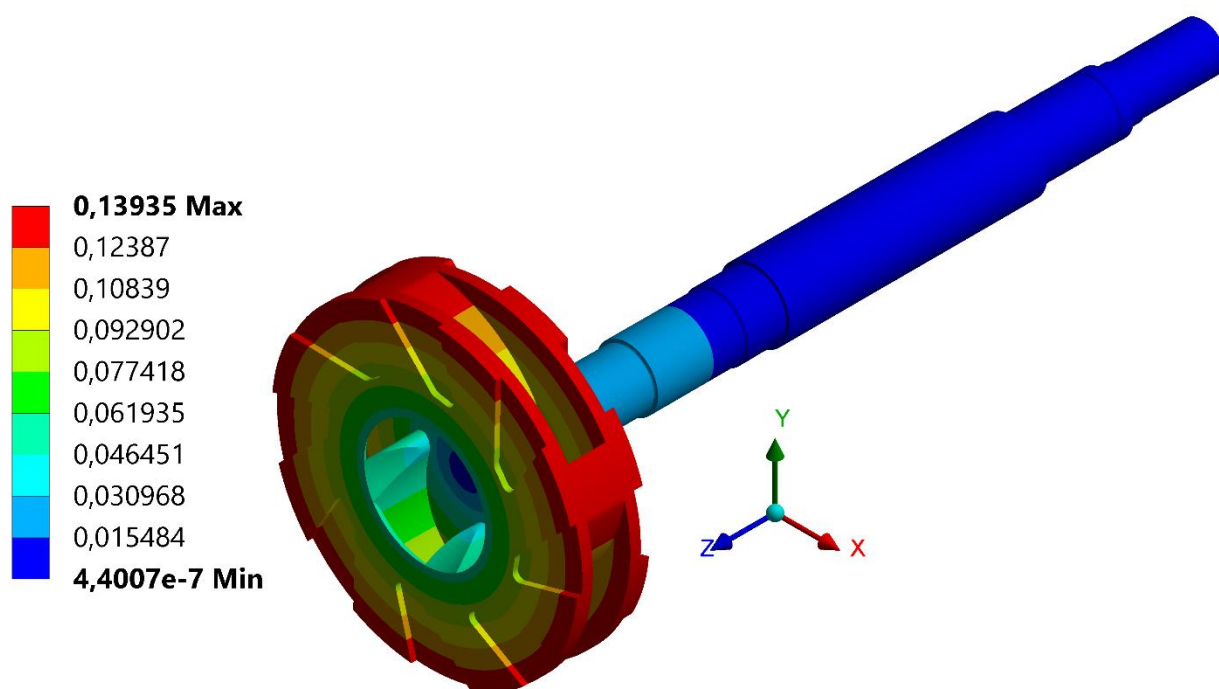


Рисунок 5.4 – Первая форма колебаний (крутильные колебания)

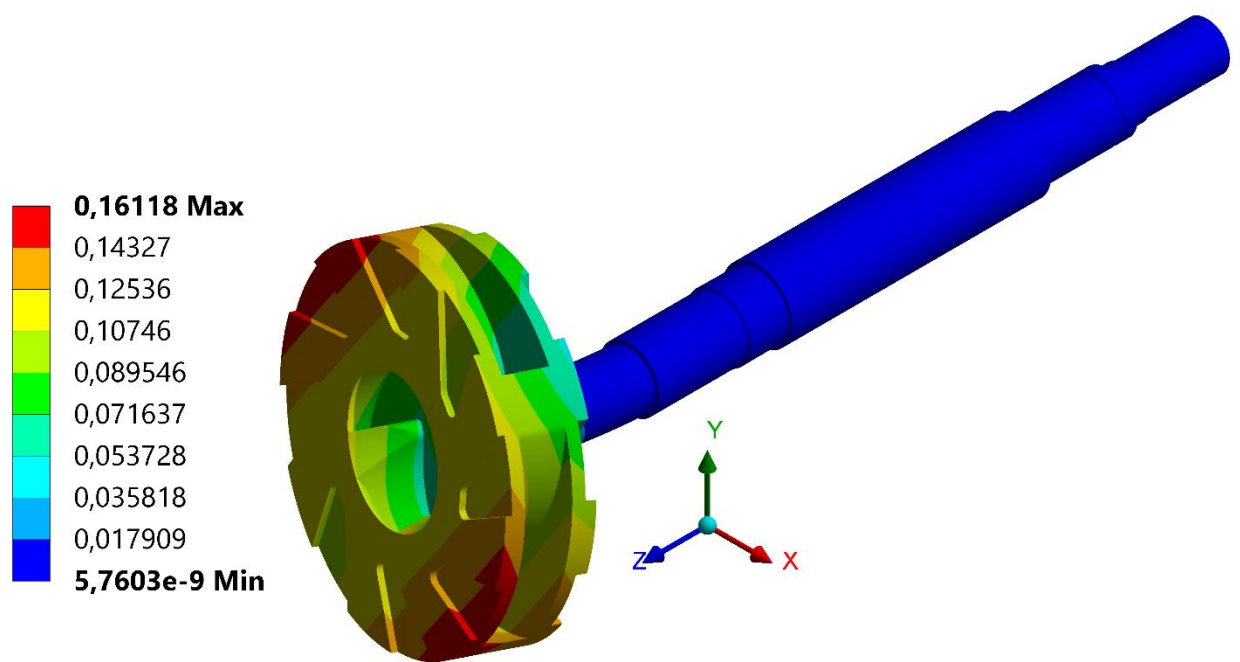


Рисунок 5.5 – Вторая форма колебаний

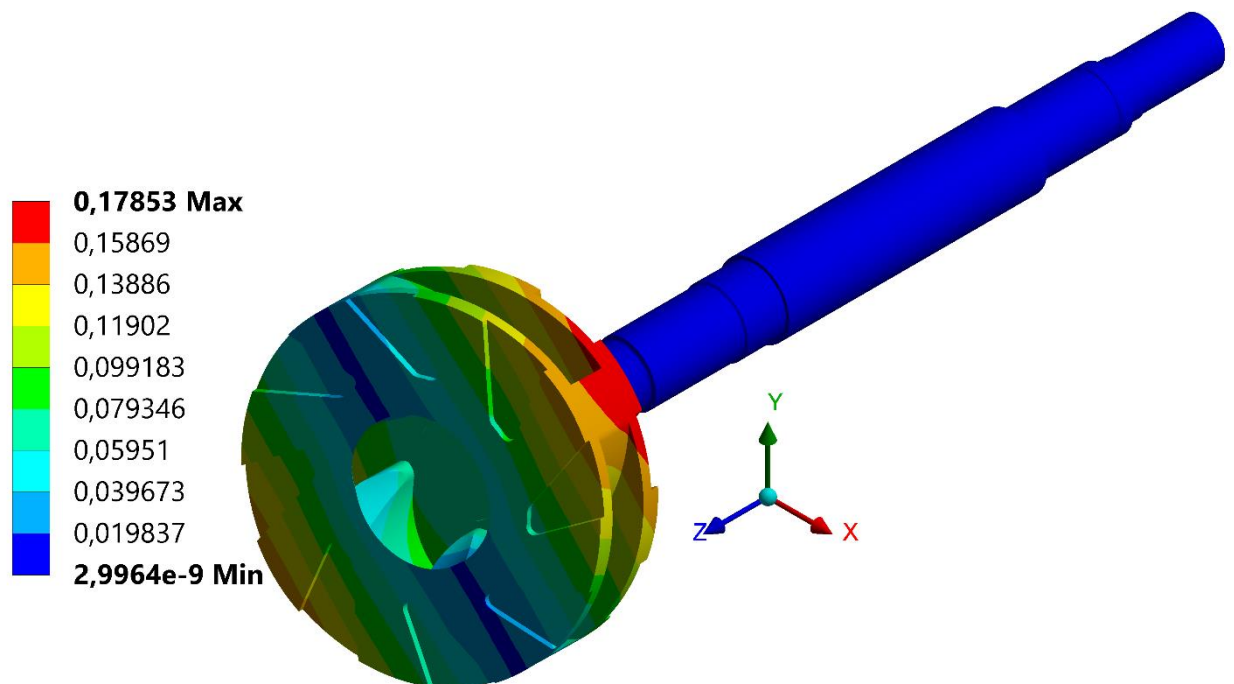


Рисунок 5.6 – Третья форма колебаний

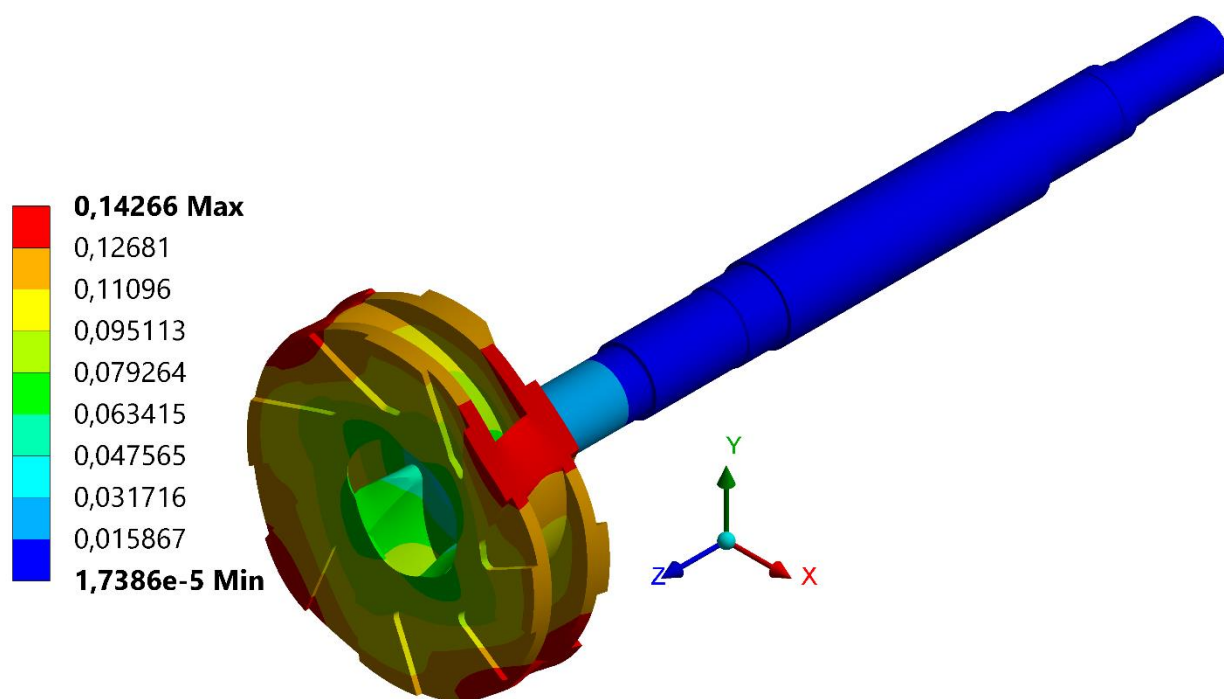


Рисунок 5.7 – Четвертая форма колебаний

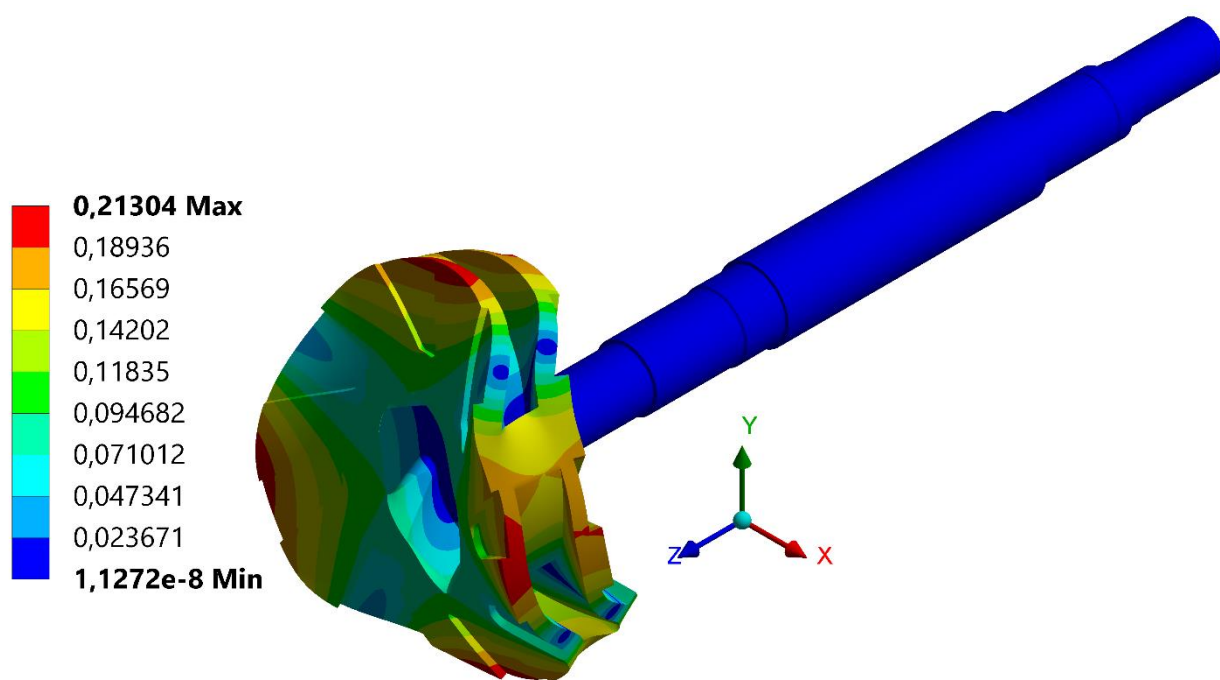


Рисунок 5.8 – Пятая форма колебаний

5.4 Расчет напряженно-деформированного состояния системы вал – рабочее колесо без кавитации

Для оценки напряженно-деформированного состояния модели использован модуль ANSYS Static Structural, предназначенный для решения линейных задач механики деформируемого твердого тела. Граничные условия соответствуют описанным в п. 5.2 Угловая скорость задана $148,5 \text{ с}^{-1}$, момент сил сопротивления задан 66 Нм в соответствии с п. 4.4.

На рисунке 5.9 показано распределение интенсивности напряжений по системе вал – рабочее колесо

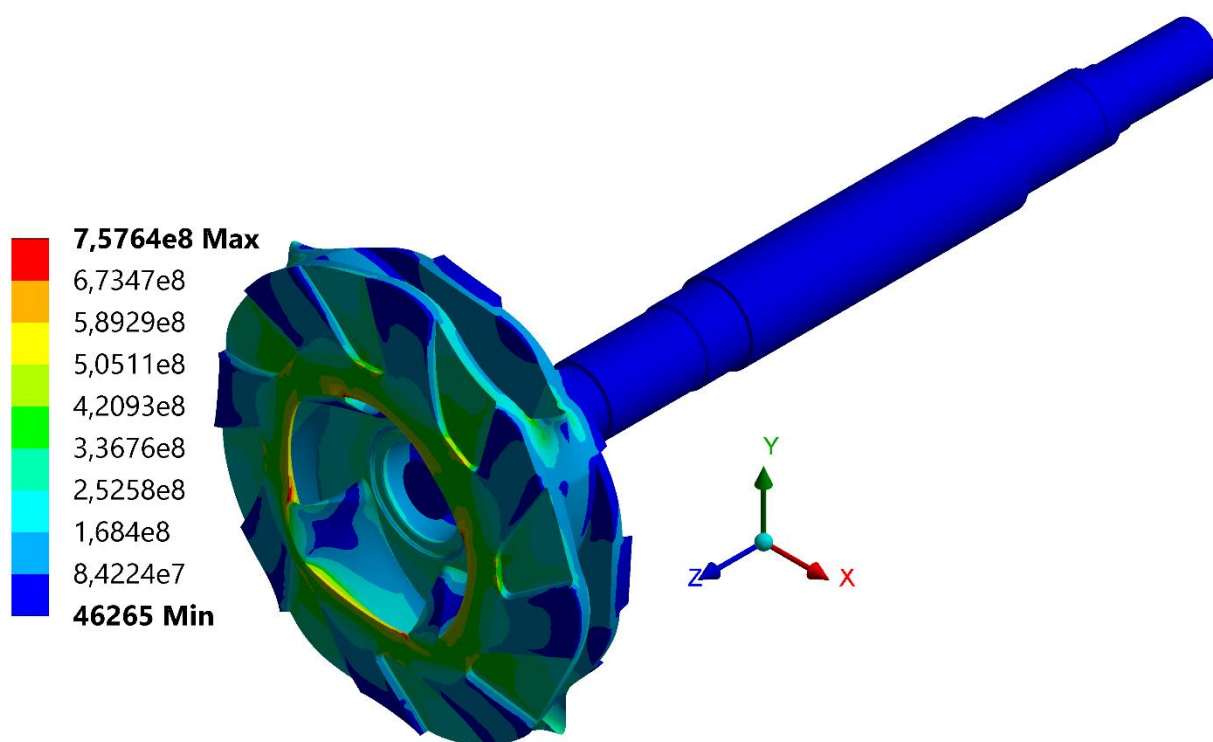


Рисунок 5.9 – Распределение интенсивности напряжений по полной модели

На рисунке 5.10 показано распределение интенсивности напряжений по рабочему колесу

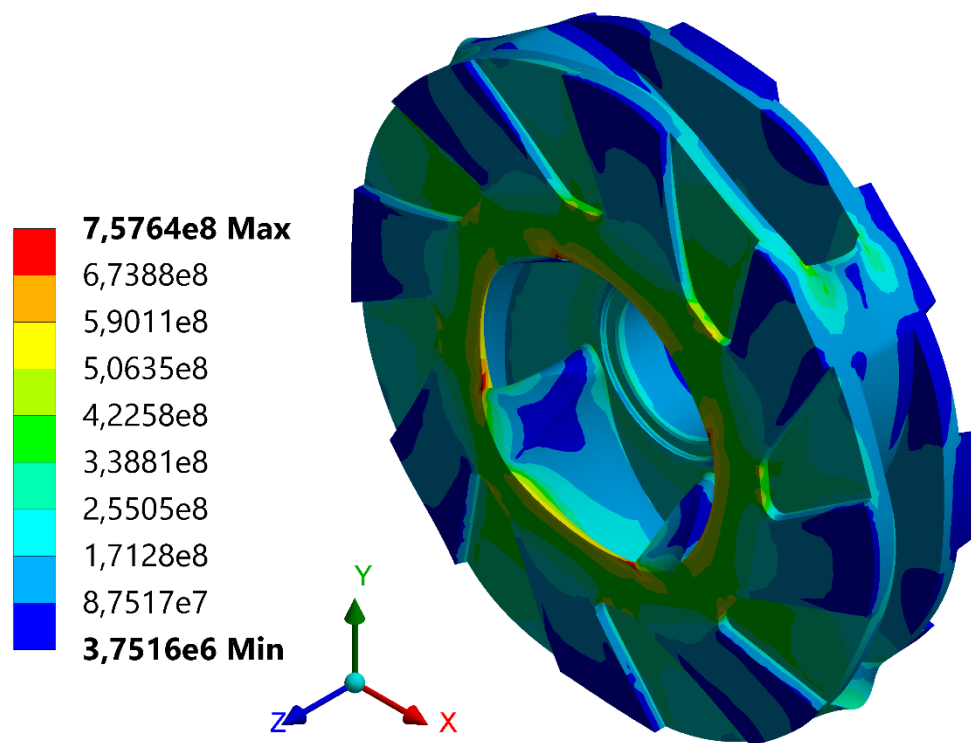


Рисунок 5.10 – Распределение интенсивности напряжений по рабочему колесу

На рисунке 5.11 показано распределение интенсивности напряжений по валу

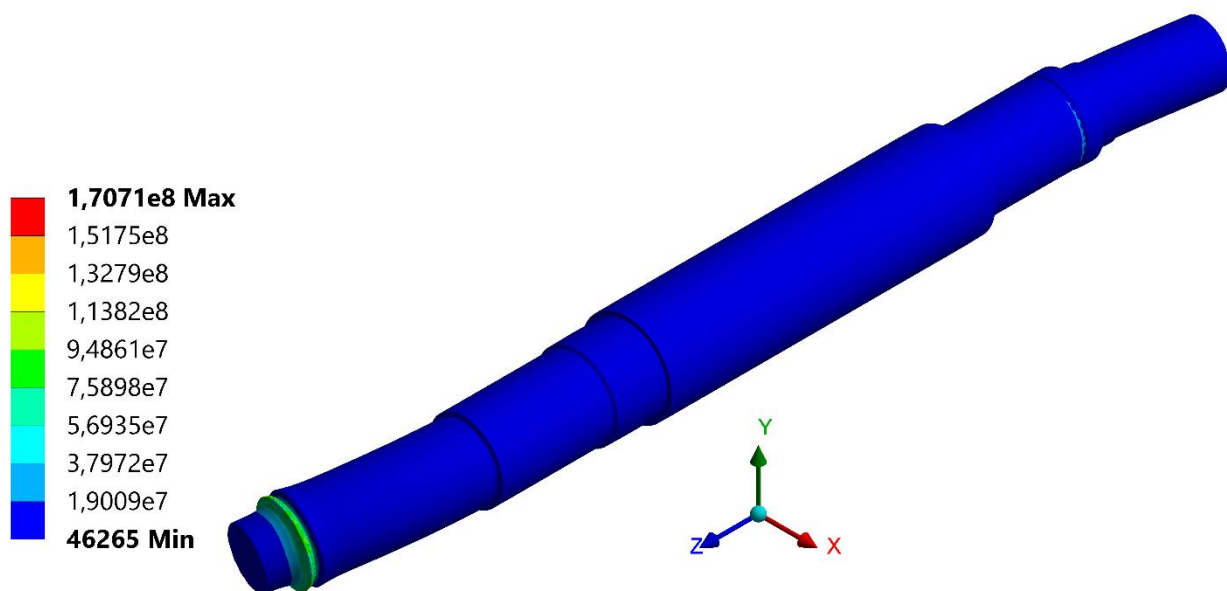


Рисунок 5.11 – Распределение интенсивности напряжений по валу

В таблице 5.2 приведены значения реакций опор в местах посадки подшипников на вал. Опора 1 – ближайшая к колесу, опора 2 – соответственно, ближайшая к двигателю.

Таблица 5.2 – Реакции опор

	Опора 1	Опора 2
Реакция вдоль оси X, Н	2951,6	5774,8
Реакция вдоль оси Y, Н	1131,2	20,093
Реакция вдоль оси Z, Н	0	6467,5
Суммарная реакция, Н	3160,9	8670,5

5.5 Расчет напряженно-деформированного состояния системы вал – рабочее колесо с учетом кавитации

Для оценки напряженно-деформированного состояния модели использован модуль ANSYS Static Stuctural, предназначенный для решения линейных задач механики деформируемого твердого тела. Граничные условия соответствуют описанным в п. 5.2 Угловая скорость задана $184,5 \text{ с}^{-1}$, момент сил сопротивления задан 141 Нм в соответствии с п. 4.4.

На рисунке 5.12 показано распределение интенсивности напряжений по системе вал – рабочее колесо

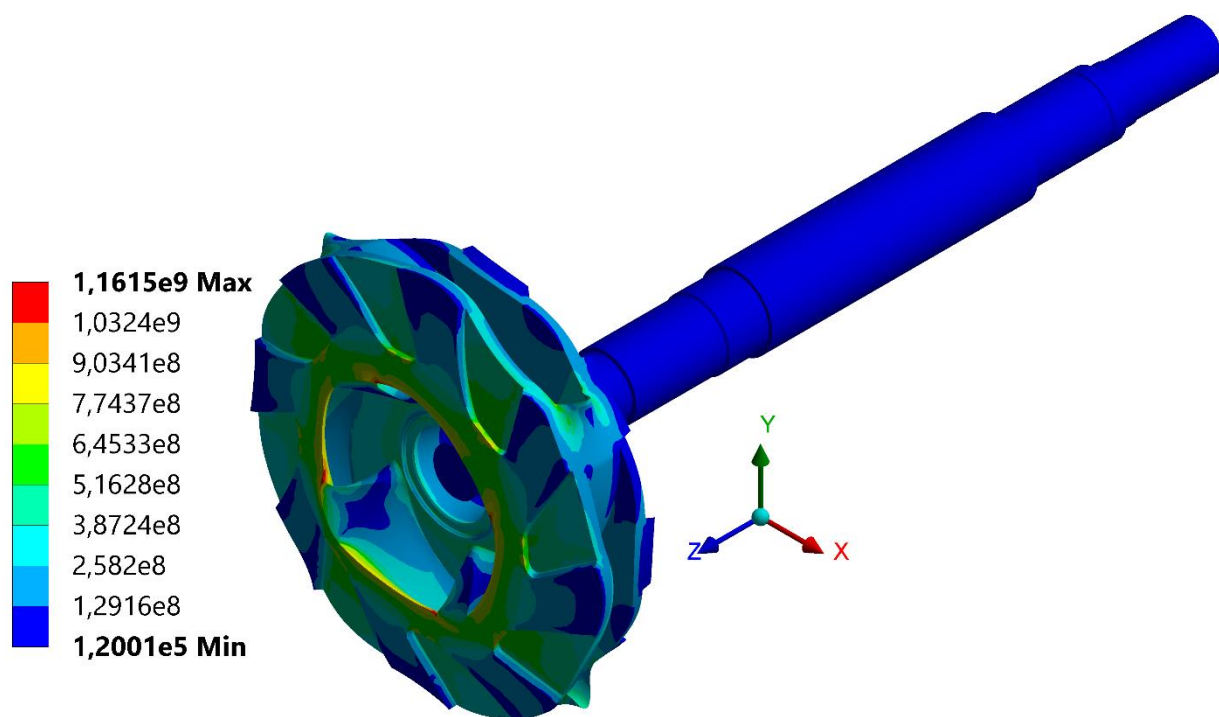


Рисунок 5.12 – Распределение интенсивности напряжений по полной модели

На рисунке 5.13 показано распределение интенсивности напряжений по рабочему колесу

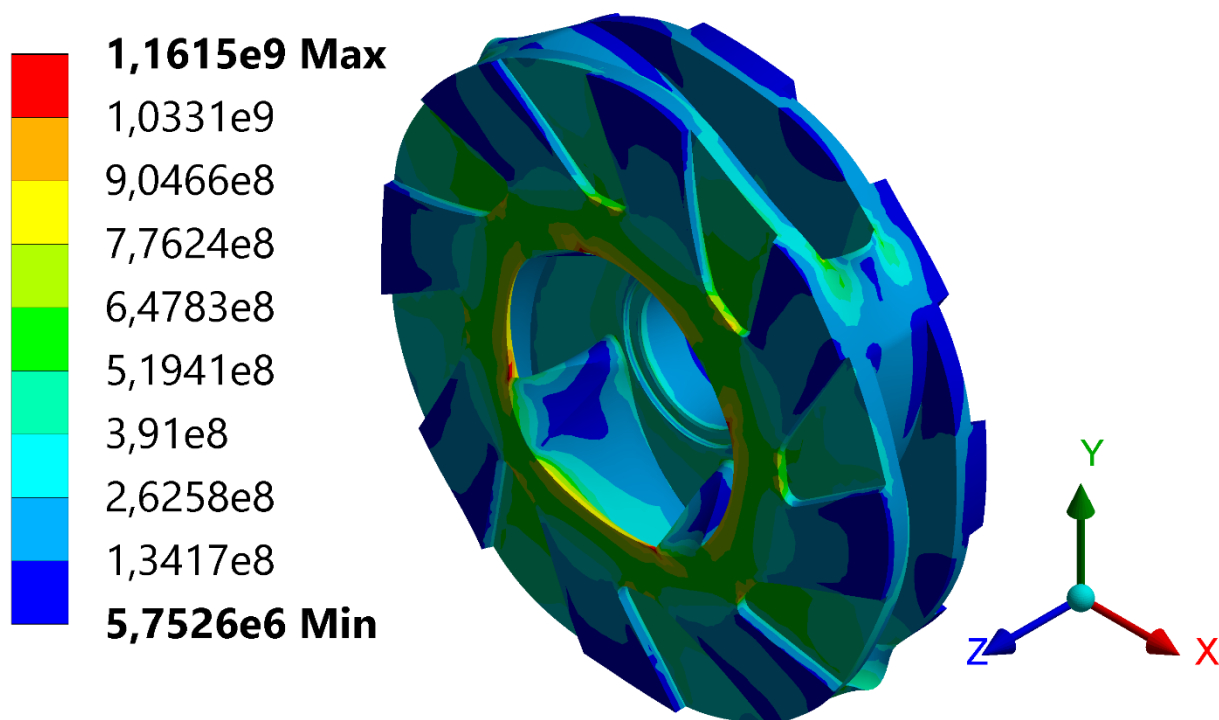


Рисунок 5.13 – Распределение интенсивности напряжений по рабочему колесу

На рисунке 5.14 показано распределение интенсивности напряжений по валу

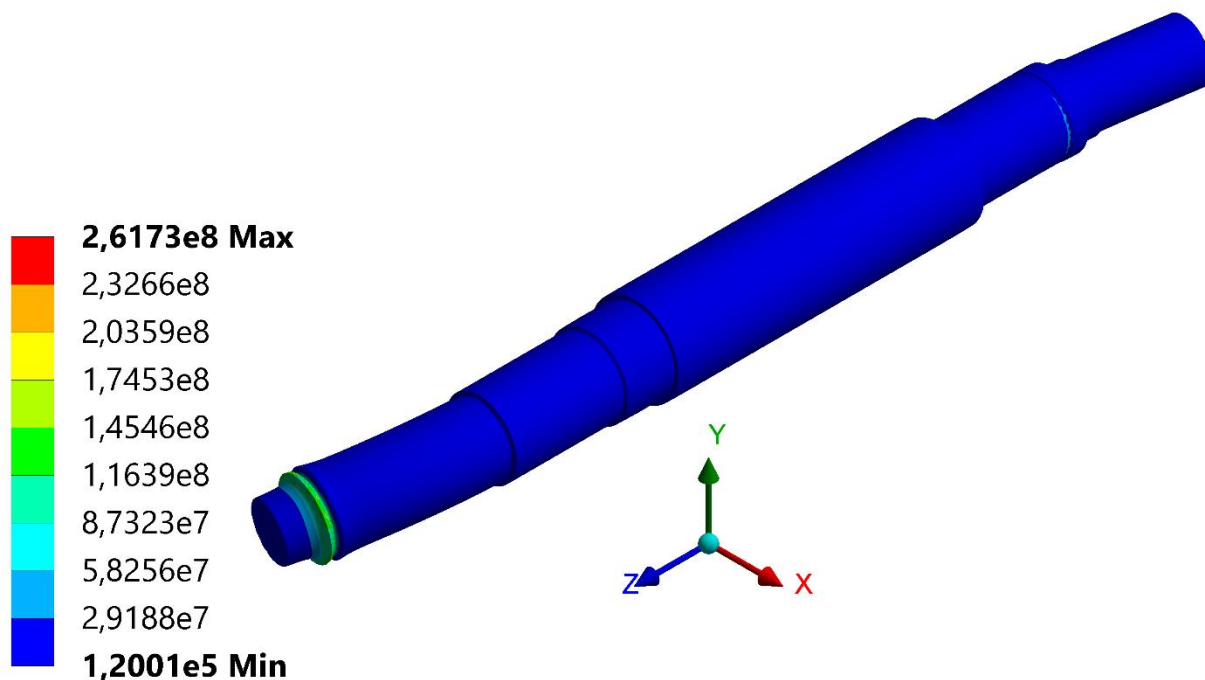


Рисунок 5.14 – Распределение интенсивности напряжений по валу

В таблице 5.3 приведены значения реакций опор в местах посадки подшипников на вал. Опора 1 – ближайшая к колесу, опора 2 – соответственно, ближайшая к двигателю.

Таблица 5.3 – Реакции опор

	Опора 1	Опора 2
Реакция вдоль оси X, Н	4524,9	8853,0
Реакция вдоль оси Y, Н	1734,3	30,848
Реакция вдоль оси Z, Н	0	9907,4
Суммарная реакция, Н	4845,9	13287,0

5.5 Анализ результатов и предложения по модернизации насоса

Сравнивая результаты расчетов, полученные в разделах 4.4, 4.5 получаем, что кавитация способна увеличить нагрузку на вал, более чем в 2 раза. Из анализа численной модели, получено, что влияние кавитации приводит

к увеличению интенсивности напряжений в деталях насоса и нагрузок на подшипники примерно на 35 %. Таким образом, целесообразно применять меры по снижению кавитации. Ввиду того, что изменение геометрии рабочего колеса влечет за собой большой объем проверочных расчетов, и, скорее всего, необходимость внесения изменений в другие узлы насоса, целесообразным является использование гидрофобизирующих покрытий. Ввиду специфики работы грунтовых насосов, наиболее рациональным является создание на рабочем колесе покрытия на основе солей меди.

Таким образом, предлагается следующее решение по модернизации насоса: внесение в технологический процесс изготовления рабочего колеса этапа создания гидрофобизирующего покрытия на основе солей меди.

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

Студенту:

Группа	ФИО		
3-4Е41	Турабеков Руслан Ильдарович		
Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОНД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.02. «Технологические машины и оборудование»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Материально-технические ресурсы: 91 970 рублей. Человеческие ресурсы – 2 человек. Стоимость: 437 048 рублей.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премияльный коэффициент 30%; коэффициент дополнительной заработной платы 15%; .сумма накладных расходов составит 84 643 районный коэффициент 1.3%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент, учитывающий отчисления во внебюджетные фонды 27.1%. ЕСН, НДС

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	-Произвел оценку коммерческого потенциала -Анализ конкурентных технических решений -SWOT-анализ
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Определение трудоемкости выполнения работ, разработка плана и графика выполнения проекта Формирование бюджета затрат на проектирование: материальные затраты, заработная плата (основная и дополнительная), отчисления на социальные цели, накладные расходы, амортизационные отчисления.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет интегральных показателей ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности технических решений;
2. Матрица SWOT;
3. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
4. Альтернативы проведения НИ;
График проведения и бюджет НИ.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Трубникова Наталья Валерьевна	д.и.н. доц.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е41	Турабеков Руслан Ильдарович		

6 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

6.1 Потенциальные потребители результатов исследований

Для анализа потребителей результатов исследований необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок - это сегменты рынка, на котором в будущем планируется продавать разработку.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы.

Сегментировать нашу разработку мы будем по отраслевому признаку.

Результаты представим в виде таблицы 1:

Таблица 6.1 - Карта сегментирования рынка научных разработок.

Размер	Вид отрасли		
компаний	Металлургическая промышленность	Химическая отрасль	Хлопкоперерабатывающая отрасль
Крупные			
Средние			
Мелкие			

Фирма 1	
Фирма 2	
Фирма 3	

Результатом сегментирования является:

- основной сегмент рынка – металлургическая и хлопкоперерабатывающая отрасль, так как там отсутствуют крупные компании-конкуренты.

6.2 Анализ конкурентных технических решений

С позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения анализ конкурентных технических решений позволяет провести оценку сравнительной

эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Для этого составим таблицу 6.2, где пронумеруем рассматриваемые варианты. Таблица 6.2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Кисп.1	Кисп.2	Кисп.3
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надёжность	0,3	3	2	3	0,9	0,6	0,9
2. Удобство в эксплуатации	0,2	3	2	3	0,6	0,4	0,6
3. Безопасность	0,1	3	4	3	0,3	0,4	0,3
4. Лёгкость монтажа	0,04	4	3	2	0,16	0,12	0,08
5. Цена	0,14	3	2	2	0,42	0,28	0,28
6. Затраты на на монтаж и установку	0,04	3	4	2	0,12	0,16	0,08
7. Затраты на обслуживание и ремонт	0,06	4	2	3	0,24	0,12	0,18
8. Сроки эксплуатации	0,1	3	2	2	0,3	0,2	0,2
9. Энергоэкономичность	0,02	3	4	3	0,06	0,08	0,06
Итого	1	29	25	23	3,1	2,36	2,68
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность	0,4	3	2	2	1,2	0,8	0,8
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,3	2	1	2	0,6	0,3	0,6
3. Послепродажное обслуживание	0,2	3	3	2	0,6	0,6	0,4
4. Наличие сертификации	0,1	3	3	2	0,3	0,3	0,2
Итого	1	11	9	8	2,7	2	2

6.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ, который применяется для исследования внутренней и внешней среды.

Результаты SWOT – анализа представим в таблице 6.3:

Таблица 6.3 – SWOT – анализ.

	Возможности 1. Увеличение доли рынка и объемов деятельности. 2. Победа в конкурентной борьбе. 3. Усиление поддержки государства в сфере малого бизнеса.	Угрозы 1. Рост инфляции. 2. Появление более сильных конкурентов.
	Поле С и В	Поле С и У
Сильные стороны 1. Современное оборудование 2. Высокое качество услуг 3. Низкие цены на услуги. 4. Индивидуальный подход к клиенту	- выход на новые рынки - долгосрочная стратегия развития и квалифицированный персонал позволят использовать все возможности	- проведение долгосрочной стратегии позволит нивелировать негативное влияние изменение курса валют, изменений в налоговом законодательстве и пр. - грамотно сформулированная маркетинговая стратегия позволят нивелировать отрицательное влияние конкурентов и отрицательное влияние конъюнктуры рынка - уникальность технологий производства при высоком качестве продукции позволит выиграть в конкурентной борьбе
	Поле Сл и В	Поле Сл и У
Слабые стороны 1. Недостаточный управленческий опыт. 2. Еще не сформировавшийся имидж. 3. Незнание клиентов об ателье снижают доход предприятия	- преодоление проблемы низкой осведомленности потребителей о продукции предприятия позволит увеличить долю рынка - рост заинтересованности персонала в управленческих решениях повысит мотивацию, производительность труда, снизит текучесть кадров - снижение налогов сделает себестоимость работ ниже, что при сохранении имеющегося уровня цен позволит получить дополнительные доходы и обойти конкурентов	- появление новых конкурентов с более низким уровнем цен (и качества) приведет к потере покупателей, и, следовательно, к снижению выручки и объемов деятельности - повышение налогов на ведение бизнеса приведет к снижению прибыли предприятия - неполная загруженность производства, срыв сроков выполнения работ (например, из-за задержки поставок материалов) может привести к штрафам и пеням, или даже к банкротству предприятия

6.4 Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе нам необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 6.4:

Таблица 6.4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей, %
Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель	100%
Составление и утверждение ТЗ	Научный руководитель	100%
	Инженер	10%
Подбор и изучение материалов по тематике	Научный руководитель	100%
	Инженер	10%
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Научный руководитель	80%

Этапы работы	Исполнители	Загрузка
	Инженер	60%
Построение макетов и проведение экспериментов	Научный руководитель	15%
	Инженер	100%
Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель	40%
	Инженер	60%
Календарное планирование работ	Научный руководитель	100%
	Инженер	10%
Разработка блок-схем	Научный руководитель	100%
	Инженер	60%
Выбор и расчет конструкций	Научный руководитель	100%
	Инженер	60%
Выбор материалов и оборудования	Инженер	100%
Составление эксплуатационно-технической документации по проекту	Инженер	100%
Оформление патента	Инженер	100%
Подведение итогов	Научный руководитель	100%
	Инженер	25%
ИТОГО		

Определение трудоёмкости выполнения работ.

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{ож_i} = \frac{3 \cdot t_{min_i} + 2 \cdot t_{max_i}}{5};$$

$t_{ож_i}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

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

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

Исходя из ожидаемой трудоёмкости определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях, учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, по следующей формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож_i}}{Ч_i},$$

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

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

В нашем случае работа выполняется в индивидуальном порядке, соответственно продолжительность каждой работы будет равна:

$$T_{pi} = t_{ож_i}.$$

Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{kal};$$

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

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

T_k - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{kal} = \frac{T_{kal}}{T_{kal} - T_{вых} - T_{пр}},$$

где: T_{kal} - количество календарных дней в году;

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

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

Определим коэффициент календарности на 2019 год:

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе округляем до целого числа.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу 6.5.

Таблица 6.5 - Временные показатели проведения научного исследования.

Этапы работы	Исполнители Загрузка исполнителей, %		Продолжительность работ, дни			Трудоёмкость работ по исполнителям, чел.-дн			
						Траб.дн		Ткал.дн	
			tmin	tmax	тож	Научный руководитель	Инженер	Научный руководитель	Инженер
Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель	100%	1	2	1,4	1,4		2,4	0

Составление и утверждение ТЗ	Научный руководитель	100%	2	4	2,8	2,8	0,28	4,8	0,5
	Инженер	10%							
Подбор и изучение материалов по тематике	Научный руководитель	100%	2	4	2,8	2,8	0,28	4,8	0,5
	Инженер	10%							
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Научный руководитель	80%	6	10	7,6	6,08	4,56	10,3	7,8
	Инженер	60%							
Построение макетов и проведение экспериментов	Научный руководитель	15%	4	7	5,2	0,78	5,2	1,3	8,9
	Инженер	100%							
Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель	40%	3	6	4,2	1,68	2,52	2,9	4,3
	Инженер	60%							
Календарное планирование работ	Научный руководитель	100%	2	4	2,8	2,8	0,28	4,8	0,5
	Инженер	10%							
Разработка блок-схем	Научный руководитель	100%	5	10	7	7	4,2	11,9	7,2
	Инженер	60%							
Выбор и расчет конструкций	Научный руководитель	100%	6	10	7,6	7,6	4,56	12,9	7,8
	Инженер	60%							
Выбор материалов и оборудования	Инженер	100%	4	8	5,6		5,6	0,0	9,6
Составление эксплуатационно-технической документации и по проекту	Инженер	100%	3	7	4,6		4,6	0,0	7,8
Оформление патента	Инженер	100%	4	6	4,8		4,8	0,0	8,2
Подведение итогов	Научный руководитель	100%	4	8	5,6	5,6	1,4	9,5	2,4
	Инженер	25%							
ИТОГО					62,00	38,54	38,28	65,43	65,29

Расчет материальных затрат на НТИ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в таблицу 6.6.

Таблица 6.6 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Общие затраты, руб.	ТЗР	Всего с учетом ТЗР
Компьютер	шт	1	52 000	52 000	2 600	54 600
Принтер	шт	1	25 000	25 000	1 250	26 250
Бумага формата А4	упаковка	3	230	690	35	725
Ватман	шт	10	60	600	30	630
Набор ручек	шт	20	15	300	15	315
Краска для заправки картриджей	шт	10	800	8 000	400	8 400
Папки для бумаг	шт	20	45	900	45	945
Набор простых карандашей	шт	10	10	100	5	105
Итого				87 590	4 380	91 970

Основная заработная плата исполнителей

Заработная плата инженера-проектировщика (студента), инженера-проектировщика определяется как:

дополнительная заработная плата, составляет
основная заработная плата.

Размер основной заработной платы определяется по формуле:

$$З_{осн} = З_{зн} \cdot T_p;$$

среднедневная заработная плата;

T_p – суммарная продолжительность работ, выполняемая научно-техническим работником в соответствии с таблицей 6.7

Размер среднедневной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$З_{зн} = \frac{З_M \cdot M}{F_d};$$

месячный оклад научно-технического работника;

количество месяцев работы без отпуска

(для пятидневной рабочей недели и отпуске в 24 рабочих дней);

F_d – действительный годовой фонд научно технического персонала (определяется за вычетом выходных, праздничных и больничных дней).

В представленной ниже таблице 6.7 представлен баланс рабочего времени:

Таблица 6.7 - Баланс рабочего времени.

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	121	121
- выходные дни	104	104
- праздничные дни	17	17
Потери рабочего времени	29	30
- отпуск	24	24
- невыходы по болезни	5	6
Действительный годовой фонд рабочего времени	215	214
Коэффициент календарности, Тк	1,698	1,706

Коэффициент выполнения работ, Квн	1,0	1,0
Коэффициент,учитыв. непредвид задержки, Кд	1,0	1,0

Месячный оклад научно-технического работника определяется по формуле:

$$З_M = З_{ТС} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p;$$

заработная плата по тарифной ставке;

k_{np} – премиальный коэффициент, равный

k_d – коэффициент доплат и надбавок, составляет примерно

k_p – районный коэффициент, для Томска равен 1,3.

Основная заработная плата сотрудников представлена в таблице 5.8:

Таблица 5.8 - Основная заработная плата сотрудников.

Исполнители	З _{ТС} , руб.	k_{np}	k_d	k_p	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Траб. дн.	З _{осн} ,руб.
Руководитель	48 000	0,30	0,50	1,30	112320	5 851	39	225 501
Инженер	25 000	0,30	0,40	1,30	55250	2 892	38	110 690
ИТОГО	73 000				167 570	8 743	77	336 191

Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внб} = k_{внб} \cdot (З_{осн} + З_{дон});$$

коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка - 27,1 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 5.9.

Таблица 6.9 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	ФЗП руб.	ЕСН руб.
Научный руководитель	225 501	67 650
Инженер	110 690	33 207
Итого:	336 191	100 857

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: оплата услуг связи, электроэнергии и т.д.

Их величина определяется по формуле:

$$З_{\text{накл}} = \text{Сумма всех статей затрат} \cdot k_{\text{нр}},$$

где $k_{\text{нр}}=16\%$.

Полученные результаты представим в таблице 6.10:

Таблица 6.10 - Накладные расходы.

Наименование расходов	Затраты, руб.	Накладные расходы
Материальные затраты	91 970	14 715
Затраты на заработную плату	336 190,96	53 791
ЕСН	100 857,29	16 137
ИТОГО	529 017,75	84 643

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 6.11 – Бюджет затрат

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	91 970
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	336 190,96
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	100 857,29
Накладные расходы	$C_{\text{накл}}$	84 643
Бюджет НТИ		613 660,59

В приведенной выше таблице представлен бюджет затрат разработки, представленной в данной ВКР.

Далее представим бюджет затрат аналогичных разработок. В приведенной ниже таблице будут представлены наша разработка и два аналога.

Статья затрат	Условное обозначение	Исп.1	Исп.2	Исп.3
		Сумма, руб.	Сумма, руб.	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	91 970	102 000	142 000
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	336 190,96	400 000,00	350 000,00
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	100 857,29	120 000,00	105 000,00
Накладные расходы	$C_{\text{накл}}$	84 643	123 000	98 000
Бюджет НТИ		613 660,59	745 000,00	695 000,00

6.5 Расчет интегральных показателей ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице:

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надёжность	0,3	3	2	3	0,9	0,6	0,9
2. Удобство в эксплуатации	0,2	3	2	3	0,6	0,4	0,6
3. Безопасность	0,1	3	4	3	0,3	0,4	0,3
4. Лёгкость монтажа	0,04	4	3	2	0,16	0,12	0,08
5. Цена	0,14	3	2	2	0,42	0,28	0,28
6. Затраты на монтаж и установку	0,04	3	4	2	0,12	0,16	0,08
7. Затраты на обслуживание и ремонт	0,06	4	2	3	0,24	0,12	0,18
8. Сроки эксплуатации	0,1	3	2	2	0,3	0,2	0,2
9. Энергоэкономичность	0,02	3	4	3	0,06	0,08	0,06
Итого	1	29	25	23	3,1	2,36	2,68

Расчет интегрального показателя эффективности представлен в таблице:

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность	0,4	3	2	2	1,2	0,8	0,8
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,3	2	1	2	0,6	0,3	0,6
3. Послепродажное обслуживание	0,2	3	3	2	0,6	0,6	0,4
4. Наличие сертификации	0,1	3	3	2	0,3	0,3	0,2
Итого	1	11	9	8	2,7	2	2

Интегральные показатели ресурсоэффективности и эффективности были рассчитаны в предыдущих разделах.

Интегральный финансовый показатель сравнивался с аналогом, бюджет затрат которого составил 800 000 тыс.руб.

Полученные расчеты представим в табличном виде:

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	$613,6/800=0,77$	$745,0/800=0,93$	$695,0/800=0,87$

2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,1	2,36	2,68
3	Интегральный показатель эффективности	2,7	2	2
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	$3,1/0,77=4,04$	$2,36/0,93=2,53$	$2,68/0,87=3,08$

Наша разработка по исполнению №1 имеет самую высокую оценку – 4,04, остальные два варианта имеют оценки 2,53 и 3,08 соответственно. Показатель ресурсоэффективности у исполнения 1 выше других двух вариантов и составляет 3,1. Финансовый показатель у разработки под исполнением 1 ниже других вариантов и составляет 0,77. Поэтому сравнительная эффективность разработки №1 выше чем у других двух вариантов.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-4E41	Турабеков Руслан Ильдарович

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОНД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.02. «Технологические машины и оборудование»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта, исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Под рабочей зоной при обслуживании агрегата ЦН Грат 350/40, понимается часть рабочей зоны, оснащенная оборудованием и другими материально-техническими средствами труда, которой периодически находится рабочий (работчие) при выполнении тех или иных операций.
2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме	Законы и нормы, принятые в Республике Узбекистан для обеспечения правовой и организационной безопасности работников в области промышленности.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1 Анализ выявленных вредных факторов при эксплуатации ЦН Грат 350/40 1.2 Анализ выявленных опасных факторов при эксплуатации ЦН Грат 350/40	1.1 Выявлены вредные факторы: - неудовлетворительные метеорологические условия на открытом воздухе; - неудовлетворительное освещение рабочей зоны; - повышенная загазованность воздуха рабочей зоны. 1.2 Выявлены опасные факторы: - поражение электрическим током.
2. Экологическая безопасность: - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности по охране окружающей среды.	2. Проведен анализ источников воздействия на атмосферу, гидросферу, литосферу: - горюче смазочные материалы; - загрязненные ливневые воды.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	3. Приведен перечень возможных ЧС: - пожары; - взрывы. Наиболее типичный для ЧС является пожар.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей	4. Законы и нормы, принятые в Республике Узбекистан для обеспечения правовой и организационной безопасности работников в области промышленности.

зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	-

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина М.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е41	Турабеков Руслан Ильдарович		

7 Социальная ответственность

Основными законодательными актами по охране труда в нашей стране являются Конституция Республики Узбекистан, трудовой кодекс и другие законодательные акты, в этих документах отражены правовые вопросы охраны труда и здоровья трудящихся. На основании вышеперечисленных источников, а также исходя из соответствующих правил безопасности и норм производственной санитарии, в данном проекте разработаны основные мероприятия по созданию безопасных условий работы рабочим для обслуживания ЦН Грат 350/40.

В данном разделе описывается несколько мероприятий по улучшению охраны и условий труда, охраны окружающей среды, предложены возможные чрезвычайные ситуации и их предотвращение.

7.1.1 Производственная безопасность при организации работ и обслуживании центробежного насоса Грат 350/40

Выполнение данного вида работ сопровождается следующими вредными и опасными факторами, приведенными в таблице 7.1.[12]

Таблица 7.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ, связанных с обслуживанием ЦН

Наимен	Факторы (ГОСТ 12.0.003. – 74	Нормат
--------	------------------------------	--------

описание видов работ	ССБТ с изменением 1999 г.)		нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
1)Эксплуатация и обслуживание ЦН Грат 350/40	1)Неудовлетворительные метеорологические условия на открытом воздухе. 2)Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу. 3)Неудовлетворительная освещенность.	1)Поражение электрическим током.	1)ГОСТ 12.1.005–88 [13] 2)ГОСТ 12.1.038-82 [14] 3)ГОСТ 12.1.030-81 [15]

7.1.2 Анализ выявленных вредных производственных факторов и мероприятий по их устранению

Рассмотрим основные наиболее вероятные вредные производственные факторы на рабочих местах, которые могут иметь место при выполнении данного вида работ.

Неудовлетворительные метеорологические условия на открытом воздухе

Одна из главных особенностей условий труда обслуживающего персонала центробежные насосы, в основном, на открытом воздухе, а также работа, связанная с перемещениями на территории объекта и между объектами, частыми подъемами на специальные площадки, находящиеся на высоте. С учетом этих факторов определено, что для физической работы, выполняемой в холодное и переходное время года, оптимальные параметры микроклимата должны быть следующими: температура воздуха - 20–23°C , относительная

влажность воздуха - 40–60%, скорость движения воздуха - не более 0,2 м/с. Допустимые параметры микроклимата для тех же условий: температура воздуха - 19–25°C, относительная влажность - не более 75%, скорость движения воздуха - не более 0,3 м/с.

При высокой температуре снижаются внимание и скорость реакции работающего, что может послужить причиной несчастного случая и аварии. При работе в летнее время при высокой температуре (до +50°C) возможны перегревания организма, солнечные и тепловые удары.

При температуре окружающего воздуха - 11°C и ниже лицам, работающие на открытом воздухе и в необогреваемых закрытых помещениях, предоставляются перерывы для обогрева в специально отведенных помещениях.

Не допускается, чтобы рабочие зоны небыли захламлены и замазученны, зимой необходимо очищать рабочие площадки, лестницы и переходы от снега и льда.

Рабочие должны быть обеспечены необходимой спецодеждой, которые применяются на промышленных площадках АО «Алмалыкский ГМК».

Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны

В ходе производственных операций рабочие могут подвергаться воздействию вредных газов и паров, источником которых являются нарушения герметичности фланцевых соединений, механической прочности фонтанной арматуры (свище, щели по шву) вследствие внутренней коррозии или износа, превышения максимально допустимого давления, отказы или выходы из строя регулирующих и предохранительных клапанов. Пары и газа при определенном содержании их в воздухе могут вызвать отравления и заболевания. В газоопасных местах вывешиваются предупредительные надписи: «Газоопасно», «Проезд запрещен» и т.п.

К газоопасным работам допускаются только после проведения инструктажа, получения наряда–допуска, а также утвержденного плана ведения газоопасных работ.

При газоопасных работах необходимо пользоваться газозащитными средствами (СИЗОД).

СИЗОД подбираются по размерам и хранятся на рабочих местах в шкафах, каждые в своей ячейке. На каждой ячейке и на сумке противогаза должна быть укреплена бирка с указанием фамилии владельца, марки и размера маски. СИЗОД проверяются и заменяются в сроки, указанные в их технических паспортах и согласно ГОСТ 11209-2014.[16]

Неудовлетворительное освещение рабочей зоны

Освещенность рабочих мест должна быть равномерной и исключать возникновение слепящего действия осветительных приспособлений на работающих. Производство работ в неосвещенных местах не разрешается.

Измерение освещенности внутри помещений (в том числе участков, отдельных рабочих мест, проходов и так далее) проводится при вводе сети освещения в эксплуатацию в соответствии с нормами освещенности, а также при изменении функционального назначения помещений.

Во всех производственных помещениях, кроме рабочего, необходимо предусматривать аварийное освещение, а в зонах работ в ночное время на открытых площадках - аварийное или эвакуационное освещение.

Выбор вида освещения участков, цехов и вспомогательных помещений опасных производственных объектов должен производиться с учетом максимального использования естественного освещения.

7.1.3 Анализ опасных производственных факторов и мероприятий по их устранению (*техника безопасности*)

Поражение электрическим током

Основное условие безопасности при обслуживании ЦН Грат 350/40 – соблюдение трудовой и производственной дисциплины всеми работающими на них.

Все работы, связанные с эксплуатацией насоса Грат 350/40[17. с. 1-56] (обслуживание, перевозка, монтаж, демонтаж) должны выполняться в соответствии с правилами безопасности и инструкциям по охране труда для рабочих цехов, а также следующими документами: [18, с. 4-16]

- Правило безопасности в промышленности;
- Правила технической эксплуатации электроустановок;
- Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок;
- Правила устройства электроустановок.

На работу следует принимать лиц не моложе 18 лет, годных по состоянию здоровья, соответственным образом обученных и прошедших инструктаж по технике безопасности.

Монтаж и демонтаж узлов агрегата, а также наземного электрооборудования ЦН, осмотр, ремонт и наладку его должен производить электротехнический персонал, знающий схемы, применяемые станций управления, трансформаторов, подстанций насосов (КТН), конструкции по их эксплуатации, прошедший производственное обучение и стажировку на рабочем месте, а также проверку знаний с присвоением квалификационной группы по электробезопасности.

Не электротехническому персоналу (машинисту насосных установок), имеющему I квалификационную группу по электробезопасности, разрешается пуск и остановка насосных установок.

При установке электрооборудования на открытой местности оно должно иметь ограждение и предупреждающий знак «Осторожно! Электрическое напряжение!».

Эксплуатация ЦН характеризуется наличием высокого напряжения в силовом кабеле. Причем станция управления оборудования ЦН обычно не

находятся в непосредственной близости друг от друга и часть кабеля проходит по поверхности, что увеличивает зону поражения электротоком, следовательно, и вероятность несчастного случая.

Источником поражения электрическим током могут являться плохо изолированные токопроводящие части, провода.

Кабель до станции управления должен быть проведен по специальным опорам высотой не менее 0,5 м от земли и расстоянием между ними не более 3 м. Прокладывать кабель со стороны мостков и в местах, предназначенных для установки подъемного агрегата, запрещается.

На трассе кабеля должен быть установлен предупреждающий знак "Осторожно! Электрическое напряжение".

Заземляющий проводник должен быть стальным, сечением не менее 48 кв. мм, привариваться не менее чем в двух местах и заглубляться в землю не менее чем на 0,5 м.

7.2 Экологическая безопасность

При выполнении всех работ необходимо строго соблюдать требования защиты окружающей природной среды, сохранения её устойчивого экологического равновесия, и не нарушать условия землепользования, установленные законодательством об охране природы.

Организация, выполняющая работы, несёт ответственность за соблюдением проектных решений, связанных с охраной окружающей среды, а также за соблюдение государственного законодательства по охране природы. В таблице 7.2 представлены источники неблагоприятного воздействия и природоохранные мероприятия.

Таблица 7.2 – Неблагоприятные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия.

Элементы окружающей природной среды	Негативные воздействия на окружающую среду	Природоохранные мероприятия
	Загрязнение почвы	Предусмотреть сбор отходов, места и условия их

Литосфера	химреагентами и др	временного хранения, вывоз для утилизации, уничтожения, захоронения остатков химреагентов, мусора, загрязненной земли согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.
Атмосферу	- выбросы загрязняющих веществ при пусках установки, при продувке аппаратов, технологического оборудования; - залповые выбросы загрязняющих веществ при сбросах на свечи и факела.	Мероприятия согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [19, ст.7-12.] Планировочные мероприятия: - рациональное расположение заслона между жилым районом и предприятием в виде горной гряды, леса и т.д.; - устройство санитарно-защитной зоны. Технологические мероприятия: - кооперацию проектируемого объекта с другими предприятиями с целью уменьшения количества "грязных производств" на предприятии; - применение рециркуляции дымовых газов; внедрение наиболее совершенной структуры газового баланса предприятия, обеспечивающей оптимизацию распределения топлива между технологическими агрегатами с целью уменьшения загрязнения атмосферного воздуха продуктами сгорания и т.п.
Гидросфера	-разлив нефти при транспортировании	- исключить размещения объектов и трубопроводов в близи озер и рек. - обеспечить герметичность трубопроводов и емкостей.

7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В рабочей зоне вероятны взрывы, пожары, отключение электроэнергии.

7.3.1 Пожарная и взрывная безопасность

Категории зданий, помещений и установок по взрывопожарной и пожарной опасности согласно техническому регламенту приведены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Категории помещений

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся в помещении
1	2
А Взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.
Б Взрывопожароопасная	Горючие пыли и волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.
В1-В2 Пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыль и волокна), вещества и материалы, способные при воздействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются не относятся к категориям А или Б.

Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Возможные источники и причины пожаров и взрывов на рабочем месте:

- наличие легковоспламеняющихся жидкостей и взрывопожароопасных паров;
- наличие источника открытого огня и нагретых поверхностей;
- возможная разгерметизация трубопроводов или оборудования;
- наличием электрооборудования;
- наличие нагретых поверхностей оборудования и трубопроводов;
- несоблюдение правил хранения химических веществ;
- возможность возникновения заряда статического электричества вследствие трения слоев ингибитора друг о друга или со стенкой трубы.

Для обеспечения контроля возникновения пожара во взрыво и пожароопасных зонах устанавливаются взрывозащищенные извещатели пожарные типа ИП, ручные типа ИПР и оповещатели (устанавливаются снаружи вне опасной зоны). Шлейфы пожарной сигнализации выводятся на приемные приборы пожарно-охранной сигнализации.

Главная задача при возникновении пожара – его локализация. Небольшие загорания, а также пожары в начальной стадии могут быть успешно ликвидированы обслуживающим персоналом первичными средствами пожаротушения: порошковые и углекислотные огнетушители, асбестовые полотна, грубошерстные ткани (кошма, войлок), песок.

Для локализации и ликвидации пожара должны использоваться стационарные средства пожаротушения. Проектом предусматриваются следующие виды пожаротушения: водяное, пенное и порошковое.

При работе на взрывопожароопасном производстве безопасность работающего персонала должна обеспечиваться:

- конструктивно-планировочным решением помещений, гарантирующим возможность осуществления быстрой эвакуации людей;

- постоянным содержанием в надлежащем состоянии специального оборудования;

- ознакомлением всех работающих с основными требованиями пожарной безопасности и мерами личной предосторожности, которые необходимо соблюдать при возникновении пожара, а также ознакомления ПЛА;

- установлением со стороны администрации систематического контроля за строжайшим соблюдением мер предосторожности при ремонтных работах, эксплуатации электроприборов, электроустановок и отопительных систем.

При аварии рабочие обязаны действовать в соответствии с планом ликвидации аварий; сообщить о происшедшей аварии диспетчеру, вывести людей из помещения или опасной зоны и при необходимости, в целях предупреждения осложнений, отключить технологическое оборудование.

При возникновении пожара необходимо немедленно вызвать пожарную охрану и приступить к тушению.

При несчастном случае необходимо оказать пострадавшему доврачебную помощь, вызвать, если необходимо скорую медицинскую помощь, сообщать о происшедшем руководителю работ или начальнику цеха.

Основные мероприятия по предотвращению опасностей, сводятся к следующим:

- осмотр и испытание установки, оборудования, механизмов;

- применение средств блокировки, исключающих аварии при неправильных действиях, работающих;

- автоматизация производственных процессов, позволяющая вывести из опасных зон, осуществление контроля за показаниями приборов и дистанционные управления;

- на каждом предприятии с числом работающих более 300 человек

организуют фельдшерский здравпункт, а более 800 человек – врачебный здравпункт.

Для устранения очагов возгорания территории предприятий, должны быть оснащены первичными средствами пожаротушения, например, пожарный щит в состав которого входят следующие компоненты [20]:

1. Ломы (для вскрытия дверей, окон и других конструкций)
2. Багры пожарные, крюки с деревянной рукояткой (для разборки и растаскивания горящих конструкций)
3. Вилы, лопаты (штыковые и совковые)
4. Емкости для воды и ящики для песка (для хранения средств тушения)
5. Ведра и ручные насосы (для транспортировки воды)
6. Кошма, асбестовое полотно (для накрытия очага возгорания)

7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

Согласно в условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти - или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. На объекте применяется четырех бригадный график сменности. При этом ежесуточно работают три бригады, каждая в своей смене, а одна бригада отдыхает. При составлении графиков сменности

учитывается положение ст. 64 ТК РУз о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов.

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

К таким органам относятся:

- Государственная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда служба по труду и занятости населения (Минтруда Республики Узбекистана служба по экологическому (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор)).
- Так же в стране функционирует Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (МЧС).

Заключение

В заключение сформулируем основные результаты, полученные в работе и вытекающие из них выводы:

Разработана конечноэлементная модель рабочего колеса и вала, которая может использоваться для различных видов анализа работы этого узла.

Проведен модальный анализ конструкции насоса. Получены значения собственных частот и формы собственных колебаний.

Произведена оценка влияния кавитации на напряженно деформированное состояние рабочего колеса и вала, а также нагрузки на подшипники

Получено, что кавитация в рабочем колесе приводит к существенному увеличению нагрузок на узлы насоса.

Для снижения кавитации предложено использовать гидрофобизирующее покрытие рабочего колеса на основе солей меди.

В итоге финансового расчета была доказана конкурентоспособность исследования крутильных колебаний центробежного насоса при переходных процессах, был разработан график занятости. Также был посчитан бюджет НТИ.

Список используемых источников

1. ГОСТ 5152-84 Набивки сальниковые. Технические условия.
2. А.К. Михайлов и В.В. Малюшенко. «Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование» – Москва «Машиностроение», 1977.
3. Е.В. Сошников, О.В. Акимов «Центробежные насосы. Испытание насосов». Хабаровск. Издательство ДВГУПС, 2013.
4. Центробежные насосы. Типы, виды, применение центробежных насосов [электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.eti.su/articles/elektricheskie-mashini/elektricheskie-mashini_892.html.
5. Насосное оборудование от ведущих мировых производителей [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ampika.ru/proizvoditeli-nasosov/>.
6. Компания «Speroni» история и развитие компании [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://toolsupgrade.com/marina-speroni>.
7. М.Д. Айзенштейн «Центробежные насосы для нефтяной промышленности» Гостоптехиздат, 1957.
8. Насосы центробежные типа ГрАТ и агрегаты электронасосные на их основе. Руководство по эксплуатации Н03.302.00.00.000 РЭ.
9. Роль рабочего колеса в центробежном насосе и особенности различных узлов [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://septik.guru/vodoprovod/nasosyi/tsentrobezhnyiy/rabochee-koleso.html>.
10. В.М. Логиновских, Д.А. Черданцова и С.П. Пирогова «Исследование крутильных колебаний валов насосных агрегатов» УДК 621.65.03 2017год.
11. Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования» ред. от 29.12.2016.
12. ГОСТ 12.0.003-74 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы».

13. ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
14. ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».
15. ГОСТ 12.1.030-81 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление».
16. ГОСТ 11209-2014 «Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний».
17. ИТБ 00193950 43-12-8 2013 г. «Инструкция по обслуживанию и эксплуатации насоса ГрАТ 350/40».
18. ИТБ 00193950 43-12-34 2014г. «Инструкция по электробезопасности» МОФ – 2 АО «Алмалыкский ГМК».
19. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 - Предприятия, являющиеся источниками воздействия на атмосферу.
20. ИТБ 00193950 43-12-19 2014г. «Инструкция по пожарной безопасности» АО «Алмалыкский ГМК».
21. Закон Республики Узбекистан о промышленной безопасности - опасных производственных объектов [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.lex.uz/docs/1061184>.