

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

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств»
Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

| |
|--|
| Тема работы |
| Разработка модели цифрового производства винтового насоса |

УДК: 621.66.002:004.946

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|----------------------------|---------|------|
| 8НМ7Т | Базаркин Сергей Васильевич | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОМ | Буханченко С.Е | к.т.н | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------|-------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель ООД | Исаева Е.С. | | | |

По разделу «Иностранный язык»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель ОИЯ | Сумцова О.В. | | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Зав. кафедрой | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОМ | Буханченко С.Е | к.т.н | | |

Томск – 2019 г.

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

| Код | Результат обучения |
|--|---|
| <i>Общекультурные</i> | |
| Р1 | Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, собирать и эффективно выбирать информацию с применением современных информационных технологий, самостоятельно обучаться новым методам исследования, осваивать новые научные и научно-производственные профили своей профессиональной деятельности |
| Р2 | Проявлять инициативу, работать в команде, общаться устно и в письменной форме, адаптироваться к реализации межкультурных и профессиональных коммуникаций на основе использования английского языка, критически оценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности |
| Р3 | Использовать правовые и этические нормы при оценке последствий своей профессиональной деятельности при разработке и реализации технологий изготовления и сборки изделий, в том числе с учетом социальных, экологических и экономических аспектов работы выпускника в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительного производства |
| <i>Профессиональные</i> | |
| <i>проектно-конструкторская деятельность</i> | |
| Р4 | Формулировать цели проекта (программы), задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, строить структуру их взаимосвязей, определять приоритеты решения задач, оценивать инновационный потенциал и риски коммерциализации разрабатываемых проектов |
| Р5 | Проводить расчеты по проектам в области разработки новых технологий в машиностроении, технико-экономическому и функционально- стоимостному анализу эффективности проектируемых и реализуемых технологий изготовления продукции, средствам и системам оснащения |
| Р6 | Выполнять разработку функциональной структуры и геометрии изделий машиностроения, их элементов, технологического оборудования, средств и технологий проектирования с использованием САД и САЕ модулей современных САПР |
| <i>производственно-технологическая деятельность</i> | |
| Р7 | Разрабатывать и внедрять новые эффективные технологии изготовления изделий машиностроения на высокотехнологичном оборудовании с применением САМ модулей современных САПР |
| Р8 | Участвовать в реализации программ испытаний физико-механических свойств материалов и готовых изделий в современном машиностроении |
| Р9 | Оценивать производственные и непроизводственные затраты на обеспечение требуемого качества изделий машиностроения, стоимость объектов интеллектуальной деятельности, управлять поступающими на предприятие материальными ресурсами, производством и жизненным циклом продукции и ее качеством |
| Р10 | Разрабатывать мероприятия по обеспечению надежности и безопасности машиностроительного производства, стабильности его функционирования на основе современных систем и международных стандартов |
| <i>организационно-управленческая деятельность</i> | |
| Р11 | Использовать международный опыт проектного, технологического менеджмента |

| | |
|---|---|
| | и управления бизнес-процессами для ведения инновационной инженерной деятельности в области обеспечения эффективности технологических процессов жизненного цикла изделий |
| P12 | Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности |
| <i>научно-исследовательская деятельность</i> | |
| P13 | Ставить и решать прикладные исследовательские задачи, разрабатывать методики, рабочие планы и программы проведения научных исследований и перспективных технических разработок, готовить отдельные задания для исполнителей, научно-технические отчеты, обзоры и публикации по результатам выполненных исследований |
| P14 | Выполнять математическое моделирование процессов, средств и систем машиностроительных производств; разрабатывать алгоритмическое и программное обеспечение машиностроительных производств, профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы |

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

Инженерная школа новых производственных технологий

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

Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ С.Е. Буханченко

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|------------------------------|
| 8НМ7Т | Базаркину Сергею Васильевичу |

Тема работы:

Разработка модели цифрового производства винтового насоса

Утверждена приказом директора (дата, номер)

13.03.19г., №1909/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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.).

Объект исследования: жизненный цикл винтового насоса. Предмет исследования: технологические процессы жизненного цикла винтового насоса. Цель: повышение эффективности технологических процессов жизненного цикла винтового насоса путем модернизации его конструкции.

| | |
|---|--|
| Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов | <ol style="list-style-type: none"> 1. Планирование жизненного цикла. 2. Разработка концепции. 3. Проектирование и разработка конструкции. 4. Инженерный расчет конструкции. 5. Выбор средств технологического оснащения. 6. Автоматизация обработки. 7. Моделирование процессов сборки. |
| Перечень графического материала | 3D модель винтового насоса в трех исполнениях, модель сборочной линии винтового насоса |
| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы | |
| Раздел | Консультант |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Доцент ОСГН Подопригора И.В. к.э.н |
| Социальная ответственность | Старший преподаватель ООД Исаева Е.С. |
| «Иностранный язык» | Старший преподаватель ОИЯ Сумцова О. В. |
| Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: | |
| Литературный обзор | |

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

Задание выдал руководитель:

| | | | | |
|-----------|-----------------|------------------------|---------|------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Доцент ОМ | Буханченко С.Е. | к.т.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|--------|----------------------------|---------|------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 8НМ7Т | Базаркин Сергей Васильевич | | |

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 116 с., 39 рис., 30 табл., 33 источников, 2 прил.

Ключевые слова: жизненный цикл изделия, винтовой насос, производство, технологические процессы.

Объект исследования: жизненный цикл винтового насоса.

Предмет исследования: технологические процессы жизненного цикла винтового насоса.

Актуальность работы: в результате исследования спроектирована модульная конструкция винтового насоса, повышающая эффективность технологических процессов его жизненного цикла.

В процессе исследования проводились работы по анализу конструкций насосов и технологий их производства. В результате работы спроектированы три различных исполнения винтового насоса, а также разработан производственный этап винтового насоса.

Магистерская диссертация выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016. При создании моделей использовались программы: САПР SolidWorks 2019, САМ-модуль Siemens NX9.0, Tecnomatix Plant Simulation.

Определения и обозначения

ВН – винтовой насос, проектируемая конструкция, предназначенная для перекачивания жидкостей.

Вязкость – свойство газов и жидкостей оказывать сопротивление необратимому перемещению одной их части относительно другой при сдвиге, растяжении и других видах деформации. Различают динамическую вязкость и кинематическую вязкость.

Динамическая вязкость – P (пуаз) — единица динамической вязкости в системе единиц СГС. Один пуаз равен вязкости жидкости, оказывающей сопротивление силой в 1 дину взаимному перемещению двух слоев жидкости площадью 1 см^2 , находящихся на расстоянии 1 см друг от друга и взаимно перемещающихся с относительной скоростью 1 см/с .

Кинематическая вязкость – St (стокс) - один стокс равен кинематической вязкости, при которой динамическая вязкость среды плотностью 1 г/см^3 равна 1 Пз. Кинематическая вязкость равна отношению динамической вязкости к плотности среды и дает понятие о вязкости среды в определенных условиях — под действием силы тяжести.

Давление — p (бар) - физическая величина, численно равная силе, действующей на единицу площади поверхности перпендикулярно этой поверхности.

Коэффициент полезного действия, КПД — η , характеристика эффективности системы (устройства, машины) в отношении преобразования или передачи энергии. Определяется отношением полезно использованной энергии к суммарному количеству энергии, полученному системой; КПД является безразмерной величиной и часто измеряется в процентах.

Производительность (подача, расход) – Q ($\text{м}^3/\text{час}$), объем среды, перекачиваемый насосом в единицу времени.

Температура – t (°C), физическая величина, характеризующая термодинамическую систему и количественно выражающая степень нагретости тел.[1]

Высота самовсасывания насоса – H (м), величина, характеризующая расстояние по вертикали от поверхности жидкости до верхней точки области возникновения кавитационных явлений.

Частота вращения — n (об/мин), физическая величина, характеристика периодического процесса, равная числу полных оборотов вала насоса в единицу времени.

Нормативные ссылки

1. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
2. ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
4. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 12 |
| 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР | 13 |
| 1.1 Обзор конструкций насосов..... | 13 |
| 1.2 Производство винтовых насосов..... | 23 |
| 1.3 Выводы литературного обзора | 33 |
| 2 ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ИЗДЕЛИЯ | 36 |
| 2.1 Планирование разработки | 38 |
| 2.2 Концепция изделия | 40 |
| 2.3 Проектирование и разработка конструкции..... | 42 |
| 2.3.1 Исполнения насоса..... | 43 |
| 2.3.2 Выбор материалов..... | 45 |
| 2.4 Инженерные расчеты | 47 |
| 2.5 Выбор средств технологического оснащения | 49 |
| 2.5.1 Выбор оборудования..... | 50 |
| 2.5.2 Выбор инструмента..... | 54 |
| 2.6 Автоматизация обработки | 58 |
| 2.7 Моделирование процессов сборки | 63 |
| 3 «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»..... | 66 |
| 3.1 Потенциальные потребители результатов исследования. | 69 |
| 3.2 Анализ конкурентных технических решений. | 70 |
| 3.3 SWOT-анализ..... | 73 |
| 3.4 Расчёт сметы затрат на выполнение проекта | 76 |
| 3.4.1 Расчёт затрат на материалы | 77 |
| 3.4.2 Расчёт заработной платы..... | 78 |
| 3.4.3 Расчёт затрат на страховые взносы | 78 |
| 3.4.4 Расчёт затрат электроэнергию | 79 |
| 3.4.5 Расчёт амортизационных расходов | 80 |
| 3.4.6 Расчёт прочих расходов..... | 80 |

| | |
|---|-----|
| 3.4.7 Расчёт общей себестоимости разработки..... | 81 |
| 3.5 Разработка графика проведения научного исследования..... | 81 |
| 3.6 Оценка сравнительной эффективности исследования..... | 82 |
| 4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ..... | 87 |
| 4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 88 |
| 4.2 Производственная безопасность | 89 |
| 4.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов..... | 91 |
| 4.4 Экологическая безопасность..... | 96 |
| 4.5 Пожарная безопасность | 97 |
| Заключение | 100 |
| Список источников | 101 |
| Приложение А..... | 104 |
| Приложение Б..... | 115 |

Введение

Современную промышленность невозможно представить без использования перекачивающих насосов и насосных станций. Данные механизмы используются в самых разных областях промышленности, таких как нефтегазовая, химическая, автомобильная, лакокрасочная, пищевая и др. Высокая конкуренция на рынке перекачивающего оборудования вынуждает предприятия искать решения для повышения производительности и рентабельности производства. Чтобы быть конкурентоспособными предприятия должны обладать гибкостью, маневренностью, способностью быстро реагировать на изменения потребностей рынка, возможностью выпускать товар с новыми техническими и функциональными характеристиками. В таких условиях основными принципами современного производства становятся унификация выпускаемых изделий и оптимизация оборудования под выполнение конкретных задач на этапе проектирования.

Возможности современной промышленности и требования к ним постоянно изменяются и прогрессируют, поэтому при решении технологических задач важно не только использовать имеющийся опыт, но и активизировать творческую инженерную деятельность, в том числе и при проектировании технологических процессов. Целью данной работы является проектирование производственного этапа жизненного цикла винтового насоса (далее в тексте ВН). Для этого необходимо выполнить следующие задачи:

- составить план жизненного цикла;
- разработать концепцию изделия;
- спроектировать конструкцию;
- выполнить инженерные расчеты;
- выбрать средства технологического оснащения;
- обеспечить автоматизацию обработки;
- выполнить моделирование процессов сборки.

1 Литературный обзор

1.1 Обзор конструкций насосов

Все насосное оборудование, предназначенное для перекачивания жидкости, в зависимости от характера действия рабочих органов насоса, подразделяют на три основные группы: объемные, струйные и лопастные.



Рис. 1. Классификация

Шнековый насос

Шнековый насос является разновидностью объемного роторного типа насосов. Основной рабочей частью шнекового насоса является винтовая героторная пара. Винтовая пара состоит из статора и ротора. Ротор – это внешняя n -заходная спираль, которая изготавливается, как правило, из стали с последующим антикоррозионным покрытием. Статор – это внутренняя $n+1$ -заходная спираль, изготовленная из эластомера, соединенного с металлической обоймой. Центры вращения статора и ротора смещены на величину эксцентриситета, что позволяет создать пару трения, в которой образуются замкнутые герметичные полости вдоль всей оси камеры насоса. При этом количество таких замкнутых полостей на единицу длины винтовой

пары определяет конечное давление агрегата, а объем каждой полости – его производительность.

Корпус насоса может изготавливаться из различных материалов (чугуна, стали, дуплекса, хастеллоя), что позволяет перекачивать агрессивные жидкости и жидкости с твердыми включениями.

Такие агрегаты широко применяются в нефтегазовой промышленности для перекачки нефти с песком. В пищевой и фармацевтической промышленности с их помощью перекачивают сливки, йогурт, пиво, паштет, мармелад и т.п. В строительстве при помощи винтовых помп подаются смеси для наливных полов и кровельных покрытий.

Технические характеристики: Q до 600 м³/ч; p до 50 бар; t от -40 до +350°С; H до 7...9 метров; P до 10000 Пз, η 50-70%.



Рис. 2. Шнековый насос.

Многовинтовой насос

Многовинтовые насосы относятся к объемным роторным насосам. Вращение винтов, находящихся в зацеплении, обуславливает движение жидкости вдоль оси к выходу из насоса. Поверхности винтов создают закрытую рабочую камеру, не позволяющую жидкости осуществлять возвратное движение. Винтовые роторы имеют форму наружной спирали и изготавливаются из высокопрочных нержавеющей сталей.

Конструкция позволяет использовать их при высоких оборотах, поэтому они могут напрямую соединяться с электроприводами, двигателями внутреннего сгорания или паровыми турбинами. Насосы могут монтироваться в вертикальном, горизонтальном и наклонном положениях.[1] Насосы способны перекачивать жидкости без пульсаций и перемешивания, обладают низкой шумовой нагрузкой и вибрацией. Основным недостатком винтовых насосов является сложность изготовления основных деталей – роторов и статора, что обуславливает существенное удорожание их производства.[2]

Многовинтовые насосы применяются для перекачивания нефти; химически активных жидкостей; морской воды, загрязненной нефтепродуктами; веществ, имеющих высокую вязкость: таких как асфальт, битум, гудрон, растворители, смазочные масла. Также используются для перекачки смолы, краски, клея и различных полимеров.

Технические характеристики: Q до 2200 м³/ч; p до 110 бар; t от -35 до 400°С; H до 7..8 метров, P до 350 Ст; η 60-80%.



Рис. 3. Трехвинтовой насос.

Мембранные насосы

Мембранные насосы относятся к объемному типу насосов. Принцип работы заключается в попеременном нагнетании воздуха в камеры позади мембран, соединенных валом, в результате чего происходит перекачивание

вещества. При всасывании первая мембрана, двигаясь от стенки корпуса создает разрежение и жидкость поступает в камеру насоса. Одновременно с ней вторая мембрана передает давление воздуха на жидкость, находящуюся в корпусе, проталкивая ее по направлению к выпускному отверстию.[1] Во время каждого цикла, давление с обратной стороны выпускающей мембраны равно давлению на стороне жидкости, поэтому работа «всухую» не наносит вреда деталям насоса.

В качестве привода используется энергия сжатого воздуха, что исключает искрообразование и обеспечивает простоту регулирования расходной характеристики. Недостатками конструкции является то, что в процессе работы мембрана значительно изгибается, что приводит к её быстрому разрушению. Кроме этого в конструкции используются клапаны, которые могут выйти из строя при их загрязнении.[3]

Мембранные насосы из пластика применяются в химической и бумажной промышленности, алюминиевые подходят для перекачивания нефтепродуктов, жиров, красок, растворителей. Для жидкостей, содержащих абразивные частицы используются насосы из стали. При работе с концентрированными кислотами и щелочами мембраны покрываются слоем фторопласта, что повышает их устойчивость к агрессивной среде.

Технические характеристики: Q до 2200 м³/ч; p до 65 бар; t от -40 до 180°С, H до 5 метров, P до 250 Ст; η =50%

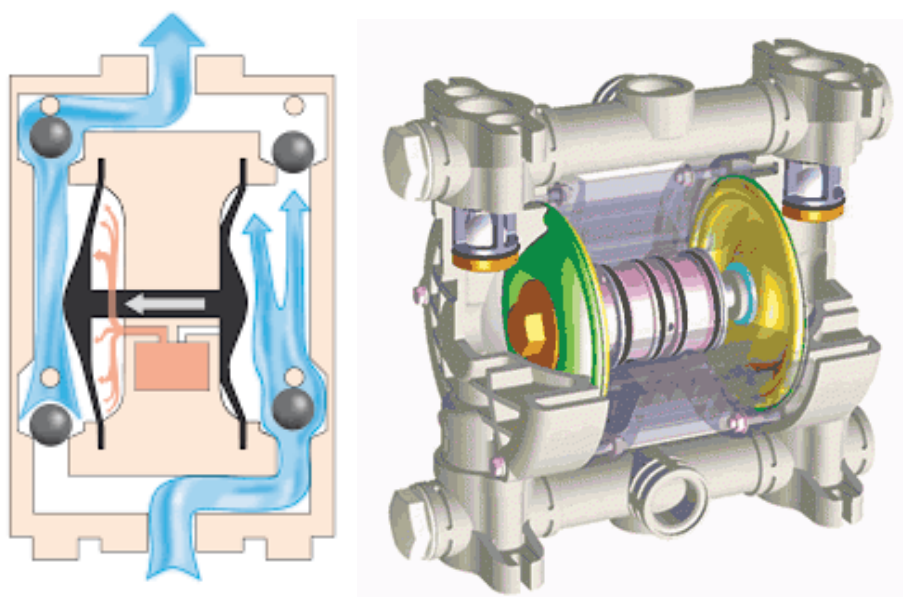


Рис. 4. Мембранный насос.

Поршневые насосы

Поршневые насосы являются разновидностью объемных насосных установок. Принцип работы заключается в возвратно-поступательном движении поршня в цилиндре. Поршень создает разрежение в рабочей камере, вследствие чего всасывающий клапан открывается и жидкость по всасывающему трубопроводу поступает в рабочую камеру. При обратном ходе поршня открывается нагнетательный клапан и жидкость выталкивается из рабочей камеры в напорный трубопровод. Подачу поршневых насосов регулируют изменением длины хода поршня или изменением скорости вращения приводного вала.

Преимуществом насоса является возможность “сухого” всасывания, отсутствие обратной зависимости между подачей и напором, что позволяет перекачивать жидкости с изменяющейся вязкостью. Основным недостатком является невысокая производительность, большой вес, износ деталей насоса.[6]

В настоящее время поршневые насосы применяются при переработке, перевозке, хранении кислот, щелочей; для очистки оборудования, такого как

фильтры, сосуды, резервуары, теплообменники, трубопроводы в судовых системах и в грузовых системах танкеров. В быту насосы используются для подъема воды из скважин и колодцев.[11]

Технические характеристики: Q до 300 м³/ч; p до 100 бар; t до 80°C, H до 7 м, P до 10000 Вт; η 70-90%.

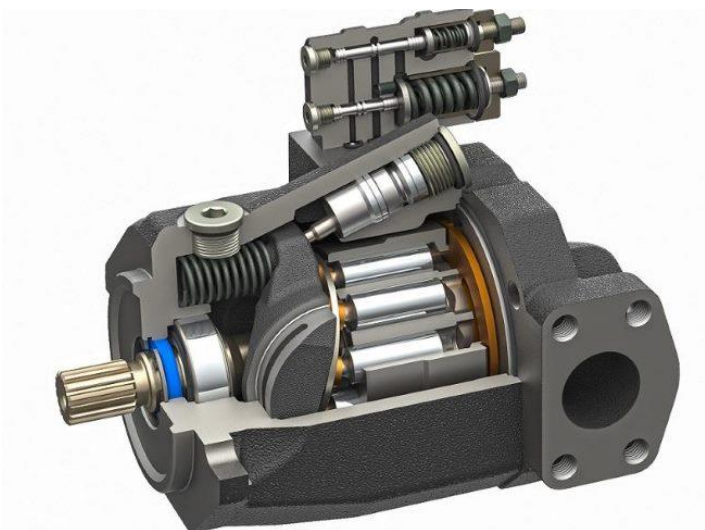


Рис. 5. Поршневой насос.

Центробежные насосы

Центробежные насосы являются самым распространенным типом насосов. Название происходит от принципа действия: насос работает за счет центробежной силы. Конструкция состоит из корпуса-улитки и расположенного внутри рабочего колеса с лопастями. Жидкость попадает в центр колеса и под действием центробежной силы отбрасывается к его периферии, а затем выбрасывается через напорный патрубок.

Массовое использование центробежных насосов обусловлено высокими расходными характеристиками, низкой себестоимостью изготовления, высокой надежностью, простотой эксплуатации и технического обслуживания. Однако центробежные насосы обладают и определенными недостатками: требуют заливки жидкости перед запуском; имеют «склонность» к кавитации; низкий КПД при перекачке вязких жидкостей.

Центробежные насосы применяются при работе с водой любой температуры, кислотами, щелочами. В нефтедобывающей отрасли с их помощью перекачивают вещества с различными примесями такими, как песок, шлак, грунт, торф, уголь. В пищевой промышленности ими перекачивают молоко, сливки, соки, вино, жидкий сахар, растительное масло, различные пасты. В быту центробежные насосы используются для перекачивания сточных вод, подачи воды в составе отопительных систем, а также установок охлаждения и кондиционирования.

Технические характеристики: Q до 6000 м³/ч; p до 40 бар; t от -100 до 550°С; H до 6 метров, P до 250 Ст; η 20-90%.

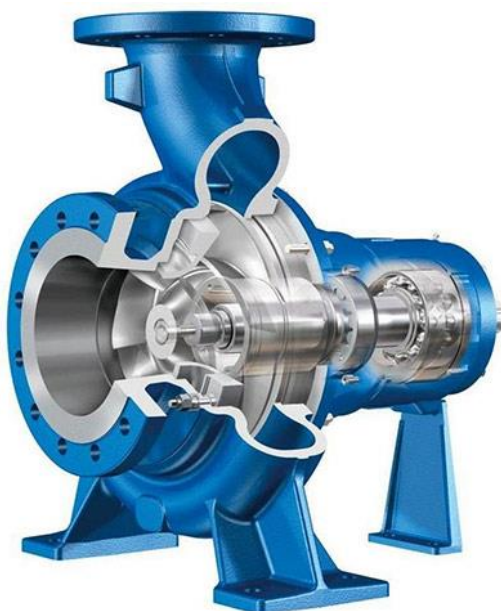


Рис. 6. Центробежный насос.

Шестеренный насос

Шестеренные насосы относятся к объемному типу насосов. Принцип действия основан на зубчатом зацеплении ведущей и ведомой шестерен. При их вращении в корпусе образуется разрежение. За счёт этого в камеру поступает жидкость, которая, заполняя впадины между зубьями обеих шестерён, перемещается вдоль цилиндрических стенок и переносится из полости всасывания в полость нагнетания. При этом между зубьями образуется плотный контакт, вследствие чего обратный ток жидкости из полости нагнетания в полость всасывания невозможен.

Шестеренные насосы обладают компактной конструкцией и низкой себестоимостью изготовления. Из недостатков можно отметить снижение объемного КПД при повышении температуры рабочей жидкости, колебания давления нагнетания.[7]

Шестеренные насосы предназначены для перекачивания высоковязких жидкостей: битума, клея, жидкого стекла, шоколада. Часто используются и для жидкостей с низкой вязкостью, таких как растворитель, бензин и т.д.

Технические характеристики: Q до 400 м³/ч; p до 25 бар; t от -40 до 400°С; H до 4..5 метров, P до 250 Ст; η =90%.

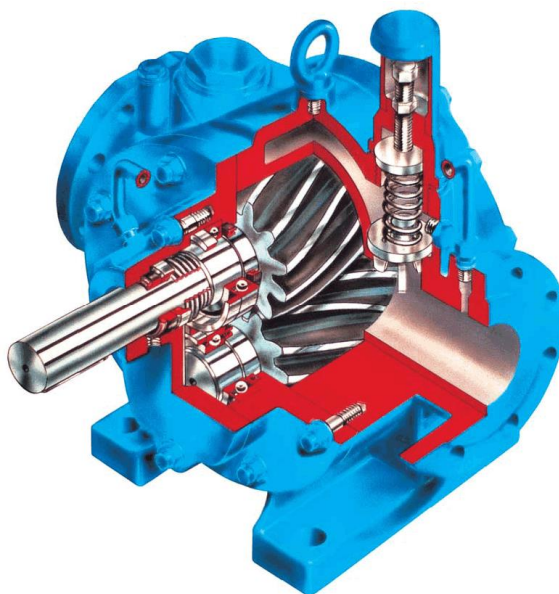


Рис. 7. Шестеренный насос.

Пластинчатый насос

Пластинчатый или шиберный насос представляет собой насос объемного типа. Рабочий орган насоса выполнен в виде эксцентрично расположенного ротора, имеющего продольные радиальные пазы, в которых скользят плоские пластины, прижимаемые к статору центробежной силой. Так как ротор расположен эксцентрично, то при его вращении пластины, находясь непрерывно в соприкосновении со стенкой корпуса, то входят в ротор, то выдвигаются из него.

Во время работы насоса на всасывающей стороне образуется разрежение и перекачиваемая масса заполняет пространство между пластинами и далее вытесняется в нагнетательный патрубок.[1]

Насосы обладают плавностью подачи рабочей жидкости; низким уровнем шума; не требуют предварительного заполнения корпуса рабочей жидкостью. Недостатки пластинчатого насоса: износ трущихся пластин и ротора; высокие требования к чистоте рабочей жидкости; возможность заклинивания при высоких температурах; ограниченная вязкость перекачиваемой жидкости.

Пластинчатые насосы предназначены для перекачивания жидкостей, обладающих смазывающей способностью: масел, дизельного топлива, сжиженного нефтяного газа, аммиака, растворителей, спиртов. Применяются в холодильном оборудовании для перекачки фреонов.

Технические характеристики: Q до 300 м³/ч; p до 15 бар; t от -40 до 260°С; H до 7 метров, P до 10000 Вт; $\eta = 85\%$.

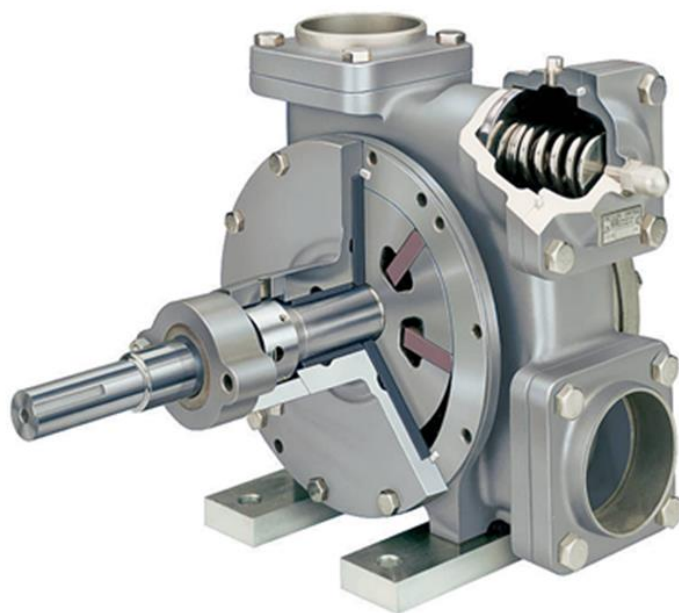


Рис. 8. Пластинчатый насос.

Технические характеристики насосов представлены в Таблице 1.

Табл. 1. Технические характеристики насосов.

| Тип насоса | η , % | P | Q , м ³ /ч | T , °C | H , м | p , бар | Характеристика потока | Износостой- кость | Характеристика перекачиваемых жидкостей |
|--------------|------------|----------|----------------------------|--------------|------------|--------------|-----------------------|----------------------|--|
| Шнековые | 50-70 | 10000 Пз | 600 | -40 +350 | 7-9 | 50 | равномерный | низкая | абразивные, с примесями газа, мультифазные |
| Винтовые | 60-80 | 350 Ст | 2200 | -35 +400 | 7-8 | 110 | равномерный | высокая | абразивные, с примесями газа мультифазные |
| Мембранные | 50 | 250 Ст | 2200 | -40 +180 | 9 | 65 | пульсирующий | низкая | абразивные, мультифазные |
| Поршневые | 70-90 | 10000 Пз | 300 | +80 | 7 | 100 | пульсирующий | низкая | абразивные, мультифазные |
| Центробежные | 20-90 | 300 Ст | 3000 | -100 +550 | 6 | 40 | пульсирующий | высокая | абразивные, чистые |
| Шестеренные | 90 | 10000 Пз | 400 | -40 +400 | 4-5 | 25 | равномерный | высокая | чистые |
| Пластинчатые | 85 | 10000 Пз | 300 | -40 +260 | 7 | 15 | равномерный | низкая | чистые |

1.2 Производство винтовых насосов

К основным деталям винтового насоса, качество изготовления которых прямо или косвенно определяет качество насоса в целом, относятся корпус и ротор. Качество их изготовления влияет на важнейшие технические характеристики такие, как производительность, напор, КПД и ресурс.

Изготовление винтов

Процесс обработки винтовой поверхности можно разделить на два этапа: формообразование винтовой поверхности и финишная обработка (отделка поверхности). Для материалов, упрочняемых термически, эти два этапа разделены термической обработкой. Существующие методы формообразования данных винтовых поверхностей укрупненно можно объединить в три группы:

- литейные методы;
- методы обработки давлением;
- методы обработки резанием.

Формообразование литейными методами не получило широкого распространения из-за узкого спектра используемых для этого материалов (литейные стали, чугуны), а для изготовления роторов чаще всего применяют среднеуглеродистые низколегированные термически упрочняемые стали, нержавеющие стали. Это связано с тем, что зачастую винты работают в химически активных средах, в условиях пищевого производства и интенсивного абразивного износа.

К наиболее прогрессивным методам обработки давлением, применяемым при изготовлении винтов, можно отнести метод *ротационнойковки*. Данный метод эффективен при крупносерийном производстве роторов, т. к. обладает высокой производительностью, но требует использования специального оборудования и оснастки. Данным методом можно изготавливать полые роторы, снижая за счет этого металлоёмкость и вес конструкции (рис. 8).



Рис. 9. Вал, полученный методом ротационнойковки, в разрезе.

Методы обработки резанием можно разбить на методы, основанные на использовании токарного инструмента, и методы, основанные на использовании осевого режущего инструмента. При использовании токарного инструмента обработка винтовой поверхности может осуществляться следующими способами:

1. Поверхность получают на токарно-затыловочном станке, используя специальные кулачки для профилирования ротора и специальные резцы. Область применения данного метода сильно ограничена в виду применения специального инструмента и необходимости использования специальных кулачков для каждого типоразмера винтов. Это приводит к увеличению продолжительности и трудоемкости наладки станка, что недопустимо при многономенклатурном или гибком производстве.

2. *Обработка вихревым точением* (рис. 9). Данный метод обладает высокой производительностью, благодаря возможности организации многолезвийной обработки, однако для осуществления данного метода необходим модернизированный под установку специального приспособления токарно-затыловочный станок или специальный станок с ЧПУ. Метод вихревого нарезания наиболее эффективен для крупносерийного и массового

производства, но позволяет обрабатывать винты только круглого или эллиптического сечения.



Рис. 10. Обработка винта вихревым точением.

3. *Обработка многорезцовой головкой.* Схема обработки данным способом изображена на рис. 10, на котором можно заметить особенность наладки резцовой головки: каждый резец предварительно настраивается на определенный диаметр обработки, и только один настраивается на диаметр, соответствующий диаметру сечения винта. Таким образом, можно распределить припуск равномерно между несколькими резцами. Для реализации данного метода, по сравнению с методом вихревого точения, не требуется станок со сложной кинематикой, но необходима наладка резцовой головки на конкретный размер сечения ротора.

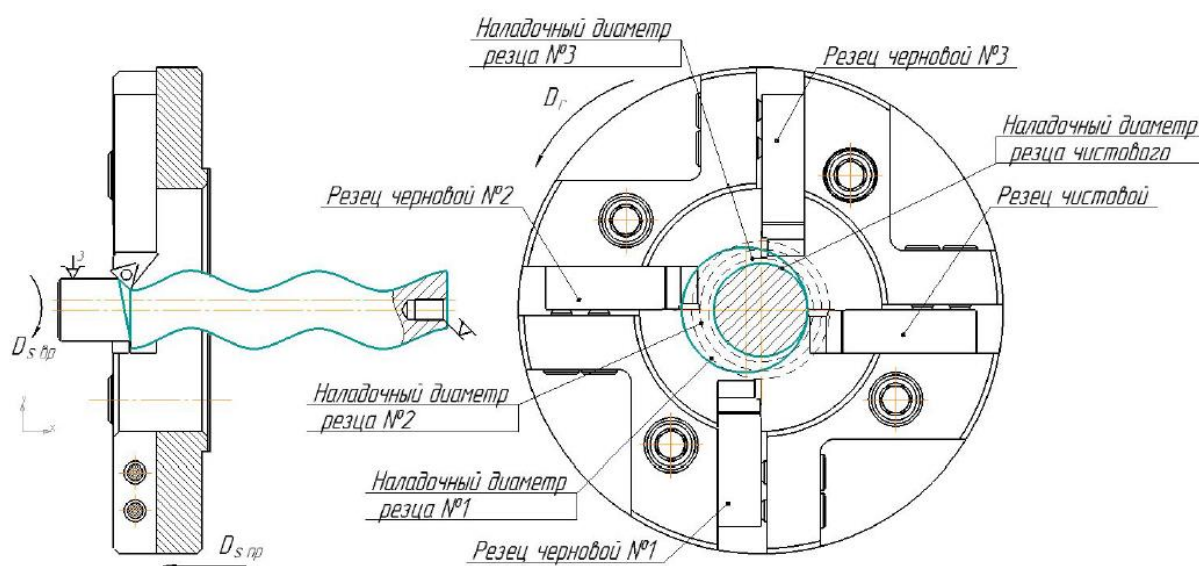


Рис. 11. Обработка многорезцовой головкой.

4. *Обработка на токарном станке с ЧПУ.* Профилирование винта происходит за счет управления перемещениями суппорта в зависимости от угла поворота заготовки. Для обеспечения нормальной скорости резания необходимо возвратно-поступательное движение суппорта с высокими ускорениями, что зачастую является лимитирующим параметром и приводит к значительному снижению скорости резания и, как следствие, к падению производительности.

При использовании осевого инструмента возможно применение следующих способов:

1. *Фрезерование цилиндрической частью фрезы,* расположенной под углом, равным углу подъёма винтовой поверхности (рис. 11). Данный метод не получил широкого распространения из-за сложной кинематики и конструкции приспособления.

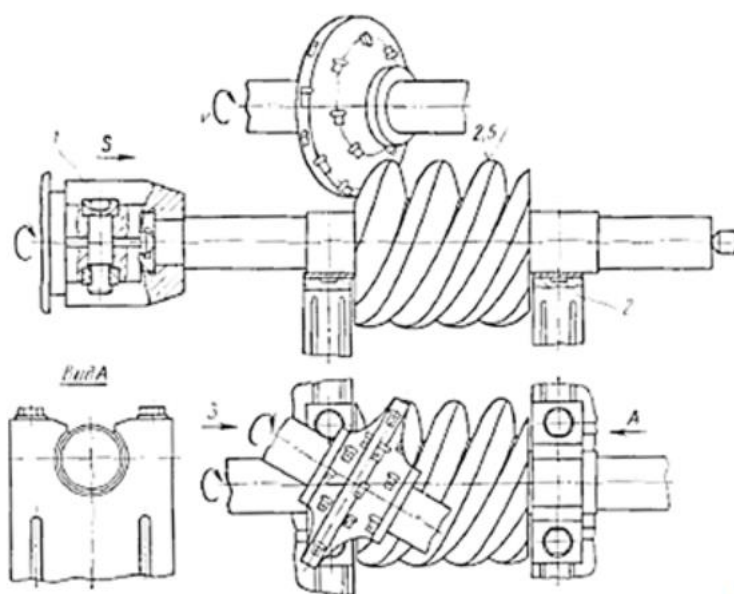


Рис. 12. Фрезерование винтового вала.

2. *Фрезерование торцевой фрезой с подачей,* соответствующей шагу винта (рис. 12). Метод основан на использовании инструмента, диаметр которого соответствует диаметру впадины винта. Данный метод позволяет изготавливать винты только с круглым сечением и требует специальный инструмент для каждого типоразмера винтов.

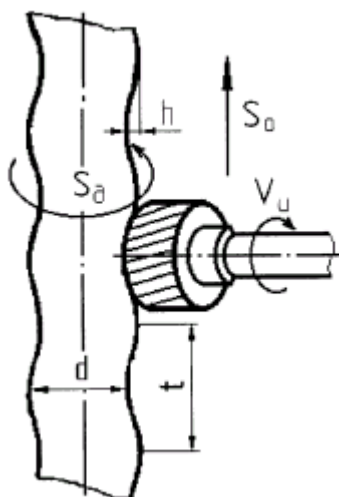


Рис. 13. Фрезерование винта торцевой фрезой.

3. *Фрезерование фасонными фрезами* (рис. 13). Метод широко распространён на предприятиях, серийно выпускающих винтовые насосы, т.к. обладает высокой производительностью и позволяет обрабатывать многозаходные роторы любой длины. Для мелких серий или единичного производства данный метод экономически не целесообразен, т. к. в основе лежит фасонный специальный инструмент, геометрия которого зависит от геометрических характеристик обрабатываемой винтовой поверхности. Кроме того, существует метод многоинструментной обработки винтовой поверхности с использованием нескольких фасонных фрез. Данный метод обладает высокой производительностью, а расположение фрез под углом в 120° в процессе обработки ротора обеспечивает высокую жесткость технологической системы.

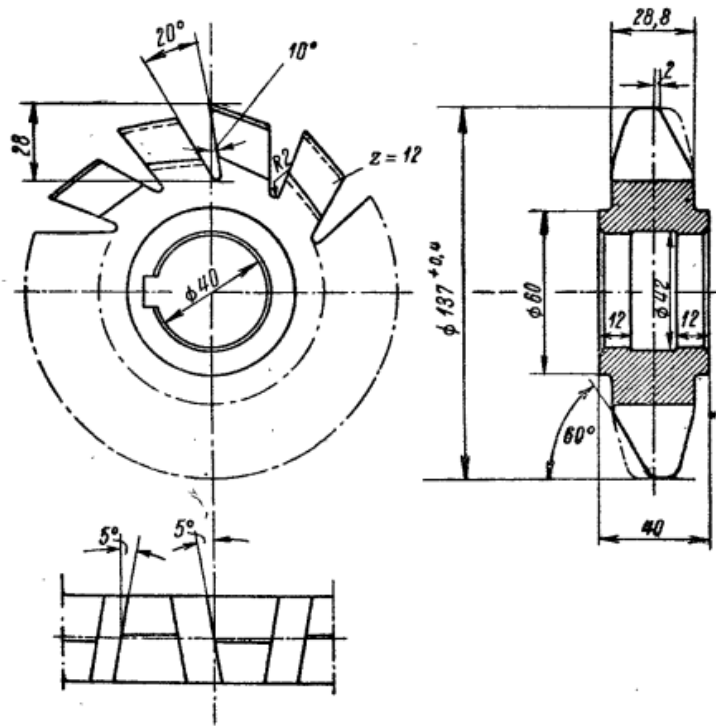


Рис. 14. Фасонная фреза.

4. *Обработка на многокоординатных фрезерных станках с ЧПУ (рис. 14). Метод обладает высокой универсальностью, позволяет получать винты любого профиля, однако для данного метода свойственна очень низкая производительность, а при необходимости получения высокого качества поверхности время обработки может составлять несколько суток.*

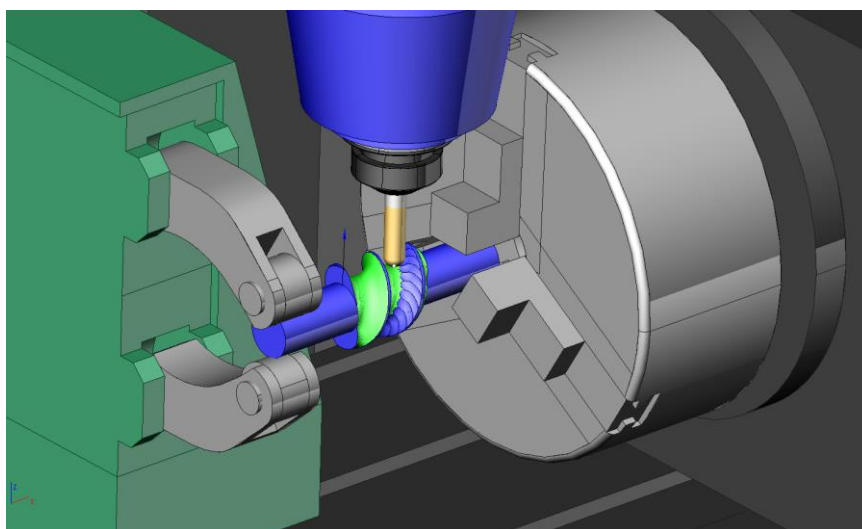


Рис. 15. Обработка винта на многокоординатном станке.

Финишная обработка винтовой поверхности ротора, направленная на обеспечение заданных параметров качества и физико-механических свойств поверхности, может осуществляться следующими способами:

1. Абразивная обработка.

Шлифование профилированными абразивными кругами. Данный метод позволяет повысить одновременно и качество, и точность винтовой поверхности. Применяется для обработки многозаходных винтовых поверхностей. Абразивный круг профилируется в соответствии с профилем винтовой канавки. Для реализации данного метода требуется использование специального оборудования.

Шлифование абразивными лентами. Производительный и технологичный метод, позволяющий значительно повысить качество винтовой поверхности. Не требует специального оборудования и сложной технологической подготовки. Приспособление для шлифования абразивными лентами можно установить на токарно-винторезный или токарный станок с ЧПУ. Возможна обработка винтов с различным профилем и типоразмером без переналадки приспособления.

Обработка свободным абразивом (буксирная галтовка).

Универсальный метод, позволяющий обрабатывать роторы любой конфигурации. Особенность метода заключается в том, что обеспечивается равномерность съема припуска, что в свою очередь позволяет значительно повысить качество винтовой поверхности без потери точности. Имеет ограничения по длине ротора, т. к. обрабатываемая поверхность должна быть полностью погружена в абразив.

2. Метод поверхностного пластического деформирования (ППД).

К финишным методам, основанным на поверхностном пластическом деформировании, можно отнести метод обкатки роликом винтовой поверхности ротора. Данный способ особенно актуален при изготовлении роторов, применяемых в пищевой промышленности, для которых упрочнение поверхности возможно только методами ППД. Метод позволяет

обрабатывать роторы любого сечения и длины, но отличается меньшей производительностью и более жесткими требованиями к исходному качеству поверхности в сравнении с методами абразивной обработки.

3. Электрохимический метод.

В свою очередь, электрохимическое полирование может производиться непосредственно после лезвийной обработки с удалением значительного припуска. Особенностью данного метода является то, что полирование проходит на переменном токе, при этом катодом и анодом попеременно являются два идентичных ротора, сопряженные винтовыми поверхностями с определенным зазором. [8]

Винты являются наиболее ответственными деталями насоса и от точности их изготовления зависит длительная и бесшумная работа насоса в эксплуатации. Шейки винтов и наружная поверхность профилированной части обрабатываются по посадке С и 2 классу точности. Чистота винтовых поверхностей нарезки не должна быть ниже 7 класса точности, а поверхностей шеек и наружной поверхности профилированной части не ниже 8. [13]

Изготовление корпуса

Корпусы винтовых насосов изготавливают литьем. Литые заготовки получают литьем в землю, оболочковые формы и кокиль. Литье применяют в основном для корпусов сложной конфигурации. Заготовки корпусных деталей изготавливают из серого и ковкого чугуна, цветных сплавов (алюминиевых, магниевых). Корпусы, работающие в условиях агрессивной среды – из материалов, обладающих повышенным сопротивлением коррозии (коррозионно-стойкие стали марок 3Х13, 3Х17Н10Т и др.).

Перед механической обработкой детали проходят рентген контроль для выявления микротрещин, усадочных раковин, рыхлот. Механическая обработка производится по плоскости разъёма, периметру и сопрягаемым поверхностям на фрезерных станках. В дальнейшем эти поверхности используются как технологические базы для последующей обработки. Затем

выполняется расточка корпуса под винты и подшипники. Расточка выполняется на координатно-расточном станке.[15]

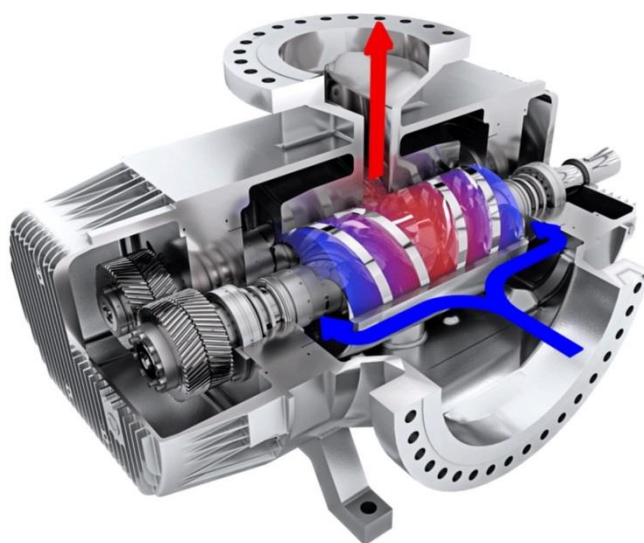


Рис. 16. Литой корпус насоса «Leistritz L4».

Также существует метод изготовления корпусов насосов методом литья в оболочковые формы. Детали корпуса изготавливаются из пластмассовых материалов, таких как полипропилен, полиамид, фторопласт. Корпусы могут быть любых габаритов и форм, к тому же не требуют для своего изготовления дорогостоящей металлической оснастки, что делает такой способ производства экономически выгодным. Литье корпусных деталей сочетает в себе следующие особенности:

1. Низкая себестоимость даже небольшой партии наряду с быстрым прохождением всех этапов техпроцесса;
2. Детали обладают высокой точностью изготовления;
3. Большой выбор исходных материалов позволяет создавать изделия самого широкого спектра физических свойств;
4. Способ подходит для изготовления корпуса, как образца для сертификации либо как тестового продукта перед началом крупносерийного производства.



Рис. 17. Насос из пластика.

Обработка отверстий корпусов насосов под профилированную часть винтов выполняется по посадке А и 2-му классу точности. Чистота поверхностей корпуса должна быть не ниже 6 класса, а торцевых поверхностей корпуса и поверхностей фланцев всасывающего и нагнетательного патрубков не ниже 5. Корпус и крышки насоса подвергаются гидравлическим испытаниям, а внутренние необработанные поверхности, соприкасающиеся с перекачиваемой жидкостью, тщательно очищаются. Проверка взаимного расположения осей расточек производится по контрольным оправкам, а диаметры расточек проверяются предельными калибрами или пассиметром.

В серийном производстве для обработки корпусных деталей используют универсальное или специализированное оборудование. Установка и снятие деталей механизированы: в основном применяют гидравлические и пневматические зажимы, выдвижные фиксаторы, поворотные приспособления, обеспечивающие требуемое взаимное расположение осей отверстий, кондукторы для сверления отверстий и т.д. В условиях крупносерийного производства корпусные детали обрабатываются поточным методом с применением специального, а на отдельных операциях специализированного оборудования.[16]

1.3 Выводы литературного обзора

В результате литературного обзора были получены данные о существующих конструкциях насосов, их достоинствах, недостатках, технических характеристиках и технологиях изготовления. Полученные данные могут быть учтены при выполнении поставленной задачи разработки производственного этапа жизненного цикла ВН.

Таким образом, учитывая особенности конструкций и технологий производства насосов, можно сделать выводы о том, что:

- Существует множество различных типов насосов, которые отличаются конструкциями, техническими характеристиками и используемыми материалами.
- Насосы способны перекачивать жидкости, различные как по составу, так и по вязкости, благодаря чему имеют широкую сферу применения.
- Для изготовления деталей насосов используются различные материалы и выбираются исходя из свойств перекачиваемых жидкостей.
- Изготовление деталей насосов требует использования сложного технологического оборудования.

На основании рассмотренных аналогов зададим требуемые технические характеристики ВН: $Q - 1...150 \text{ м}^3/\text{ч}$, $p - 1...40 \text{ бар}$, $n - 500...3000 \text{ об/мин}$, вязкость жидкостей $P - 1...300 \text{ Ст}$, $t - \text{от } -40...+400^\circ\text{C}$, для нефти; битума; топливных, смазочных, гидравлических масел; охлаждающих жидкостей; кислотосодержащих жидкостей; воска; смол; грунтовых вод и т.д.

Винтовой насос. Техническое задание

1. Наименование и область применения

1.1. Настоящее техническое задание распространяется на ВН, представляющий собой корпус с отверстиями всасывания и нагнетания,

в котором располагается по меньшей мере два вала с винтовыми участками. Валы приводятся в движение с помощью электродвигателя и зубчатой передачи.

- 1.2. ВН может использоваться в нефтегазовой, химической, автомобильной, лакокрасочной, пищевой промышленности.

2. Обоснование для разработки

- 2.1. Разработка ВН производится в соответствии:

- с заданием заказчика;

3. Цель и назначение разработки

- 3.1. ВН разрабатывается с целью увеличения производительности процесса перекачивания жидкостей и его автоматизации.
- 3.2. Функциональное назначение винтового насоса состоит в перекачивании жидкостей различной вязкости, в том числе их смесей (смазочных масел, сырой нефти, битума, гудрона, парафина, топлива и т.д.)

4. Источники разработки

- 4.1. Разработка ведется на основе:

- исходных требований на проектирование винтового насоса;
- литературного анализа.

5. Технические требования

- 5.1. Состав ВН и требования к конструктивному исполнению:

- 5.1.1. В конструкцию ВН должны входить следующие составные части: по меньшей мере два вала с винтовыми участками, корпус с входным и выходным отверстиями, подшипники, уплотнения.

- 5.1.2. Требования к конструктивному исполнению ВН:

- 5.1.2.1. Конструкция должна быть компактной и ремонтпригодной.

- 5.1.2.2. В конструкции должны быть применены комплектующие изделия и материалы, обеспечивающие минимальную массу конструкции при сохранении ее прочности и надежности.

- 5.1.2.3. Конструкция ВН должна выдерживать нагрузки, возникающие в процессе работы.

- 5.1.2.4. Конструкция должна быть герметичной.
- 5.2. Показатели назначения и экономного использования сырья, материалов, топлива, энергии:
 - 5.2.1. Рабочий объем насоса: 45 см³
 - 5.2.2. Объемный расход: 150 м³/ч
 - 5.2.3. Давление: 40 бар
- 5.3. Требования к надежности:
 - 5.3.1. Все узлы и механизмы ВН должны работать без заеданий и ударов.
- 5.4. Требования к технологичности и метрологическому обеспечению разработки, производства и эксплуатации:
 - 5.4.1. Конструкция ВН должна быть технологичной в изготовлении, эксплуатации и ремонте.
- 5.5. Требования к уровню унификации и стандартизации:
 - 5.5.1. При проектировании и изготовлении должны быть унифицированы посадки, классы точности, шероховатость поверхности, резьбы, шлицы, шпонки, модули зубьев, диаметры отверстий, фаски, радиусы, профили винтовых участков.
- 5.6. Требования безопасности и требования по охране природы:
 - 5.6.1. Насос должен соответствовать требованиям безопасности ГОСТ ГОСТ31839-2012, ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ МЭК 60204-1 и действующих нормативных документов на насосы и насосные агрегаты конкретных типов с учетом области их применения.
- 5.7. Эстетические и эргономические требования:
 - 5.7.1. Конструкция составных частей ВН и их внешний вид должны соответствовать современным требованиям технической эстетики.
 - 5.7.2. Установка составных частей ВН должна отвечать эргономическим требованиям.
- 5.8. Требования к патентной чистоте.
 - 5.8.1. По основным техническим параметрам и технико-экономическим показателям ВН должен иметь преимущество перед существующими

отечественными аналогами и находиться на уровне современных зарубежных образцов.

5.9. Требования к составным частям ВН, сырью, исходным и эксплуатационным материалам.

5.9.1. Все детали ВН, контактирующие с перекачиваемым веществом, должны изготавливаться из соответствующих материалов.

2 Жизненный цикл изделия

Жизненный цикл изделия (ЖЦИ) — совокупность явлений и процессов, повторяющаяся с периодичностью, определяемой временем существования конкретного экземпляра изделия от его замысла до утилизации.

Применение концепции ЖЦИ или PLM (Product Lifecycle Management) в сложном многооперационном производстве, характерном для предприятий машиностроения, является необходимым условием повышения конкурентоспособности предприятий за счет повышения качества выпускаемой продукции и степени удовлетворенности заказчика.

Жизненный цикл содержит в себе несколько стадий, выделяемых по признакам характерных для них явлений, технологических процессов, работ и конечных результатов. Основными стадиями жизненного цикла являются: стадия проектирования, стадия производства и стадия поддержки изделия.

Стадии включают в себя следующие этапы:

- планирование разработки;
- разработка дизайна и концепции;
- проектирование изделия;
- инженерный расчет;
- выбор средств технологического оснащения;
- автоматизация обработки;
- моделирование процессов сборки;

- обеспечение качества;
- управление производством;
- сервисное обслуживание.

Для эффективного управления технологическими процессами на всех этапах жизненного цикла необходимо обеспечить постоянный сбор и систематизацию актуальной информации об изделии. Для этого используются автоматизированные системы управления данными PDM (Product Data Management).

С помощью PDM-систем осуществляется отслеживание больших массивов данных и инженерно-технической информации, необходимых на этапах проектирования, производства, сопровождения и утилизации технических изделий. Такие данные, относящиеся к одному изделию и организованные PDM-системой, называются цифровым макетом изделия. PDM-системы интегрируют информацию текстовых, графических и программных форматов, предоставляя её в структурированном виде. Одной из целей PDM-систем является обеспечение возможности групповой работы над проектом, то есть, просмотра в реальном времени и совместного использования фрагментов общих информационных ресурсов предприятия.

Важнейшими составляющими PDM-систем являются системы конструкторского, функционального, и технологического проектирования. Системы конструкторского проектирования называют САД системами (Computer-aided design), с помощью которых создаются модели и чертежи изделий. Расчёты и инженерный анализ выполняется с помощью систем САЕ (computer-aided engineering). Проектирование технологических процессов составляет часть технологической подготовки производства и выполняется в САМ-системах (computer-aided manufacturing).

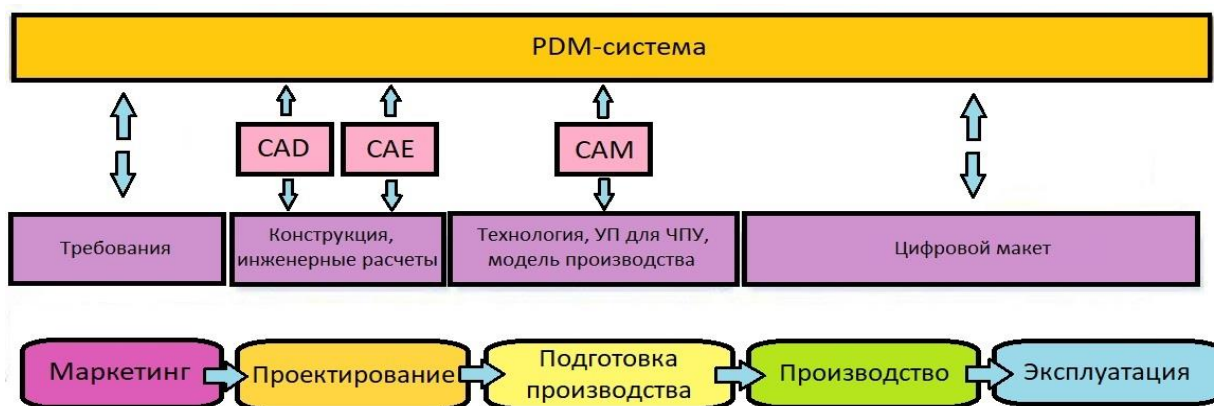


Рис. 18. Структура PDM-системы

С точки зрения глобальных целей производственного предприятия, концепция ЖЦИ позволяет добиться повышения производительности труда, сократить сроки подготовки производства, уменьшить издержки производства, повысить качество продукции и степень удовлетворенности заказчиков.

2.1 Планирование разработки

Этап планирования разработки является одним из первых этапов ЖЦИ. На этом этапе составляется план выполнения проекта. Планирование ведется на основе технического задания от заказчика. Основные задачи этапа:

- Постановка задач для каждого этапа ЖЦИ;
- Планирование потребностей в ресурсах;
- Формирование отчетных документов;
- Разработка планов выполнения проектов;
- Отслеживание хода выполнения работ.

Разработанный план на изготовление ВН включает в себя этапы проектирования, производства и поддержки изделия. Данный план позволяет отслеживать ход выполнения работ, формировать решения, связанные с воздействием на процесс или с корректировкой планов, позволяет сформировать представление о видах и интенсивности нагрузок на рабочие группы, а также о рисках для каждого конкретного проекта, связанных с невыполнением текущих задач. Этапы жизненного цикла ВН представлены в Таблице 2.

Табл. 2. Этапы жизненного цикла винтового насоса.

| | Планирование проекта | Разработка концепции | Проектирование изделия | Инженерные расчеты | Оснастка и инструмент | Автоматизация обработки | Моделирование процессов сборки | Планировка подразделений | Обеспечение качества | Управление производством | Взаимодействие с поставщиками | Сервисное обслуживание |
|------------------------|---|---|---|---|--|---|--|--|--|--|--|---|
| Входные данные | 1.ТЗ | 1.ТЗ 2.ТУ | 1.ТЗ 2.ТУ 3.Концепция изделия. 4.Эскизный проект. | 1.3D модели ВН в 3-х различных исполнениях. | 1.3D модели деталей насоса. | 1.3D модели деталей насоса. 2. 3D модели оснастки. 3.Технологические процессы изготовления деталей. | 1.сборочные чертежи изделия 2.спецификации, 3.технические условия на приемку и испытание изделия 4.производственная программа | 1.Производственная программа | 1.Готовые изделия. 2.КД 3.3D модели насосов | 1.Производственная программа. 2.Результаты оценки качества изделия. | 1.КД 2.Перечень оборудования. 3.Технологические процессы изготовления деталей. | 1.Результаты оценки качества изделия. |
| Задачи | 1.Разработка календарного плана выполнения работ. | 1.Анализ аналогов. 2.Разработка конструктивных решений для ВН. | 1.Проектирование 3D моделей ВН в 3-х различных исполнениях. 2. Подготовка КД | 1. Исследование характеристик полученных моделей насосов. | 1. Подбор инструментов 2. Подбор оснастки 3. Подбор технологического оборудования 4.Проектирование 3D модели оснастки | 1. Разработка программ обработки для станков с ЧПУ | 1. Разработка технологического процесса сборки винтового насоса. 2.Моделирование линии сборки винтового насоса | 1. Подбор помещений 2.Формирование рабочих мест | 1.Сбор данных от пользователей 2.Оценка качества изделия. | 1.Формирование решений для внесения изменений в производство. | 1. Закупка инструментов 2. Закупка материалов 3. Закупка технологического оборудования | 1.Диагностика насосов. 2..Поставка запасных деталей потребителю. 3.Тех. обслуживание. |
| Выходные данные | 1.Календарный план работ. | 1.Концепция изделия. 2.Эскизный проект. | 1.3D модели ВН в 3-х различных исполнениях. 2.КД для всех исполнений ВН. | 1.Характеристики моделей насосов. | 1.Технологические процессы изготовления деталей. 2.3D модели оснастки. | 1.Готовые детали | 1. Готовые изделия. | 1.План помещений. | 1.Результаты оценки качества изделия. | 1.Стратегия управления производством. | 1. Инструменты, материалы, оборудование | 1.Увеличенный срок службы изделий. |

2.2 Концепция изделия

На данном этапе ведется разработка концепции ВН. Начальные требования формируются на основе технического задания и обзора аналогов.

Основными задачами этапа являются:

- Обеспечение компактности и эргономичности конструкции;
- Обеспечение взаимозаменяемости деталей;
- Обеспечение ремонтпригодности;
- Повышение эффективности технологических процессов.

Для разработки концепции ВН рассмотрим винтовой насос итальянской компании «Settima» SMT16B. Насос предназначен для перекачивания минеральных и смазочных масел, синтетических жидкостей, эмульсий, мазута, топлива. Насос обладает высокими техническими характеристиками. Расход составляет 3200 л/мин при частоте вращения вала 3600 об/мин. Давление на выходе составляет 40 бар.

Насос отличается прежде, прежде всего, модульной конструкцией, благодаря чему появляется возможность получения различных комбинаций устройства. Например, радиальная крышка высасывающей стороны насоса может быть заменена на осевую крышку, для изменения направления входящего потока, или на фильтр. Данная модель насоса может комплектоваться шпоночным или полым ведущим валом, в зависимости от требуемого соединения с приводом насоса. Также в конструкции могут применяться фланцы различных типов, для установки уплотнений в соответствии со свойствами перекачиваемых жидкостей.

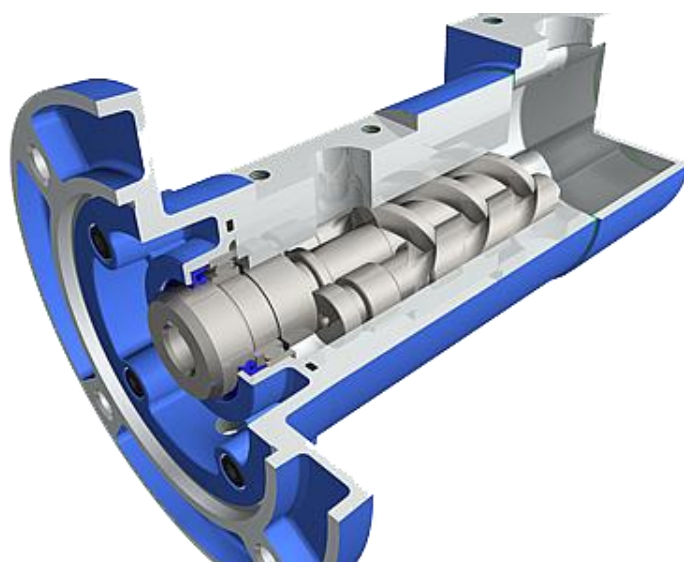


Рис. 19. Винтовой насос «Settima» SNT16B

Таким образом, использование модульной концепции позволит обеспечить ВН эргономичность, взаимозаменяемость деталей, обеспечит ремонтпригодность. Модульная конструкция также повышает эффективность технологических процессов изготовления, т.к. уменьшается количество проектируемых компонентов, упрощаются процессы изготовления деталей, а также сокращаются сроки изготовления конечного изделия.

2.3 Проектирование и разработка конструкции

Основной задачей данного этапа является разработка конструкции ВН. Конструирование основывается на требованиях, указанных в техническом задании, технических условиях и эскизном проекте.

Основные задачи этапа:

- проектирование изделия и его исполнений;
- выбор материалов изготовления;

Корпус ВН играет роль камеры, в которую попадает жидкость и проталкивается ротором от входного отверстия к выходному. Корпус состоит из двух типов сегментов: входного/выходного (1) и промежуточного (2). Сегменты имеют специальные проточки, расположенные в торцах для установки уплотнений (3), а также отверстия для винтовых соединений. В центре сегментов располагаются отверстия для установки роторов, а в верхней части входное/выходное отверстия для соединения с напорными патрубками.

Роторы изготавливаются в виде ступенчатых валов – ведущего (4), приводимого в движение электродвигателем, и ведомого (5), движение которому передается через зубчатую передачу. Зубчатые колеса (6) устанавливаются на валу с помощью шлицевого соединения. В конструкции вала предусмотрены элементы для крепления винтовых сегментов (7) шпонкой (8) и стопорными гайками (9). Также на вал устанавливаются торцевые уплотнения (10) и подшипники (11).

Крышка корпуса (12) разделяет проточную часть насоса и зубчатую передачу. В ее конструкции предусмотрены проточки для установки подшипников с наружной стороны и торцевого уплотнения с внутренней. Крышка соединяется с выходной секцией корпуса насоса винтами.

Фланец насоса (13) имеет схожую конструкцию с крышкой, но имеет дополнительную цилиндрическую поверхность с отверстиями под винты для

соединения с электроприводом. Фланец крепится к входной секции корпуса насоса винтами.

Крышки подшипников (14,15) и крышка редуктора (16) устанавливаются в торцах насоса и также крепятся винтами.

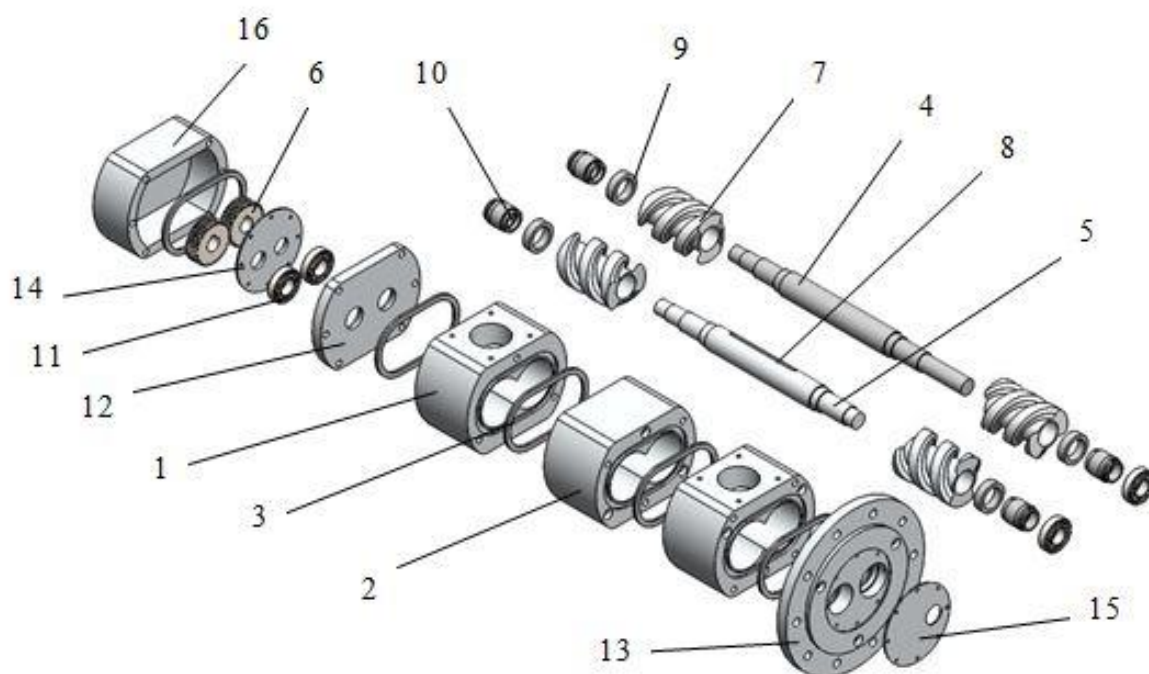


Рис. 19. Конструкция ВН

2.3.1 Исполнения насоса

В процессе разработки конструкции ВН спроектировано три различных исполнения, отличающихся объемом проточных областей и, как следствие, расходом. В конструкции используются унифицированные винтовые сегменты, что позволяет использовать их во всех конфигурациях ВН.

Исполнение 1. Двухвинтовой насос имеет в своей конструкции два ротора, установленных в подшипниках качения. Вращение ведомого ротора обеспечивается зубчатой передачей. Данное исполнение предназначается для малых подач жидкостей.

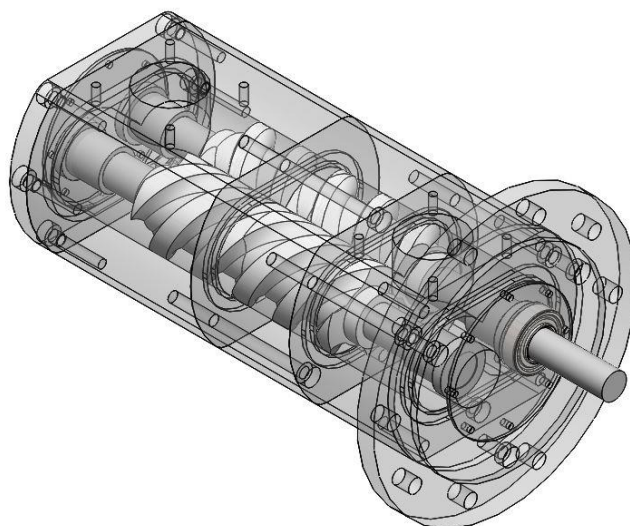


Рис. 20. Двухвинтовой насос.

Исполнение 2. Трехвинтовой насос имеет в своей конструкции три ротора, установленных в подшипниках качения. Расположенный в центре ротор является ведущим. Вращение ведомых роторов обеспечивается зубчатой передачей. Предназначается для средних подач жидкостей.

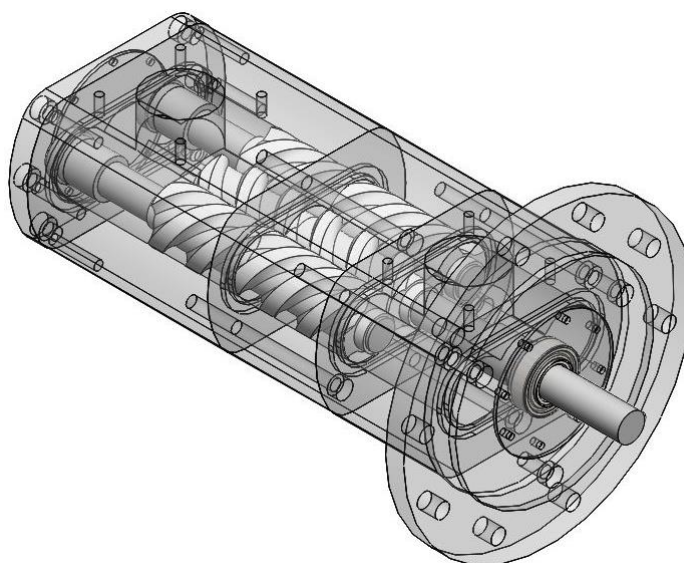


Рис. 21. Трехвинтовой насос.

Исполнение 3. Пятивинтовой насос. Имеет в своей конструкции пять роторов, установленных в подшипниках качения. Расположенный в центре ротор является ведущим. Вращение ведомых роторов обеспечивается зубчатой передачей. Предназначается для больших подач жидкостей.

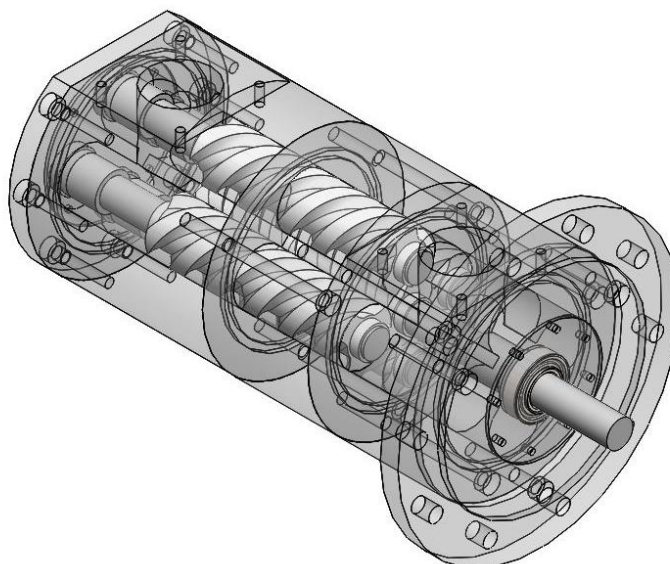


Рис. 22. Пятивинтовой насос.

2.3.2 Выбор материалов

Винтовые насосы применяются во многих областях промышленности, поэтому к ним предъявляются высокие требования по качеству применяемых материалов. Материалы деталей проточной части насосов выбираются в зависимости от химической активности, температуры, плотности, наличия механических примесей. При выборе нужно ориентироваться на применение распространенных и наиболее дешевых материалов, обладающих высоким уровнем требуемых свойств. Также при выборе материалов необходимо учитывать их технологические свойства, обрабатываемость, чтобы использовать более экономичные технологические процессы.

Функциональное назначение ВН состоит в перекачивании жидкостей различной вязкости P от 1 до 300 Ст, температуры t от -40 до $+400^{\circ}\text{C}$ и различной кислотности, поэтому рабочие элементы, а именно корпус, крышки, валы, винтовые сегменты, должны изготавливаться из соответствующих материалов.

Жидкости условно можно разделить на три группы:

- агрессивные (кислоты, щелочи);

- абразивные (сырая нефть, грунтовые воды);
- нейтральные (топливные, смазочные, гидравлические масла, водомасляные эмульсии, смолы, воск).

Ниже в Таблице 3 представлены материалы, применяемые в промышленности для изготовления основных деталей насосов:

Таблица 3. Материалы изготовления.

| Материал | Применение |
|---|---|
| алюминий (Al) | Наиболее экономичный материал изготовления насоса. Применяется для перекачивания химически нейтральных жидкостей со средней степенью абразивности. |
| алюминий с покрытием из фторопласта (Al+PTFE) | Применяется для перекачивания химически агрессивных жидкостей, не содержащих абразивных и/или крупных твердых частиц. |
| нержавеющая сталь (AISI 304) | Применяется для перекачивания жидкостей с повышенной кислотностью и щелочных растворов. Имеет хорошую стойкость к абразиву. |
| чугун (Cast iron) | Применяется для перекачивания высокоабразивных неагрессивных жидкостей. |
| нержавеющая сталь (AISI 316L) | Применяется для перекачивания пищевых жидкостей. Обладает лучшей, по сравнению с AISI 316, кислотной и щелочной стойкостью. |
| полиамид (PA) | Применяется для перекачивания химически агрессивных жидкостей. Обладает лучшей, по сравнению с нержавеющей сталью, химической стойкостью. Подходит для жидкостей с высокой степенью абразивности. |
| фторопласт (PTFE) | Применяется для перекачивания любых жидкостей, в том числе самых химически агрессивных, при высоких температурах. Слабая стойкость к абразиву. |
| титан (Ti) | Обладает высокой прочностью, хорошей коррозионной стойкостью и при этом имеет сравнительно небольшую массу. |
| никель-алюминиевая бронза (CuAl10Ni5Fe4) | Сплав демонстрирует низкий уровень поверхностной коррозии в атмосферных условиях, низкий уровень окисления при высоких температурах и слабую способность к реакциям с сернистыми соединениями. |

Для изготовления ВН выбрано три варианта материалов для различных сред: алюминий АЛ8 (нейтральные среды), нержавеющая сталь 08Х18Н10 (агрессивные среды) и полиамид (абразивные среды).

Алюминий АЛ8 обладает удовлетворительными литейными свойствами, высокой коррозионной стойкостью, хорошо обрабатывается резанием. Применяется для перекачивания химически нейтральных жидкостей. Из алюминия и его сплавов изготавливают корпуса самолетов, моторы, блоки цилиндров, коробки передач, насосы и другие детали в

авиационной, автомобильной и тракторной промышленности, сосуды для хранения химических продуктов. Рабочая температура до 100 °С.

Сталь 08X18H10 является аналогом стали марки AISI 304, содержит минимум 18 % Cr и 10 % Ni. Такое содержание Cr обеспечивает формирование на поверхности оксидного слоя, что придает стали устойчивость к воздействию разнообразных химических веществ. Данная марка стали используется в химической, нефтегазовой и пищевой промышленности. Используется для изготовления труб, деталей печной арматуры, теплообменников, муфелей, ретортов, патрубков, сосудов химического машиностроения работающих при температуре от -200 до +600°С в средах средней активности.

Полиамид является представителем термопластичных пластмасс. Он имеет высокую прочность на излом, не оставляет следов и цветовых изменений на контактных поверхностях, устойчив к коррозии, очень устойчив к истиранию, обеспечивает очень низкое сопротивление качению, не имеет вкуса и запаха, гигиеничен, устойчив к воздействию многих агрессивных веществ, но не устойчив к минеральным кислотам, оксидантам, хлороуглеводородам, растворам солей тяжёлых металлов. Полиамид может поглощать и отдавать влагу. Поэтому в зависимости от температуры и влажности окружающей среды возможны изменения размеров. Цвет натурально-белый или чёрный. Может применяться в температурном диапазоне от -40° С до +80° С, кратковременно допустимы и более высокие температуры. В высокотемпературном диапазоне до +250° С используется специальный жаростойкий полиамид.[17]

2.4 Инженерные расчеты

Инженерные расчеты являются важным этапом ЖЦИ. На данном этапе проводятся расчеты конструкции и деталей на прочность, материалоемкость, проводятся кинематические исследования, термический и гидродинамический анализ. Для этого используются САЕ-системы. САЕ-

системы – это программные продукты, позволяющие при помощи расчётных методов оценить, как поведёт себя модель изделия в реальных условиях эксплуатации.

Основные задачи этапа:

- проверка правильности конструкторских решений;
- сокращение количества опытных образцов изделия и объема натуральных испытаний;
- выбор наилучшего варианта конструкции;
- проверка соответствия изделий проектным требованиям;
- решение локальных проблем, обнаруженных в готовом изделии.

Проведем исследование геометрии спроектированных винтовых сегментов на интерференцию в САПР Solidworks 2019.

Нарезка винтов состоит из двух профилей сложной формы, один из которых является ведущим, а второй уплотняющим. Профили образуют замкнутое пространство, отделенное контактными линиями от камер всасывания и нагнетания. Контакт поверхностей происходит по принципу косозубого зубчатого зацепления, при котором точка контакта движется вдоль линии полюса зацепления. В связи с этим требуется проверка модели на интерференцию.

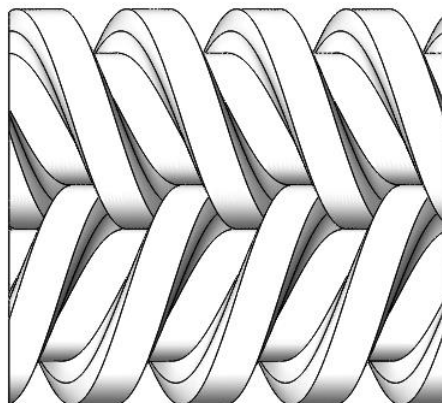


Рис. 23. Модель.

Для этого выберем в меню программы пункт «Инструменты». Затем выберем пункт «Анализировать», «Проверить интерференцию»

компонентов». Выберем необходимые для расчета компоненты модели и нажмем кнопку «Вычислить». В случае обнаружения пересечений в модели программа выделит их красным цветом.

В результате исследования было выяснено, что интерференции в модели нет.

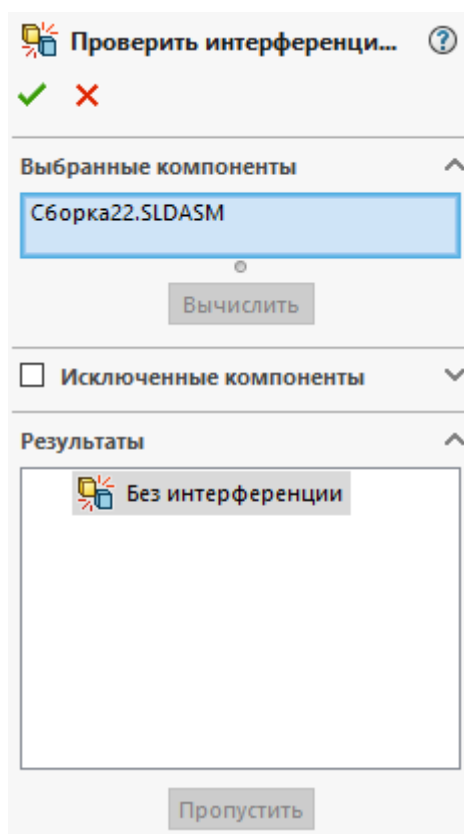


Рис. 24. Результаты исследования.

2.5 Выбор средств технологического оснащения

Целью данного раздела является выбор технологического оснащения для производства ВН. Средства технологического оснащения (СТО) - это совокупность орудий производства, необходимых для осуществления технологического процесса. К средствам технологического оснащения относятся технологическое оборудование и технологическая оснастка. Технологическое оборудование включает в себя станки, прессы, литейные машины, испытательные стенды. К технологической оснастке относятся

режущие инструменты, модели, штампы, пресс-формы, измерительные приборы, а также средства механизации и автоматизации технологических процессов.

2.5.1 Выбор оборудования

Выбор технологического оборудования определяется:

- методом обработки;
- возможностью обеспечить точность размеров и формы, качества поверхности;
- габаритными размерами заготовок и размерами обработки;
- мощностью;
- производительностью и себестоимостью в соответствии с типом производства;
- возможностью приобретения и ценой станка;
- удобством и безопасностью работы станка.

При выборе станков особое внимание следует обратить на станки с числовым программным управлением (ЧПУ), являющихся одним из основных средств автоматизации механической обработки в серийном машиностроении. Станки с ЧПУ применяются на токарных, сверлильных, фрезерных, расточных и других операциях. В настоящее время широкое распространение получают многооперационные станки с ЧПУ, оснащенные дополнительными шпинделями, револьверными головками, приводными инструментами, которые позволяют вести обработку деталей за минимальное число установов.

Для изготовления ВН используются следующие заготовки:

Таблица 4. Размеры заготовок для деталей ВН

| Деталь | Размеры, мм | Заготовка, мм |
|--------|-------------|---------------|
|--------|-------------|---------------|

| | | |
|-----------------------------|-------------|-----------|
| 1. Входной/выходной сегмент | 220x120x170 | Круг Ø220 |
| 2. Вал ведущий | 45x530 | Круг Ø45 |
| 3. Вал ведомый | 45x460 | Круг Ø45 |
| 4. Зубчатое колесо | 80x25 | Круг Ø80 |
| 5. Винтовой сегмент | 90x120 | Круг Ø90 |
| 6. Гайка стопорная | 55x15 | Круг Ø55 |
| 7. Крышка корпуса | 220x120x170 | Круг Ø220 |
| 8. Фланец | 320x35 | Лист 35 |
| 9. Крышка подшипника | 150x10 | Лист 10 |
| 10. Крышка редуктора | 220x80x170 | Лист 3 |

На основании вышеприведённых габаритов заготовок выбрано следующее оборудование:

Токарный обрабатывающий центр СТ25Л



Рис. 25. Токарный обрабатывающий центр SМЕС SL 2500А

Таблица 5. Характеристики.

| | | |
|---|--------|-----------------------|
| Максимальный диаметр обработки над станиной | мм | Ø520 |
| Максимальный диаметр обработки | мм | Ø380 |
| Максимальная длина обработки | мм | 1030 |
| Перемещения по осям X/Z | мм | 200/1090 |
| Шпиндель: | | |
| Скорость вращения шпинделя | Об/мин | 35-3500 |
| Револьверная голова: | | |
| Количество позиций инструмента | шт | 10/12 (опция) |
| Длина хвостовика | мм | 25 |
| Диаметр хвостовика расточной оправки | мм | Ø40 (50) |
| Скорость вращения приводного инструмента | Об/мин | - |
| Сила зажима | кгс | 2905 |
| Подача: | | |
| Ускоренное перемещение по осям X/Z | мм/мин | 18000/24000 |
| Рабочая подача по осям X/Z на один оборот | мм | 0.0003-285/0.0003-357 |
| Задняя бабка: | | |
| Перемещение задней бабки | мм | 990 |
| Диаметр пиноли задней бабки | мм | 110 |
| Отверстие в пиноли задней бабки | | MТ5 |
| Перемещение пиноли задней бабки | мм | 100 |
| Двигатели: | | |
| Двигатель главного привода | кВт | 18.5/22 |
| Двигатель привода подачи | кВт | 3 |
| Двигатель системы гидравлики | кВт | 1.5 |
| Двигатель лубрикатора | кВт | 0.018 |
| Двигатель подачи СОЖ | кВт | 0.4 |
| Габариты и вес: | | |
| Занимаемая площадь [с конвейером для стружки] | мм | 3880 [4807] x 1617 |
| Вес станка | кг | 6200 |

Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр VMC650



Рис. 26. Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр VMС650

Таблица 6. Характеристики.

| | | |
|------------------------------------|--------|----------------|
| Размеры стола | мм | 420x800 |
| Мах нагрузка на стол | кг | 600 |
| Конус шпинделя | № | ISO 40 |
| Мощность двигателя шпинделя | кВт | 5.5/7.5 |
| Скорость вращения шпинделя | Об/мин | 8000 |
| Перемещение по осям X/Y/Z | мм | 650/400/480 |
| Расстояние от шпинделя до стола | мм | 80-560 |
| Расстояние от шпинделя до стойки | мм | 480 |
| Скорость перемещения по осям X/Y/Z | м/мин. | 12/12/10 |
| Количество инструментов в магазине | шт | 16/20/24 |
| Мах вес инструмента | кг | 8 |
| Точность позиционирования | мм | ±0.008 |
| Повторяемость | мм | ±0.003 |
| Расход воздуха | л/мин | 250 |
| Давление воздуха | МПа | 0.6 |
| Система ЧПУ | | FANUC |
| Габариты (ДxШxВ) | мм | 2340x2270x2250 |
| Вес | кг | 4500 |

Установка для гидроабразивной резки DeKart W1313L



Рис. 27. Установка для гидроабразивной резки DeKart W1313L

Таблица 7. Характеристики.

| | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| Модель | DeKart W1313L Консольная |
| Рабочее поле по осям X, Y | 1400*1400 |
| Ход шпинделя по оси Z | 150 мм |
| Рабочая поверхность | Водоналивной реечный стол |
| Максимальная грузоподъемность стола | 1000 кг/кв. м |
| Мощность | 37 кВт |
| Макс. скорость перемещения | 0-12 000 мм/мин |
| Макс. скорость резки | 0-8 000 мм/мин |
| Точность резки | 0,01 мм |
| Режущая головка | 1 |
| Двигатель | Серводвигатели Mitsubishi |
| Система привода для осей X, Y, Z | ШВП (Шарико-винтовая пара) |
| Направляющие по осям X, Y, Z | рельсовые HIWIN |
| Внутренний диаметр отверстия | 0,33 мм |
| Внутренний диаметр сопла | 0,76 мм или 1.02 мм |
| Программа управления станком | WEIHONG NC-studio |
| Тип насоса | мультипликаторный |
| Тип бустера | Гидравлический (усиленный насос) |
| Автоматический контроль уровня воды | есть |
| Автоматический подача абразива | есть |
| Допустимая температура в цеху, С | 0-45 |
| Расход воды | 3,8 л/мин |
| Электропитание | АС 380V/50HZ |
| Номинальное рабочее давление | 0 ~ 380MPa |
| Максимальное рабочее давление | 415MPa |
| Монитор - дисплей | 19-дюймовый ЖК |
| Размер упаковки (мм) | 2000 x 1600 x 1620 мм |
| Вес нетто | 4000 кг |
| Вес брутто | 4500 кг |

2.5.2 Выбор инструмента

На данном этапе выбирается инструмент, необходимый для изготовления деталей изделия. Выберем режущий инструмент и назначим режимы резания для операции фрезерования проточки под установку уплотнения в корпусе ВН.

Задачи этапа:

- обеспечение своевременного и бесперебойного снабжения предприятия технологической оснасткой и инструментом в соответствии с технологической документацией и планами производства;
- применение в производстве прогрессивного инструмента, который обеспечивает высокую производительность работы и выпуск продукции требуемого качества;
- экономия в расходовании средств на инструмент за счет повышения срока службы, упорядочения складских запасов, восстановления и ремонта;
- разработка и изготовление нестандартного инструмента и оснастки, обеспечение подготовки производства новых изделий и новых технологических процессов в минимальные сроки;
- технический надзор за правильностью эксплуатации инструмента в основных и вспомогательных цехах.

Выбор режущего инструмента, его конструкции и размеров определяется видом обработки, размерами обрабатываемой поверхности, свойствами обрабатываемого материала, требуемой точностью и шероховатостью поверхности. Наиболее подходящим инструментом для обработки проточки корпуса является концевая фреза.

Фрезы концевые – это металлорежущий инструмент цилиндрической формы с острыми режущими гранями, расположенными с торца и на цилиндрической поверхности (рис. 22). Основную работу выполняют цилиндрические режущие кромки, торцовые зубья в основном используются для зачистки обработанной поверхности. Концевые фрезы

применяются для обработки плоскостей, пазов и уступов.



Рис. 28. Концевая фреза.

В соответствии с ГОСТ 17025-71 выбираем концевую фрезу из быстрорежущей стали со следующими параметрами:

- диаметр $D = 6$ мм;
- длина $L = 68$ мм;
- длина рабочей части $l = 24$ мм;
- число зубьев $z = 3$.
- материал: Р6М5.

Чтобы получить высокое качество поверхности необходимо провести следующие операции: черновое фрезерование, чтобы снять припуск, и чистовое - для достижения требуемого качества поверхности. Определим начальные данные для расчета чернового фрезерования:

- материал детали: АЛ8
- глубина резания $t=5$ мм

Выбор глубины резания и количества проходов:

Оставим припуск для чистового прохода 1 мм. Допустимая глубина фрезерования составляет 5 мм [18, таб. 36, с.285], поэтому черновое фрезерование будем проводить в два прохода по 2 мм каждый.

Расчет подачи на зуб:

Подача на зуб назначается исходя из мощности станка. Мощность станка составляет 7,5 кВт. Исходя из этого выберем подачу на зуб:

$$s_{z4} = 0,02 \text{ mm/tooth} \quad [18, \text{ таб.38.с.286}].$$

Для определения скорости резания используем формулу:

$$V_o = \frac{C_v \cdot D^q}{T_{\max}^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot k_v$$

Учитываем, что $T_{\max} = 80 \text{ min}$ [18, таб.40, с.290],

$C_v = 185,5$; $q = 0,45$; $x = 0,3$; $y = 0,2$; $u = 0,1$; $p = 0,1$; $m = 0,33$ [18, таб.39, с.289],

где $k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv} = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,72$ - поправочный коэффициент;

$$V_{o1,2} = \frac{185,5 \cdot 6^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 2^{0,3} \cdot 0,02^{0,2} \cdot 6^{0,1} \cdot 3^{0,1}} \cdot 0,72 = 93 \text{ m/min};$$

Рассчитаем подачу по следующей формуле [1]:

$$f = n \cdot f_z \cdot z;$$

где n – скорость шпинделя, fz – подача на зуб; z – количество зубьев.

Скорость шпинделя можно рассчитать по следующей формуле выразив n :

$$V_o = \pi \cdot d \cdot n;$$

где d – диаметр фрезы.

$$n = \frac{V_o \cdot 1000}{\pi \cdot d};$$

$$n_{1,2} = \frac{93 \cdot 1000}{3,14 \cdot 6} = 4933 \text{ rpm};$$

Теперь рассчитаем подачу:

$$f_{1,2} = 4933 \cdot 0,02 \cdot 3 = 295,9 \text{ mm/min};$$

Для чистового фрезерования используются те же параметры, но с глубиной резания 1 мм. Для получения шероховатости поверхности Rz20 достаточно одного прохода.

Расчет подачи на зуб:

Исходя из справочной литературы, назначим подачу на зуб для финишного фрезерования в 2 раза меньше [18, таб.38.с.286], следовательно:

Подача на зуб выбирается так же, как и для чернового фрезерования.

$$s_{z4} = 0,01 \text{ мм/зуб.}$$

Расчет скорости резания:

$$V_{01,2} = \frac{185,5 \cdot 6^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 1^{0,3} \cdot 0,01^{0,2} \cdot 6^{0,1} \cdot 3^{0,1}} \cdot 0,72 = 184,6 \text{ м/мин};$$

Рассчитаем подачу по следующей формуле [18]:

$$n_1 = \frac{184,6 \cdot 1000}{3,14 \cdot 6} = 9793 \text{ rpm};$$

Теперь рассчитаем подачу:

$$f_1 = 9793 \cdot 0,01 \cdot 3 = 293,7 \text{ мм/мин};$$

2.6 Автоматизация обработки

На данном этапе производится автоматизация процессов обработки деталей ВН. Задачи этапа:

- определение оптимального варианта технологического маршрута обработки партии деталей;
- определение сроков изготовления деталей;
- определение величины переменных затрат;
- определение оптимальных технологических параметров процесса обработки и управление запасами склада;
- формирование номенклатуры и количества необходимых средств производства.[19]

В состав программного продукта Siemens входит САМ - модуль для разработки, проверки и визуализации программ управления станками с ЧПУ и позволяет пользователю разрабатывать управляющие программы для обработки деталей любой сложности. NX САМ - модуль поддерживает различные виды обработки изделий: токарную, 3-х и 5-ти осевое фрезерование на станках с ЧПУ, комбинированную, электроэрозионную

обработку и др. С помощью модуля NX CAM можно создавать управляющие программы для станков с ЧПУ с использованием G-кодов, при этом программа позволяет осуществлять обработку и контролировать возможные столкновения рабочих элементов в ходе обработки.

Создадим управляющую программу обработки проточки для установки уплотнения в корпусе ВН. Выберем в меню программы пункт «Обработка». Для того, чтобы создать программу, нужно задать обрабатывающий инструмент, геометрию и операцию.

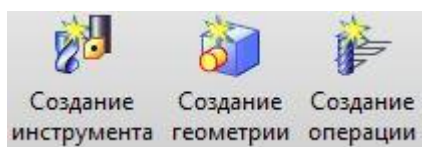


Рис. 29. Меню программы обработки.

Создадим инструмент нажатием соответствующей клавиши в меню программы. Программа предложит выбрать тип и геометрию инструмента. Выберем концевую фрезу. Затем программа предложит ввести геометрические параметры инструмента. Введем параметры концевой фрезы.

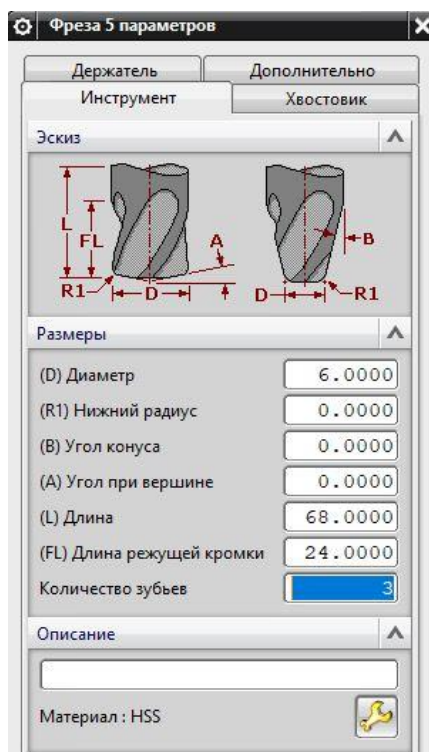


Рис. 30. Параметры концевой фрезы.

Выберем систему координат обработки в меню «Создание геометрии».

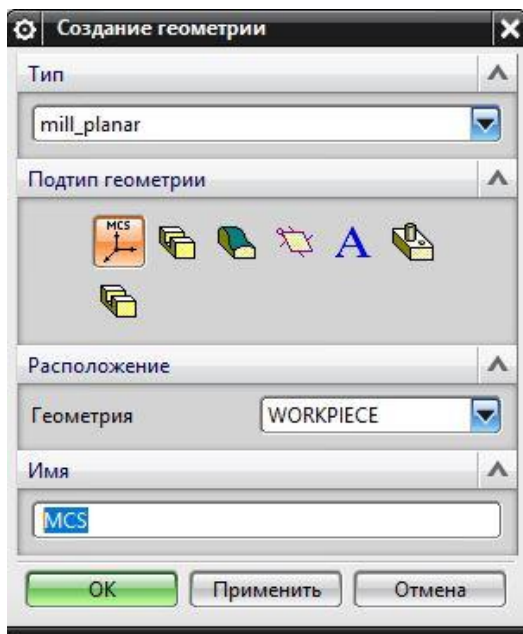


Рис. 31. Меню создания геометрии.

Для создания операции обработки выберем тип операции «Mill planar» (фрезерование поверхности), созданную геометрию «MCS» и метод «Mill rough» (черновое фрезерование).

Затем программа предложит выбрать геометрию пола и стенок проточки.

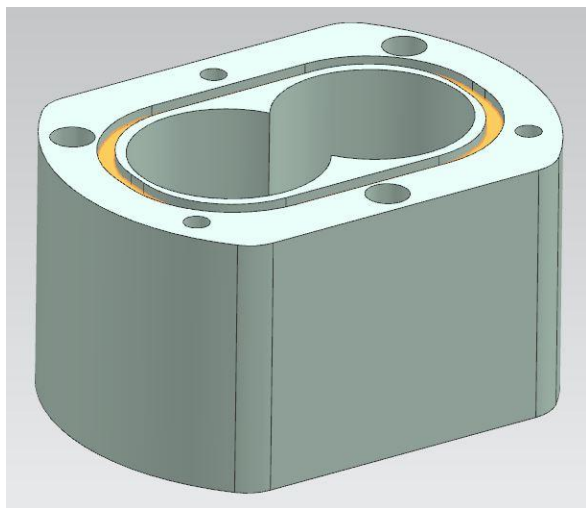


Рис. 32. Геометрия пола.

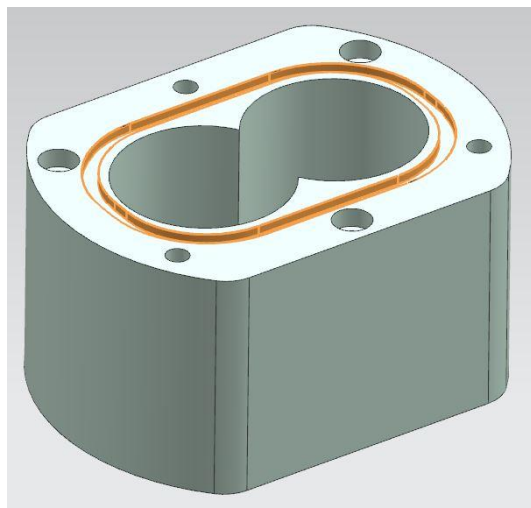


Рис. 33. Геометрия стенок.

Там же выберем припуск для пола, глубину резания и смещение для припуска на чистовую обработку.

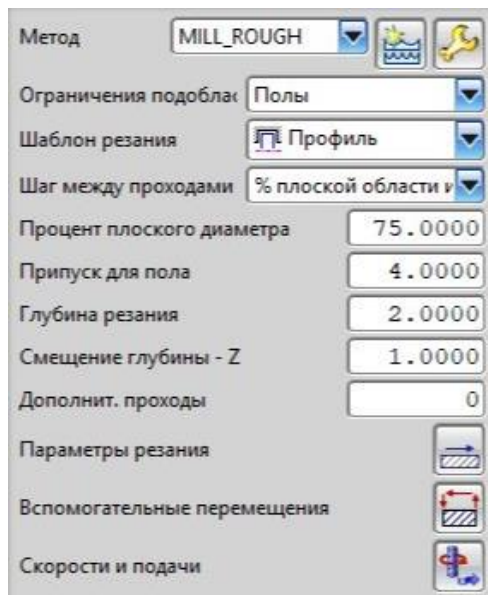


Рис. 34. Меню выбора пола и стенок.

Нажмем на кнопку «Скорости и подачи» в том же меню и зададим режим резания.

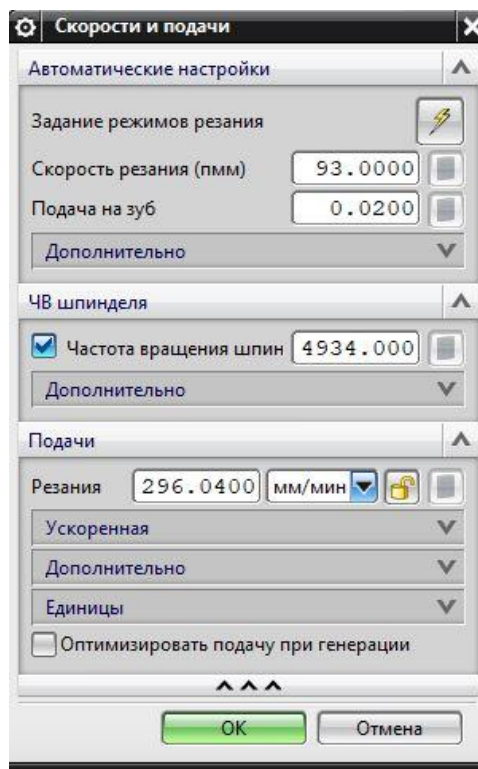


Рис. 35. Меню выбора скорости и подачи.

На основе введенных данных программа создаст траекторию обработки.

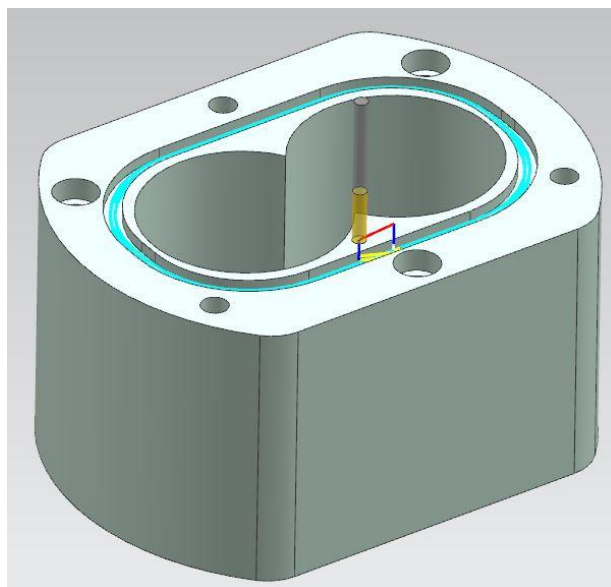


Рис. 36. Траектория обработки.

То же самое сделаем для создания чистовой обработки с введением соответствующих параметров. В дереве программы появятся программы черновой и чистовой обработки проточки.

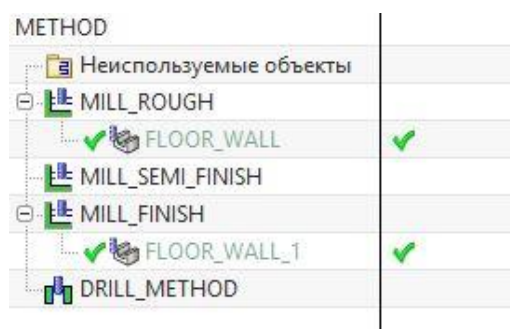


Рис. 37. Программа обработки.

Для автоматического создания программы обработки с использованием G-кода в дереве программы нажмем правой кнопкой мыши на соответствующей операции и выберем «Постпроцессировать». Выберем нужный тип станка, на котором будет производиться обработка детали и укажем имя файла программы.

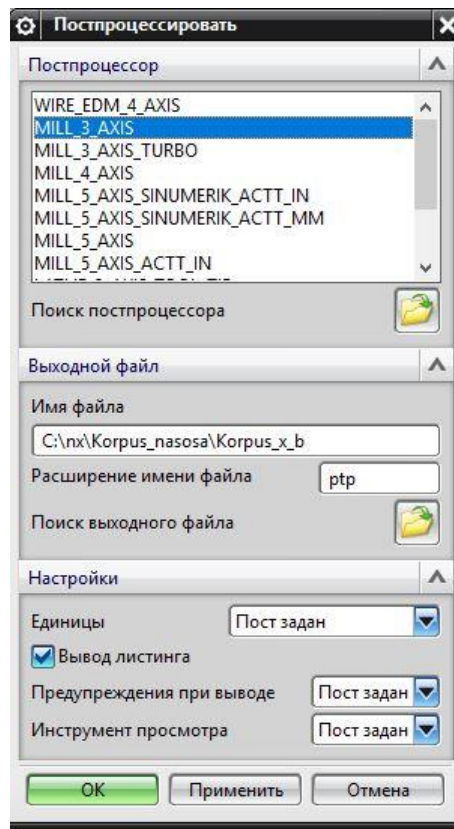


Рис. 38. Меню постпроцессирования.

Нажатием кнопки «Ок» получим программы обработки детали для станка. В Приложении Б приведены программы для черновой и чистовой обработки проточки корпуса ВН.

2.7 Моделирование процессов сборки

Сборочный процесс является заключительным, наиболее важным и ответственным этапом производственного процесса в машиностроении.

Задачи этапа:

- определение необходимого технологического оборудования, оснастки, средств механизации и автоматизации;
- техническое нормирование работ и определение квалификации рабочих;
- моделирование и оптимизация ТП по производительности;

От качества сборки зависят эксплуатационные показатели изделия, его надежность, работоспособность и долговечность. Технологический

процесс сборки заключается в последовательном соединении деталей в сборочные единицы, механизмы и машины в целом в соответствии с техническими требованиями. При этом исходными данными для организации технологических процессов сборки являются сборочные чертежи изделия со спецификацией, технические условия на приемку и испытание изделия, а также производственная программа.

Для изготовления ВН в условиях среднесерийного производства требуется организовать подвижный процесс сборки. При таком способе сборки изделие перемещается от одного рабочего места к другому. На каждом рабочем месте, оборудованном необходимым инструментом, рабочим выполняются определенные сборочные операции. Детали и сборочные единицы, необходимые для сборки на данной операции, подаются непосредственно на рабочее место.

Данная форма организации сборочного процесса позволяет ускорить процесс сборки изделия, снизить его себестоимость и использовать рабочих с низкой квалификацией. Состав операции сборки устанавливается так, чтобы на каждом рабочем месте выполнялась однородная по характеру и технологически законченная работа. Это способствует специализации работников и увеличивает эффективность процесса сборки.

На рис. 39 представлена модель сборочной линии ВН, спроектированная в среде программы Tecnomatix PlantSimulation. Сборочная линия состоит из параллельных участков сборки роторов и корпуса. Полученные сборочные единицы соединяются в одно целое, после чего производится сборка зубчатого редуктора.

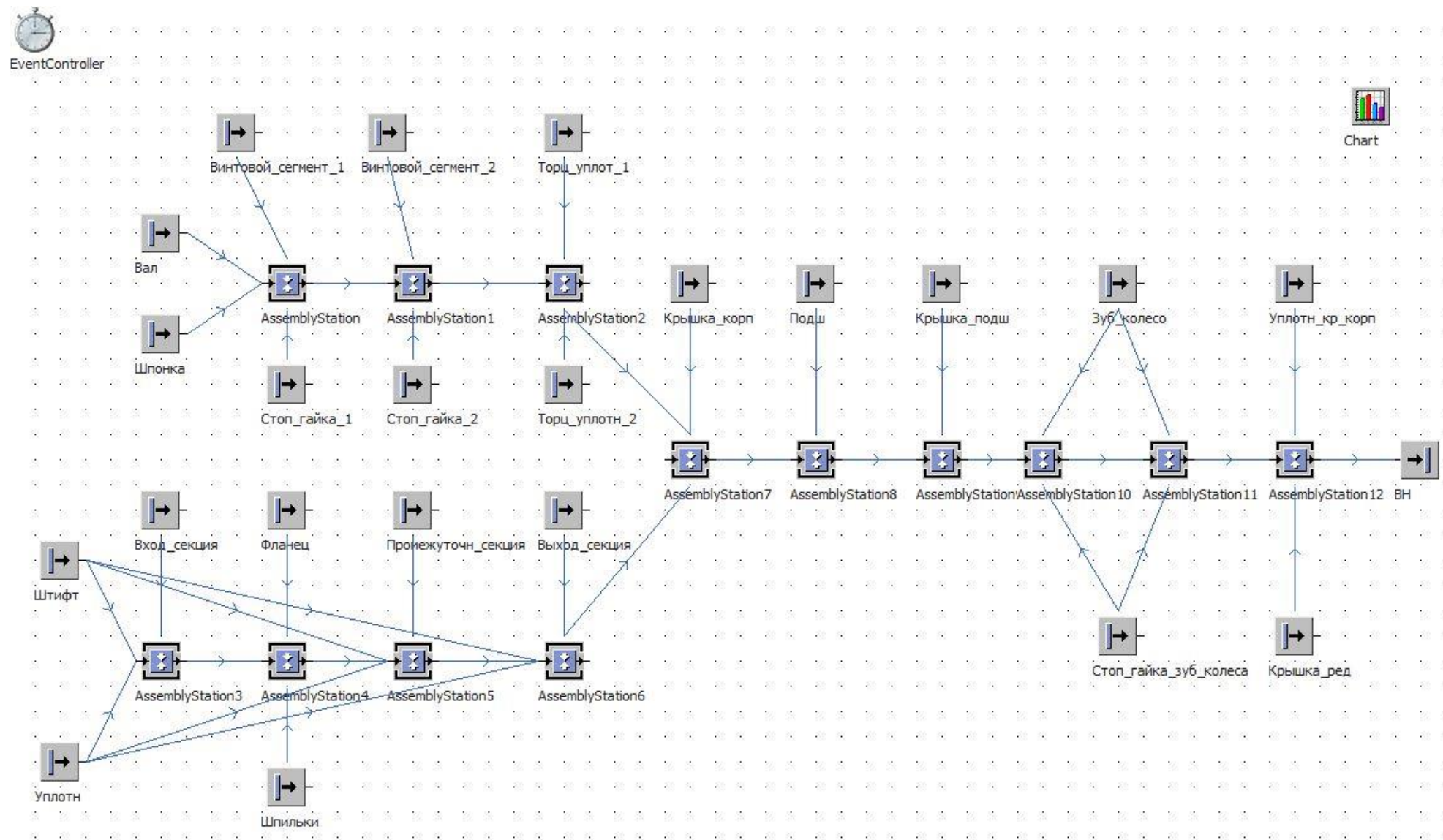


Рис. 39. Модель сборочной линии ВН.

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

Студенту:

| | |
|--------|----------------------------|
| Группа | ФИО |
| 8НМ7Т | Базаркин Сергей Васильевич |

| | | | |
|---------------------|--------------|---------------------------|---|
| Школа | ИШНПТ | Отделение школы (НОЦ) | Материаловедения |
| Уровень образования | магистратура | Направление/специальность | 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств |

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

| | |
|--|---|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Стоимость ресурсов принять как среднюю по г.Томску, заработную плату принять по окладу ТПУ |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | Включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | Отчисления во внебюджетные организации принять 28% |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|--|
| 1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ | Потенциальные потребители результатов исследования, Анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ |
| 2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок | Структура работ в рамках научного исследования, разработка графика проведения научного исследования, расчет материальных затрат НТИ, основная заработная плата, дополнительная заработная плата, формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта |
| 3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности | Интегральный показатель эффективности НИ |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Бюджет НТИ
4. График проведения НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|-----------|-----|-----------------|---------|------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, | Подпись | Дата |
|-----------|-----|-----------------|---------|------|

| | | | | |
|--------|------------------|---------------|--|--|
| | | звание | | |
| Доцент | Подопригора И.В. | К.Э.Н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|---------------|----------------------------|----------------|-------------|
| 8НМ7Т | Базаркин Сергей Васильевич | | |

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

Любая научная или техническая разработка должна приносить прибыль, поэтому экономическая оценка является важной составляющей любого коммерческого проекта. Изделие должно быть максимально выгодным как в эксплуатации, так и при его производстве.

В данном разделе магистерской диссертации объектом исследования является жизненный цикл ВН, повышающий эффективность технологических процессов его производства и снижающий затраты на эксплуатацию изделия.

Целью данного раздела является определение перспективности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождение конкретных проектных решений на этапе реализации. Для достижения цели требуется выполнить следующие задачи:

- оценить конкурентоспособность технических решений;
- провести SWOT-анализ;
- рассчитать бюджет НИИ;
- составить график проведения НИИ.

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования.

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

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором в будущем будет продаваться продукт.

Сегмент рынка – выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающими общими признаками.

Сегментирование – разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определённый товар. Сегментировать рынок можно по таким характеристикам как: пол, возраст, рост, вес, увлечения, географическое расположение, стиль жизни, профессия, уровень дохода и другое.

При проведении маркетинговых исследований компании ожидают, что спрос на насосы будет возрастать примерно на 5 % ежегодно в течение ближайших нескольких лет. Это означает, что огромное количество насосов потребуется для установки в новые системы, а также для замены существующих насосов.

Потенциальными потребителями ВН могут быть:

- заводы
- нефтеперерабатывающие предприятия
- химические предприятия
- фармакологические и косметические предприятия;
- пищевые фабрики;
- стройплощадки;
- сельскохозяйственные предприятия;
- муниципальные и жилищно-коммунальные службы.

3.2 Анализ конкурентных технических решений.

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

Наиболее крупным производителем в России является предприятие АО «Ливгидромаш». Предприятие осуществляет разработку и производство широкого ассортимента насосов для различных отраслей промышленности: нефтегазовой, тепловой и атомной энергетики, водного хозяйства и ЖКХ, судостроения, химической, металлургической, горнодобывающей и других отраслей. Также рассмотрим зарубежный аналог компании «Leistritz» производства Германии. На сегодняшний день компания «Leistritz» располагает самым широким диапазоном продукции в области винтовых насосов и поставляется промышленным предприятиям по всему миру, в том числе и в Россию. Насосы используются нефтеперерабатывающей, химической, металлургической, судостроительной и других областях. Сравнение преимуществ и недостатков предприятий конкурентов и проектируемого производства представлено в таблице 1.

Таблица 1. Преимущества и недостатки предприятий.

| | Преимущества | Недостатки |
|--------------------------------|--|--|
| АО «Ливгидромаш» (Россия) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Большой выбор типоразмеров насосов 2. Сертифицированная продукция 3. Большой опыт 4. Отечественные поставщики сырья. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Низкая скорость изготовления. |
| «Leistritz GmbH» (Германия) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Большой выбор насосов 2. Собственное производство 3. Сертифицированная продукция 4. Большой опыт 5. Репутация | <ol style="list-style-type: none"> 1. Низкая скорость изготовления. 2. Высокая стоимость 3. Высокая стоимость запасных деталей. 4. Сложность доставки. |
| Проектируемое производство | <ol style="list-style-type: none"> 1. Полностью собственное производство 2. Отечественные поставщики комплектующих, сырья. 3. Высокая скорость изготовления. 4. Возможность модифицирования за счет модульной конструкции. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Небольшой выбор типоразмеров 2. Небольшой опыт. |

Как видно из таблицы 1, у каждого предприятия есть свои преимущества и недостатки. Главными преимуществами проектируемого производства является высокая скорость изготовления изделия и возможность модифицирования за счет модульной конструкции.

Проведем анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 2.

Таблица 2. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | | Конкурентоспособность | | |
|--|--------------|-------|-----|----|-----------------------|------|------|
| | | Бк1 | Бк2 | Бф | Бк1 | Бк2 | Бф |
| 1 | 2 | Бк1 | Бк2 | Бф | Бк1 | Бк2 | Бф |
| Показатели оценки качества разработки | | | | | | | |
| 1. Энергоэффективность | 0,1 | 5 | 5 | 5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| 2. Надежность | 0,1 | 5 | 5 | 4 | 0,5 | 0,5 | 0,4 |
| 3. Степень унификации | 0,09 | 3 | 3 | 5 | 0,27 | 0,27 | 0,45 |
| 4. Уровень материалоемкости разработки | 0,08 | 4 | 5 | 4 | 0,32 | 0,4 | 0,32 |
| 5. Уровень шума | 0,05 | 5 | 5 | 5 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| 6. Безопасность | 0,06 | 5 | 5 | 5 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 7. Ремонтопригодность | 0,08 | 5 | 5 | 5 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| 8. Эргономичность | 0,05 | 4 | 5 | 4 | 0,2 | 0,25 | 0,2 |
| Показатели оценки коммерческого потенциала разработки | | | | | | | |
| 9. Конкурентоспособность продукта | 0,07 | 5 | 5 | 5 | 0,35 | 0,35 | 0,35 |
| 10. Перспективность рынка | 0,05 | 5 | 5 | 5 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| 11. Цена | 0,05 | 5 | 3 | 5 | 0,25 | 0,15 | 0,25 |
| 12. Послепродажное обслуживание | 0,04 | 5 | 4 | 5 | 0,2 | 0,16 | 0,2 |
| 13. Финансовая эффективность научной разработки | 0,05 | 5 | 5 | 5 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| 14. Срок выхода на рынок | 0,08 | 4 | 4 | 5 | 0,32 | 0,32 | 0,4 |
| 15. Наличие сертификации разработки | 0,05 | 5 | 5 | 1 | 0,25 | 0,25 | 0,05 |
| Итого | 1 | | - | - | 4,61 | 4,6 | 4,57 |

Бк1 – АО «Ливгидромаш»; Бк2 – «Leistritz GmbH»; Бф – ВН

Анализ конкурентных технических решений рассчитаем по формуле 1:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (1), \quad \text{где } K - \text{ конкурентоспособность научной}$$

разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Из сводной таблицы, можно определить, что для увеличения конкурентоспособности на рынке необходимо увеличение нескольких показателей. Необходимо повысить показатели надежности, уровня

материалоемкости, эргономичности, снизить стоимость, провести сертификацию.

3.3 SWOT-анализ

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

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

Таблица 3. Матрица SWOT

| | |
|--|--|
| <p>Сильные стороны (С):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Перспективность разработки; 2. Использование стандартных изделий; 3. Использование комплектующих отечественного производителя; 4. Использование сырья отечественного производителя; 5. Компактность конструкции; 6. Востребованность рынка. | <p>Слабые стороны (Сл):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие опыта в построении подобных производств; 2. Высокая стоимость изделия. 3. Низкие технические характеристики по сравнению с конкурентами |
| <p>Возможности (В):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Рост спроса за счет дефицита отечественного продукта на рынке 2. Привлечение инвестиций в случае спроса на продукт; 3. Выход на международный рынок в случае спроса на продукт. | <p>Угрозы (У):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие спроса, из-за неправильного продвижения; 2. Нестабильное финансирование; 3. Срыв поставки комплектующих. |

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

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Данное исследование позволяет выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Для более четкого понимания взаимосвязей в таблице SWOT-анализ реализуем интерактивные матрицы проектов (таблица 4-8).

Таблица 4. Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей проекта

| Сильные стороны проекта | | | | | | | |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Возможности проекта | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
| | B1 | + | - | - | - | - | + |
| | B2 | 0 | + | + | + | - | + |
| | B3 | - | - | - | - | - | + |

Таблица 5. Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей проекта

| Слабые стороны проекта | | | | |
|------------------------|----|-----|-----|-----|
| Возможности проекта | | Сл1 | Сл2 | Сл3 |
| | B1 | - | + | - |
| | B2 | 0 | + | - |
| | B3 | - | - | - |

Таблица 6. Интерактивная матрица сильных сторон и угроз проекта

| Сильные стороны проекта | | | | | | | |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Угрозы проекта | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
| | У1 | + | - | - | - | + | - |
| | У2 | + | + | + | + | - | 0 |
| | У3 | + | + | + | + | - | - |

Таблица 7. Интерактивная матрица слабых сторон и угроз проекта

| Слабые стороны проекта | | | | |
|------------------------|----|-----|-----|-----|
| Угрозы проекта | | Сл1 | Сл2 | Сл3 |
| | У1 | + | + | 0 |
| | У2 | + | - | - |
| | У3 | + | - | + |

Составляем результирующую матрицу SWOT.

Таблица 8. Матрица SWOT

| | | |
|---|--|---|
| | <p>Сильные стороны:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Перспективность разработки; 2. Использование стандартных изделий; 3. Использование комплектующих отечественного производителя; 4. Использование сырья отечественного производителя; 5. Компактность конструкции; 6. Востребованность рынка. | <p>Слабые стороны:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие опыта в построение подобных производств; 2. Высокая стоимость изделия. 3. Низкие технические характеристики по сравнению с конкурентами |
| <p>Возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Рост спроса за счет дефицита отечественного продукта на рынке 2. Привлечение инвестиций в случае спроса на продукт; 3. Выход на | <p>В1С1С6 В2С2С3С4С6 В3С6</p> | <p>В1Сл2Сл3 В2Сл2Сл3</p> |

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| международный рынок в случае спроса на продукт. | | |
| Угрозы: 1. Отсутствие спроса, из- за неправильного продвижения; 2. Нестабильное финансирование; 3. Срыв поставки комплектующих. | У1С1С5 У2С1С2С3С4 У3С1С2С3С4 | У1Сл1Сл2 У2Сл1 У3Сл1Сл3 |

3.4 Расчёт сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- страховые взносы;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

3.4.1 Расчёт затрат на материалы

В ходе написания диссертации было использовано оборудование и лицензионные программы, принадлежащие университету, таким образом затрат на их приобретение нет. Также отсутствуют транспортнозаготовительные расходы, связанные с транспортировкой материалов, их хранением и прочими процессами, обеспечивающими доставку материальных ресурсов от поставщиков к потребителю.

Основной статьёй расходов станет распечатка материалов диссертации для предоставления экзаменационной комиссии, а также затраты на канцелярские товары, используемые в ходе проектирования и разработки изделия, рассматриваемого в диссертации.

Распечатывание материалов возможно двумя способами – в копировальном центре или с помощью собственного оборудования. Во втором случае средства будут потрачены только на покупку бумаги. Остальные расходы (расход тонера принтера, электроэнергии) будем считать незначительными. Пачка бумаги формата А4 объемом 500 листов стоит 310 рублей, следовательно один лист стоит 0,62 рублей. Расчет стоимости затрат на материалы приведен в таблице 9.

Таблица 9. Расчёт затрат на материалы

| Наименование материалов | Цена за ед., руб. | | Кол-во | Сумма, руб. | |
|-------------------------|-------------------|-----------|--------|-------------|-----------|
| | Вариант 1 | Вариант 2 | | Вариант 1 | Вариант 2 |
| Распечатка листов А4 | 2 | - | 220 | 440 | - |
| Бумага А4 | - | 0,62 | 220 | - | 136,4 |
| Брошюрование | 60 | 60 | 1 | 60 | 60 |
| Ручка | 40 | 40 | 1 | 40 | 40 |
| Карандаш | 25 | 25 | 3 | 75 | 75 |
| Линейка | 35 | 35 | 1 | 35 | 35 |
| Тетрадь А4, 48 листов | 25 | 25 | 1 | 25 | 25 |
| Итого | | | | 675 | 371,4 |

3.4.2 Расчёт заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Величины месячных окладов по нормам ТПУ для научного руководителя принимается равным 33 664р., а для студента-исполнителя – 11300 руб [8].

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \text{МО} \div 25,25$$

учитывающей, что в году 303 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 25,25 рабочих дня при шестидневной рабочей неделе.

Расчеты полной заработной платы для обоих участников проекта, с учетом ряда коэффициентов ($K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$), приведены в таблице 10.

Таблица 10. Затраты на заработную плату

| Исполнитель | Оклад, руб/мес. | Среднедневная ставка, руб/раб. день | Затраты времени, раб. дни | Коэффициент | Фонд з/платы, руб. |
|---------------|-----------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------|--------------------|
| НР | 33664 | 1333,27 | 15 | 1,70 | 33998,39 |
| И | 11300 | 455,09 | 135 | 1,70 | 104443,15 |
| Итого: | | | | | 138441,55 |

3.4.3 Расчёт затрат на страховые взносы

Затраты на страховые взносы включают отчисления в пенсионный фонд, социальное и медицинское страхование, и составляют 28% от полной заработной платы по проекту:

$$C_{\text{СТ}} = C_{\text{ЗП}} \times 0,28$$

$$C_{\text{СТ}} = 138441,55 \times 0,28 = 38763,63 \text{ руб}$$

3.4.4 Расчёт затрат электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{ЭЛ.ОБ}} = P_{\text{ОБ}} \times t_{\text{ОБ}} \times \text{Ц}_{\text{Э}},$$

где $P_{\text{ОБ}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{Ц}_{\text{Э}}$ – тариф на 1 кВт·час, для ТПУ $\text{Ц}_{\text{Э}} = 5,45 \text{руб./кВт·час}$ (включая НДС);

$t_{\text{ОБ}}$ – время работы оборудования, час.

$$t_{\text{ОБ}} = T_{\text{РД}} \times K_t,$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{РД}}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{\text{ОБ}}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования. Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{ОБ}} = P_{\text{НОМ}} \times K_C,$$

где $P_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Расчет затрат на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 11.

Таблица 11. Затраты на электроэнергию технологическую

| Наименование оборудования | K_C | Время работы оборудования $t_{\text{ОБ}}$, час | Потребляемая мощность, $P_{\text{ОБ}}$, кВт | Затраты $C_{\text{ЭЛ.ОБ}}$, руб |
|---------------------------|-------|---|--|----------------------------------|
| Персональный компьютер | 0,92 | 916,4 | 0,3 | 1498,3 |

3.4.5 Расчёт амортизационных расходов

Для расчета амортизации используемого оборудования используется формула:

$$C_{AM} = \frac{H_A \times Ц_{ОБ} \times t_{рф} \times n}{F_d},$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР.

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования. Расчёт амортизационных затрат приведён в таблице 12.

Таблица 12. Амортизационные затраты

| Наименование оборудования | Год фонд врем F_d | Фактическое время работы оборудования $t_{рф}$ | H_a | $Ц_{об}$ | $C_{ам}$ |
|---------------------------|---------------------|--|-------|----------|----------|
| Персональный компьютер | 2424 | 916,4 | 0,4 | 45000 | 6804,95 |

3.4.6 Расчёт прочих расходов

В этой статье проведём расчёт расходов на выполнение проекта, которые не были учтены в прошлых статьях. Их следует принять равными 10% от общей суммы всех предыдущих расходов, т.е.:

$$C_{ПРОЧ} = C_{МАТ} + C_{ЗП} + C_{СТ} + C_{ЭЛ.ОБ} + C_{AM} \times 0,1$$

$$C_{ПРОЧ} = 675 + 38763,634 + 138441,55 + 1498,3 + 6804,95 \times 0,1 = 180043,975$$

руб.

3.4.7 Расчёт общей себестоимости разработки

Проведём расчёт общей себестоимости разработки. расчёт приведен в таблице 13.

Таблица 13 Смета затрат на разработку проекта

| Статья затрат | Условное обозначение | Сумма, руб. | |
|------------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| | | Вариант 1 | Вариант 2 |
| Материалы и покупные изделия | С _{МАТ} | 675 | 371,4 |
| Основная заработная плата | С _{ЗП} | 138441,55 | 138441,55 |
| Страховые отчисления | С _{СТ} | 38763,634 | 38763,634 |
| Расходы на электроэнергию | С _{ЭЛ.ОБ} | 1498,3 | 1498,3 |
| Амортизационные отчисления | С _{АМ} | 6804,95 | 6804,95 |
| Прочие расходы | С _{ПРОЧ} | 18217,25 | 18217,25 |
| Итого: | | 204400,6 | 204097,084 |

3.5 Разработка графика проведения научного исследования.

Для наглядной демонстрации разработки проекта создадим диаграмму Ганта. (таблица 14)

Таблица 14. Диаграмма Ганта

| | Январь | Февраль | Март | Апрель | Май | Июнь |
|---|--------|---------|------|--------|-----|------|
| Выбор темы диссертации | ■ | | | | | |
| Составление и утверждение ТЗ | ■ | | | | | |
| Календарное планирование работ | | ■ | | | | |
| Работа над стадией «Дизайн и концепция» | | ■ | | | | |
| Работа над стадией «Проектирование изделия» | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| Работа над стадией «Анализ конструкции изделия» | | | | ■ | ■ | |
| Работа над стадией «Автоматизация обработки» | | | | | ■ | |
| Работа над стадией «Моделирование процессов сборки» | | | | | ■ | |
| Работа над стадией «Планировка | | ■ | | | | |

| | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|
| подразделений» | | | | | | | |
| Работа над стадией «Обеспечение качества» | | | | | | | |
| Работа над стадией «Управление производством» | | | | | | | |
| Работа над стадией «Взаимодействие с поставщик» | | | | | | | |
| Работа над стадией «Сервисное обслуживание» | | | | | | | |
| Проведение литературного обзора | | | | | | | |
| Разработка раздела "Финансовый менеджмент" | | | | | | | |
| Разработка раздела "Социальная ответственность" | | | | | | | |
| Проверка работы руководителем | | | | | | | |
| Составление ПЗ и презентации | | | | | | | |

3.6 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

где I_{Φ}^p – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения разработки; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Величина интегрального финансового показателя разработки отражает численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

$$I_{\Phi}^a = \frac{204400,6}{204400,6} = 1$$

– интегральный финансовый показатель разработки варианта 1.

$$I_{\Phi}^p = \frac{204097,084}{204400,6} = 0,99$$

–интегральный финансовый показатель разработки варианта 2.

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

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$

где I_m –интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i –весовой коэффициент i -го исполнения разработки; b_i^a, b_i^p –бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливаемого экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n –число параметров сравнения. Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 15.

Таблица 15. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| Критерии | Весовой коэффициент | Вариант 1 | Вариант 2 |
|----------------------|---------------------|-----------|-----------|
| 1.Производительность | 0,2 | 5 | 5 |
| 2.Затарты времени | 0,2 | 4 | 5 |
| 3.Затраты материалов | 0,2 | 5 | 4 |
| 4.Стоимость | 0,4 | 4 | 5 |
| Итого | 1 | 4,4 | 4,8 |

$$I_m^a = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,4 = 4,4$$

$$I_m^p = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,4 = 4,8$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки I_{Φ}^p и аналога I_{Φ}^a определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a}, \quad I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}$$

$$I_{\text{финр}}^a = \frac{4,4}{1} = 4,4, \quad I_{\text{финр}}^p = \frac{4,8}{0,99} = 4,84$$

Сравнение интегрального показателя эффективности, вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^a}{I_{\text{финр}}^p}, \quad \mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{4,4}{4,84} = 0,9, \quad \mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{4,84}{4,4} = 1,1$$

Таблица 16. Сравнительная эффективность разработки

| № п/п | Показатели | Вариант 1 | Вариант 2 |
|-------|--|-----------|-----------|
| 1 | Интегральный финансовый показатель | 1 | 0,99 |
| 2 | Интегральный показатель ресурсоэффективности | 4,4 | 4,8 |
| 3 | Интегральный показатель эффективности | 4,4 | 4,84 |
| 4 | Сравнительная эффективность | 0,9 | 1,1 |

Из таблицы 16 видно, что наиболее эффективным вариантом исполнения проекта является вариант 2.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| | |
|---------------|----------------------------|
| Группа | ФИО |
| 8НМ7Т | Базаркин Сергей Васильевич |

| | | | |
|---------------------|--------------|---------------------------|---|
| Школа | ИШНПТ | Отделение (НОЦ) | Материаловедения |
| Уровень образования | магистратура | Направление/специальность | 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств |

Тема ВКР:

| | |
|---|--|
| Разработка модели цифрового производства винтового насоса | |
| Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: | |
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | Объектом исследования являются технологические процессы жизненного цикла винтового насоса. Характеристики: расход – 1...150 м ³ /ч, давление – 1...40 бар, вязкость жидкостей Р – 1...300 Ст, температура жидкостей – от -40...+400, перекачиваемые среды: нефть; битум; топливные, смазочные, гидравлические масла; охлаждающие жидкости; кислотосодержащих жидкости; грунтовые воды и т.д. |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке: | |
| 1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | ТК РФ от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. 01.04.19) ОТ № Р-45-084-01 ГОСТ 12.2.032-78 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 |
| 2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия | 1. Отклонение показателей микроклимата 2. Отсутствие или недостаток естественного света 3. Повышенное значение напряжения в электрической цепи 4. Электростатическое поле 5. Повышенная напряжённость электрического поля. |
| 3. Экологическая безопасность: | Бытовые отходы. Отходы, образующиеся при поломке ПЭВМ. |
| 4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | Составлена последовательность действий при возникновении пожара. Даны рекомендации по ликвидации ЧС. |

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

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель | Исаева Елизавета Сергеевна | | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|----------------------------|---------|------|
| 8НМ7Т | Базаркин Сергей Васильевич | | |

4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Данный раздел включает в себя описание влияния на человека опасных и вредных факторов при исследовании проекта на тему «Разработка модели цифрового производства винтового насоса». В данной работе были исследованы и смоделированы технологические процессы жизненного цикла винтового насоса. Исследование проводилось помощью различных программных комплексов, текстовых и графических редакторов. На основе этого рабочим местом будет принято место работы оператора ПК (персонального компьютера).

В настоящее время компьютерная техника широко применяется во всех областях деятельности человека. Необходимость применения компьютера в решении различного рода задач не вызывает сомнения, но вместе с тем компьютер является источником опасных и вредных производственных факторов таких как: повышенный уровень электромагнитных излучений, электростатическое поле, повышенное значение напряжения в электрической цепи.

При работе за ПК изменения в организме также могут быть вызваны чрезмерным напряжением зрения, длительным пребыванием в сидячем положении, умственной нагрузкой, нервно-эмоциональным напряжением, а также разным сочетанием этих причин. Для предупреждения ухудшения здоровья работника от неблагоприятного воздействия перечисленных факторов принимается ряд мер по обеспечению безопасности трудовой деятельности.

В данном разделе диссертации произведен анализ вредных и опасных факторов таких как: отклонение показателей микроклимата в помещении, превышение электромагнитных излучений, повышенное напряжение в электрической цепи, недостаточная освещенность рабочей зоны. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, защиты в случае

чрезвычайной ситуации, а так же правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Данные требования распространяются на работающих с персональными ЭВМ (ПЭВМ) и регламентируются Трудовым кодексом РФ и "ТОИ Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере".

К работе с ПЭВМ допускаются лица, не имеющие медицинских противопоказаний, прошедшие предварительный (при поступлении на работу) и периодический медицинский осмотр, проверку знаний на вторую группу допуска по электробезопасности (ежегодно) и инструктаж по охране труда на рабочем месте. Повторный инструктаж работник проходит не реже одного раза в шесть месяцев.

Женщины со времени установления беременности переводятся на работы, не связанные с использованием ПЭВМ, или для них ограничивается время работы с ПЭВМ (не более 3-х часов за рабочую смену) при условии соблюдения гигиенических требований, установленных Санитарными правилами.

Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья работников на протяжении смены устанавливаются регламентированные перерывы. При работе на компьютере время регламентированных перерывов следует устанавливать в зависимости от категории работ и уровня нагрузки за рабочую смену:

Таблица 1. Время регламентированных перерывов в зависимости от продолжительности рабочей смены, вида и категории трудовой деятельности

| Категория работы | Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ за компьютером | | | Суммарное время регламентированных перерывов, мин | |
|------------------|--|-------------------------|-------------------------|---|----------------------|
| | Группа А, кол-во знаков | Группа Б, кол-во знаков | Группа В, кол-во знаков | При 8-часовой смене | При 12-часовой смене |
| І | до 20000 | до 15000 | до 2,0 | 30 | 70 |
| ІІ | до 40000 | до 30000 | до 4,0 | 50 | 90 |
| ІІІ | до 60000 | до 40000 | до 6,0 | 70 | 120 |

Рабочие места с компьютерами должны размещаться таким образом, чтобы расстояние от экрана одного видеомонитора до тыла другого было не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м. Рабочий стол должен иметь регулировку по высоте в пределах 680-800 мм, иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, глубиной на уровне колен не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног не менее 650 мм. Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно - поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также - расстоянию спинки от переднего края сиденья.[29]

Применение сверхурочных работ допускается в случаях и порядке, предусмотренных статьей 99 ТК РФ. Сверхурочные работы не должны превышать для каждого рабочего четырех часов в течение двух дней подряд и 120 часов в год. Работа в нерабочие праздничные дни допускается в случаях, предусмотренных статьей 112 ТК РФ.

4.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность — это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих вероятность воздействия на работающих опасных травмирующих

производственных факторов, возникающих в рабочей зоне в процессе трудовой деятельности.

Производственная безопасность обеспечивает на рабочих местах нормальные условия воздушной среды, необходимую освещенность, защиту от поражения электрическим током.

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для исследуемой производственной среды представлены в таблице 1:

Таблица 2: Возможные опасные и вредные факторы

| Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) | Этапы работ | | | Нормативные документы |
|---|----------------|------------------|------------------|---|
| | Разрабо тка | Изготов ление | Эксплуа тация | |
| 1.Отклонение показателей микроклимата | + | + | + | ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;[24] |
| 2.Отсутствие или недостаток естественного света | + | + | | ГОСТ 12.1.006–84 Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.[25] |
| 3.Повышенное значение напряжения в электрической цепи | + | + | + | ГОСТ 12.1.030–81 ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ. Защитное заземление, зануление.[26] |
| 4.Электростатическое поле | + | + | + | ГОСТ 12.1.038–82 Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.[27] |
| 5.Повышенная напряжённость электрического поля. | + | + | + | ГОСТ 12.1.045–84 Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля[28] СанПиН 2.2.2/2.4.1340– 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».[29] СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение.[30] |

4.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Опасным называется фактор, воздействие которого на работающего человека в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья. Если же производственный фактор приводит к заболеванию или снижению трудоспособности, то его считают вредным. В зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным.

На работающего в процессе разработки жизненного цикла изделия могут негативно действовать следующие опасные и вредные производственные факторы:

1. Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственных помещений регламентируется ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и определяет следующие параметры:

1. температура воздуха в помещении;
2. относительная влажность воздуха;
3. скорость движения воздуха.

Перечисленные параметры оказывают огромное влияние на функциональную деятельность человека, его самочувствие и здоровье и на надежность работы средств вычислительной техники.

Повышенные или пониженные значения этих параметров выступают как опасные или вредные факторы производства. Приведем требования к микроклимату в помещении для работника[24].

Таблица №3. Оптимальные и допустимые показатели микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

| <i>Период года</i> | Температура, °С | | | Относительная влажность, % | | Скорость движения, м/с | |
|--------------------|---------------------|-----------------|----------------|----------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
| | Оптимальная граница | Верхняя граница | Нижняя граница | Оптимальная граница | Допустимый максимум | Оптимальная граница | Допустимый максимум |
| <i>Холодный</i> | 22-24 | 24.5 | 21 | 40-60 | 75 | 0.1 | 0.1 |
| <i>Теплый</i> | 23-25 | 26 | 22 | 40-60 | 55 | 0.1 | 0.2 |

По степени физической тяжести работа студента относится к категории лёгких работ. Параметры микроклимата в помещении, где находится рабочее место, регулируются системой центрального отопления и приточно-вытяжной вентиляцией, и имеют следующие значения: влажность 50%, скорость движения воздуха 0,1 м/с, температура летом 20..25°С, зимой 20..22°С.

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещении ВЦ должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20м³ на человека – не менее 30м³ в час на человека; при объёме помещения более 40м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

В зимнее время в помещении необходимо предусмотреть систему отопления. Она должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. В рассматриваемой аудитории используется водяное отопление со

встроенными нагревательными элементами и стояками. Кроме того, воздух нагревается с помощью того же кондиционера.

2. Отсутствие или недостаток естественного света

Основными понятиями, характеризующими свет, являются световой поток, сила света, освещённость и яркость. Световым потоком называют поток лучистой энергии, оцениваемый глазом по световому ощущению. Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещённостью, так и с чрезмерной освещённостью, а также с неправильным направлением света.

Нормальная освещённость достигается в дневное время за счёт естественного света, проникающего через оконные проёмы, в утренние и вечерние часы за счёт искусственного освещения лампами. В соответствии со СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение» освещённость рабочего стола должна быть не менее $300 \div 500$ лк, что может достигаться за счет установки дополнительного местного освещения. Местное освещение не должно создавать бликов на экране. За счет правильного выбора и расположения светильников, яркость бликов на экране не должна превышать 40 кд/м². Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель.

3.Повышенное значение напряжения в электрической цепи

К опасным факторам относится наличие в помещении аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц. Поражение электрическим током может произойти при прикосновении к токоведущим частям ПК, находящимся под напряжением, на которых остался заряд или появилось напряжение в результате включения в сеть.

Электрический ток, проходя через тело человека, оказывает на него сложное воздействие, являющееся совокупностью термического,

электролитического, биологического и механического воздействий, что приводит к различным нарушениям в организме, вызывая как местные повреждения тканей и органов, так и общее его поражение.

Термическое действие тока проявляется в ожогах тела, нагреве и повреждении кровеносных сосудов, нервов, мозга и других органов, что вызывает их серьезные функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока проявляется в разложении крови и других жидкостей в организме, вызывает значительные нарушения их физико-химического состава, а также ткани в целом.

Механическое действие тока проявляется в разрывах кожи, кровеносных сосудов, нервной ткани, а также вывихах суставов и даже переломах костей вследствие резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека.

Биологическое действие тока выражается главным образом в нарушении биологических процессов, протекающих в теле человека.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

- изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;
- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

4. Электростатическое поле

При работе, компьютер образует вокруг себя электростатическое поле, которое деионизирует окружающую среду, а при нагревании платы и корпуса монитора испускают в воздух вредные вещества. Всё это делает воздух очень сухим, слабо ионизированным, со специфическим запахом и в общем «тяжёлым» для дыхания. Электростатические поля представляют

собой поля, состоящие из неподвижных электрических зарядов, либо же стационарные электрические поля постоянного тока.

Исследование биологических эффектов показало, что наиболее чувствительны к электростатическому полю ЦНС, сердечно-сосудистая система, анализаторы. Люди, работающие в зоне воздействия ЭСП, жалуются на раздражительность, головную боль, нарушение сна и др.

Одним из распространенных средств защиты от статического электричества является уменьшение генерации электростатических зарядов или их отвод с наэлектризованного материала, что достигается:

1. заземлением металлических и электропроводных элементов оборудования
2. увеличением поверхностей и объемной проводимости диэлектриков
3. установкой нейтрализаторов статического электричества

Заземление проводится независимо от использования других методов защиты. Заземляются не только элементы оборудования, но и изолированные электропроводящие участки технологических установок. Эффективным средством защиты также является увеличение влажности воздуха до 65 - 75% путем проведения влажной уборки помещения или применением средств увлажнения воздуха.

5. Повышенная напряжённость электрического поля.

Электрические приборы производят электромагнитное излучение. Большая часть его происходит не от экрана монитора, а от системного блока. В портативных компьютерах практически все электромагнитное излучение идет от системного блока, располагающегося под клавиатурой. Современные машины выпускаются заводом-изготовителем со специальной металлической защитой внутри системного блока для уменьшения фона электромагнитного излучения.

Согласно ГОСТ 12.1.006–84 «Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности», напряженность ЭМП на расстоянии 50 см вокруг ВДТ по электрической составляющей, должна быть не более:

- в диапазоне низких частот 5 Гц – 2 кГц - 25 В/м;
- в диапазоне высоких частот 2 – 400 кГц - 2,5 В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более: в диапазоне частот 5 Гц ÷ 2 кГц – 250 нТл; в диапазоне частот 2 кГц ÷ 400 кГц – 25 нТл.[25]

Возможные способы защиты от ЭМП:

1. Основной способ – увеличение расстояния от источника, для минимизации последствий экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя;
2. Применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты, прошедших испытание в аккредитованных лабораториях и имеющих соответствующий гигиенический сертификат.

4.4 Экологическая безопасность

Каждый персональный компьютер содержит не только ценные цветные металлы (золото, серебро), но и целый набор опасных для окружающей среды веществ. Это производные газов, тяжелые металлы, среди которых кадмий, ртуть и свинец. Попадая на свалку, все эти вещества под воздействием внешней среды постепенно проникают в почву, отравляют воздух и воду. Поэтому персональные компьютеры и сопутствующее оборудование должны подвергаться утилизации. В процессе утилизации из техники извлекаются материалы, которые могут быть использованы для вторичной переработки. Материалы каждого персонального компьютера включают:

- ценные металлы – золото и серебро;
- черные и цветные металлы – алюминий, медь, железо;

- стекло и полимерные материалы.

Полученные путем переработки материалы пригодны для многократного использования, поэтому повторное использование сырьевых ресурсов приводит к уменьшению нагрузки на истощенные месторождения, сокращению хаотичного распространения непригодного металла и предотвращению пагубного влияния на экологию.

Утилизации должны подвергаться:

- содержимое системных блоков компьютеров;
- клавиатуры;
- мониторы;
- звуковые колонки;
- манипуляторы;
- аккумуляторы и зарядные устройства;
- оргтехника.

4.5 Пожарная безопасность

Пожарная профилактика основывается на исключении условий, необходимых для горения, и использования принципов обеспечения безопасности. При обеспечении пожарной безопасности решаются следующие задачи:

1. предотвращение пожаров;
2. возгорание;
3. локализация возникших пожаров;
4. защита людей и материальных ценностей;
5. тушение пожара.

Пожаром называют неконтролируемое горение во времени и пространстве, наносящее материальный ущерб и создающее угрозу жизни и здоровью людей.

Горение представляет собой сложное, быстро протекающее химическое превращение, сопровождающееся выделением большого количества теплоты и свечением.

Предотвращение пожара достигается исключением образования горючей среды и источников зажигания, а также поддержанием параметров среды в пределах, исключающих горение.

Пожар в лаборатории представляет особую опасность, так как он грозит уничтожением ЭВМ, аппаратуры, инструментов, документов, которые представляют большую материальную ценность, и возникновением пожара в соседних лабораториях.

Возникновение пожара в рассматриваемом помещении обуславливается следующими факторами: возникновение короткого замыкания в электропроводке вследствие неисправности самой проводки или электро-соединений и электrorаспределительных щитов; возгорание устройств вычислительной аппаратуры вследствие нарушения изоляции или неисправности самой аппаратуры; возгорание мебели или пола по причине нарушения правил пожарной безопасности, а также неправильного использования дополнительных бытовых электроприборов и электроустановок.

Для устранения возможности пожара в помещении необходимо соблюдать противопожарные меры:

- ограничение количества горючих веществ;
- максимально возможное применение негорючих веществ;
- устранение возможных источников возгорания (электрических искр, нагрева оболочек оборудования);
- применение средств пожаротушения;
- использование пожарной сигнализации;
- содержание электрооборудования в исправном состоянии, использование плавких предохранителей и автоматических

выключателей в аппаратуре, по окончании работ все установки должны обесточиваться;

- наличие в помещении средств пожаротушения (огнетушители типа ОУ-3, пожарный инструмент, песок) и содержание их в исправном состоянии;
- содержание путей и проходов эвакуации людей в свободном состоянии;
- проводить раз в год инструктаж по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещения.

По степени взрывопожарной и пожарной опасности помещение лаборатории в соответствии с классификацией производств по пожарной безопасности относится к категории В (пожароопасные помещения), т.е. к помещениям с твердыми сгораемыми веществами. Поэтому необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного, организационного плана.

Необходимость строгого соблюдения мер пожарной безопасности при работе с оборудованием и бытовыми приборами требует регулярного проведения инструктажей работников по пожарной безопасности и их действий в случае возникновения пожара в помещении или в соседних комнатах. При возникновении пожара нужно, прежде всего, вызвать пожарную команду, обеспечить полную эвакуацию людей из помещения, где возник пожар. Вынужденная эвакуация при пожаре протекает в условиях нарастающего действия опасных факторов пожара. Поэтому безопасность людей находится в прямой зависимости от времени пребывания их в здании при пожаре. Кратковременность процесса вынужденной эвакуации достигается устройством эвакуационных путей и выходов, их числом и пропускной способностью.

Число эвакуационных выходов из здания с каждого этажа должно быть не менее двух. Ширину эвакуационного выхода (двери) устанавливают в зависимости от общего количества людей, эвакуирующихся через этот

выход, но не менее 0.8 м. Высота прохода на эвакуационных путях должна быть не менее 2 м. После эвакуации людей необходимо принять меры по пожаротушению.

Заключение

В ходе выполнения магистерской диссертации был проведен анализ существующих типов насосов, их конструктивных особенностей и технологических возможностей. Были изучены технологии изготовления элементов насосов. На основании полученных данных была спроектирована конструкция ВН в трех исполнениях. За счет модульной конструкции была повышена эффективность технологических процессов ЖЦИ. В процессе работы было выбрано оборудование, необходимое для изготовления ВН, произведена автоматизация обработки проточки для установки уплотнения в корпусе насоса, спроектирована модель сборочной линии.

В процессе работы были рассмотрены вопросы экономической эффективности разработки, определена целевая аудитория потребителей, проведен конкурентный анализ, SWOT-анализ и планирование выполнения работы.

Также в работе произведен анализ действующих в процессе разработки жизненного цикла ВН опасных и вредных факторов с выработкой методов защиты от их воздействия. Произведен анализ таких факторов, как отклонение показателей микроклимата, отсутствие или недостаток естественного света, повышенное значение напряжения в электрической цепи, электростатическое поле, повышенная напряжённость электрического поля. Рассмотрены вопросы защиты окружающей среды, защиты в случае возникновения пожара, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Список источников

1. Насосы и промышленное оборудование [электронный ресурс]. Режим доступа https://www.ampika.ru/Princip_raboty.html, свободный. Дата обращения - 08.03.19.
2. Насосное оборудование [электронный ресурс]. Режим доступа <https://dmliefer.ru/katalog/nasosnoe-oborudovanie/nasosy-vintovye>, свободный. Дата обращения - 08.03.19.
3. Насосы [электронный ресурс]. Режим доступа <https://ru.wikipedia.org>, свободный. Дата обращения - 09.03.19.
4. Материаловедение [электронный ресурс]. Режим доступа <http://k-a-t.ru/materialovedenie/1/index.shtml>, свободный. Дата обращения - 10.03.19.
5. Винтовой насос. Принцип работы [электронный ресурс]. Режим доступа <https://aquacomm.ru/vodosnabzhenie/zagorodnyie-doma-v/avtonomnoe-vodosnabzhenie/istochniki/skvazhina-ne-glubokaya/vintovoj-nasos-princip-raboty.html>, свободный. Дата обращения - 11.03.19.
6. Поршневой и плунжерный насос [электронный ресурс]. Режим доступа http://www.nektonnasos.ru/articles/porshnevoi_i_plungernii_nasos/porshnevoi_i_plungernii_nasos.php, свободный. Дата обращения - 12.03.19.
7. Шестеренчатые насосы [электронный ресурс]. Режим доступа <http://chiefengineer.ru/tehnicheckie-discipliny/gidravlika/shesterenchatye-nasosy/>, свободный. Дата обращения - 12.03.19.
8. Современные методы обработки винтовых поверхностей роторов винтовых насосов: Статья/А. А. Гончаров, А. С. Васильев, И. Н. Гемба, 2017.
9. Подшипники насосов [электронный ресурс]. Режим доступа <http://lenbearing.ru/podshipniki-nasosov.kompressorov>, свободный. Дата обращения - 15.03.19.
10. Уплотнения вала насоса [электронный ресурс]. Режим доступа https://www.ampika.ru/uplotneniya_vala_nasosa.html, свободный. Дата обращения - 15.03.19.

11. Магнитная муфта [электронный ресурс]. Режим доступа <http://tapflo.com.ru/products/centrifugal/magnetic-drive-pumps>, свободный. Дата обращения - 16.03.19.
12. Двухвинтовые насосы [электронный ресурс]. Режим доступа http://intech-gmbh.ru/chemia_screw_pumps/#twin_screw_pumps, свободный. Дата обращения - 16.03.19.
13. Судовые винтовые насосы: Справочник /Пыж О.А., Харитонов Е.С., Егорова П.Б. Санкт-Петербург: Изд. «Судостроение», 1969.-196 с.
14. Насосы и компрессоры: Справочник/Елин В.И., Солдатов К.Н., Соколовский С.М. Москва: Изд. «Гостоптех», 1958,-373 с.
15. Двухвинтовые насосы [электронный ресурс]. Режим доступа https://studme.org/36414/tovarovedenie/detali_tipa_korpus, свободный. Дата обращения - 02.04.19.
16. Технология изготовления элементов корпуса редуктора [электронный ресурс]. Режим доступа https://studopedia.ru/3_172128_tehnologiya-izgotovleniya-elementov-korpusa-reduktora.html, свободный. Дата обращения - 03.04.19.
17. Производство [электронный ресурс]. Режим доступа <http://cinref.ru/razdel/04400proizvodstvo/08/195132.htm>, свободный. Дата обращения - 03.04.19.
18. Пути усовершенствования винтовых насосных установок [электронный ресурс]. Режим доступа http://www.referatmix.ru/referats/75/referatmix_116605.htm, свободный. Дата обращения - 10.04.19.
19. Справочник технолога-машиностроителя: 2-й том. /под редакцией Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К.: Москва «Машиностроение» 1986 г.
20. Автоматизация [электронный ресурс]. Режим доступа <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-tehnologicheskoy-podgotovki-edinichnogo-i-melkoseriynogo-proizvodstva>, свободный. Дата обращения - 12.04.19.

21. Подшипник насоса [электронный ресурс]. Режим доступа http://www.nektonnasos.ru/articles/podshipnik_nasosa/podshipnik_nasosa.php, свободный. Дата обращения - 15.04.19.
22. Торцевые уплотнения [электронный ресурс]. Режим доступа <https://rupumps.com/nasosyi/uplotneniya-vala-nasosa/tortsevyie-uplotneniya.html>, свободный. Дата обращения - 16.04.19.
23. ГОСТ 12.0.005–2015 ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
24. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
25. ГОСТ 12.1.006–84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
26. ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ. Защитное заземление, зануление.
27. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
28. ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
29. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
30. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение.
32. Закон РФ от 07.02.1992 N 2300-1 "О защите прав потребителей"
33. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ

Приложение А

Раздел
«Иностранный язык»

Студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|----------------------------|---------|------|
| 8НМ7Т | Базаркин Сергей Васильевич | | |

Консультант школы отделения (НОЦ) ОМ ИШНПТ :

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОМ | Буханченко С.Е. | к.т.н. | | |

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы ОИЯ ШБИП :

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель ОИЯ | Сумцова О.В. | | | |

1 Literature review

1.1 Review of pump designs

All pumping equipment designed for pumping fluid, depending on the nature of the action of the working bodies of the pump, is divided into three main groups: volumetric, jet and vane.

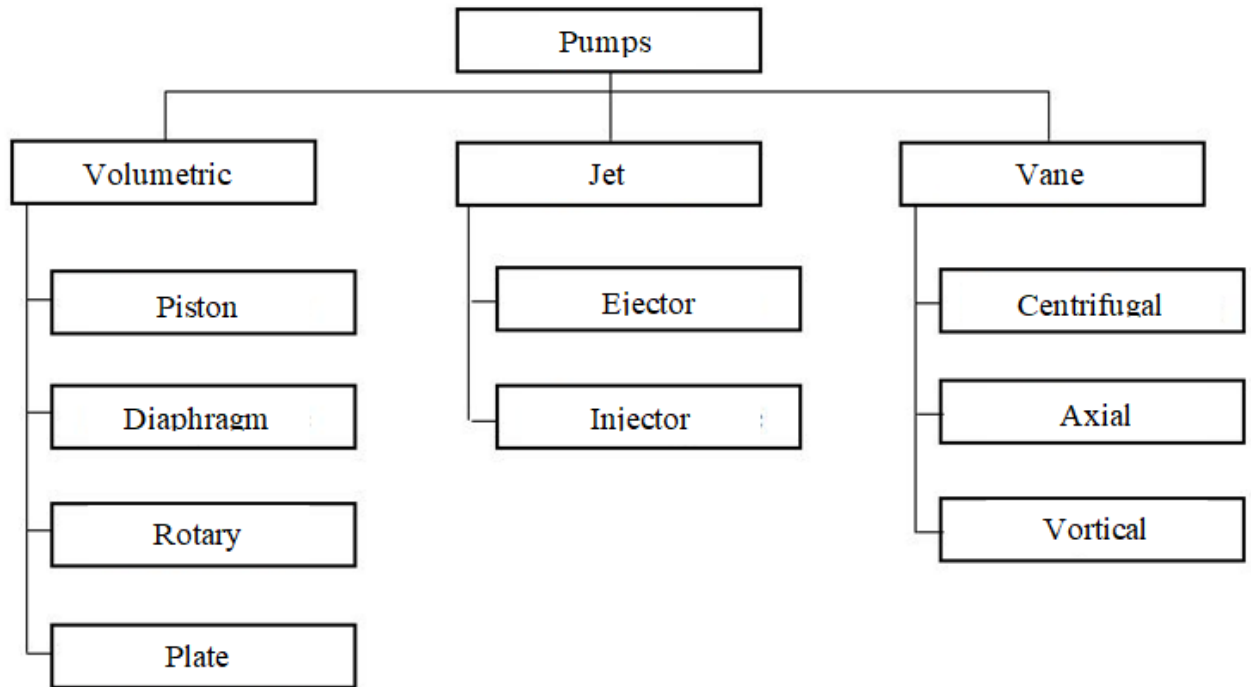


Fig. 1. Classification

Screw pump

The screw pump belongs to the volumetric rotary pump type. The main working part of the screw pump is a screw gerotor pair. The screw pair consists of a stator and a rotor. The rotor is an external n -lead helix, which is made, as a rule, of steel with subsequent anticorrosion coating. The stator is an internal $n + 1$ lead-in helix made of an elastomer connected to a metal yoke. The centers of rotation of both stator and rotor are offset by the amount of eccentricity, which allows you to create a friction pair in which closed hermetic cavities are formed along the entire axis of the pump chamber. The number of such closed cavities per unit length of the screw pair determines the final pressure of the unit, and the volume of each cavity determines its capacity.

The pump casing can be made of various materials (iron, steel, duplex, hastelloy), which allows pumping aggressive liquids and liquids with solid inclusions.

Such units are widely used in the oil and gas industry for pumping oil with sand. In the food and pharmaceutical industries, they pump cream, yogurt, beer, pate, marmalade, and the like. In construction mixtures for self-leveling floors and roofing are fed by means of screw pumps.



Fig. 2. Screw pump

Multi screw pump

Multi-screw pumps are referred to the rotary volumetric pumps. The rotation of the screws that are in engagement causes the fluid to move along the axis toward the outlet of the pump. The surface of the screws creates a closed working chamber that does not allow the liquid to carry out a return movement. Screw rotors have the shape of an outer spiral and are made of high-strength stainless steels.

The design allows them to be used at high speeds, so they can be directly connected to electric drives, internal combustion engines or steam turbines. The pumps can be mounted vertically, horizontally or tilted. [12] The pumps are capable of pumping liquids without pulsations and mixing, they have low noise load and vibration. The main disadvantage of screw pumps is the complexity of

manufacturing the main parts - the rotors and the stator, which leads to a significant increase in the cost of their production. [2]

Multi-screw pumps are used for pumping oil; chemically active liquids; seawater polluted with petroleum products; substances with high viscosity: such as asphalt, bitumen, tar, solvents, lubricating oils. They are also used for pumping resin, paint, glue and various polymers.



Fig. 3. Three-screw pump.

Diaphragm pumps

Diaphragm pumps belong to the volumetric type pumps. The principle of operation consists in alternately forcing air into the chambers behind the membranes connected by a shaft, as a result of which the substance is pumped. When sucking the first membrane, moving from the wall of the body creates a vacuum and the liquid enters the pump chamber. At the same time, the second membrane transfers air pressure to the fluid in the housing, pushing it towards the outlet. [1] During each cycle, the pressure from the back of the discharging membrane is equal to the pressure on the liquid side; therefore, dry running does not harm the pump parts.

The drive uses energy of compressed air, which eliminates sparking and provides ease of control flow characteristics. The drawback of the design is that in the process of operation, the membrane is significantly bent, which leads to its

rapid destruction. In addition, the design uses valves that can fail to function being contaminated. [3]

Plastic membrane pumps are used in the chemical and paper industries; aluminum pumps are suitable for pumping petroleum products, fats, paints, solvents. Steel pumps are used for fluids containing abrasive particles. Working with concentrated acids and alkalis, the membranes are covered with a layer of fluoroplast, which increases their resistance to aggressive medium.

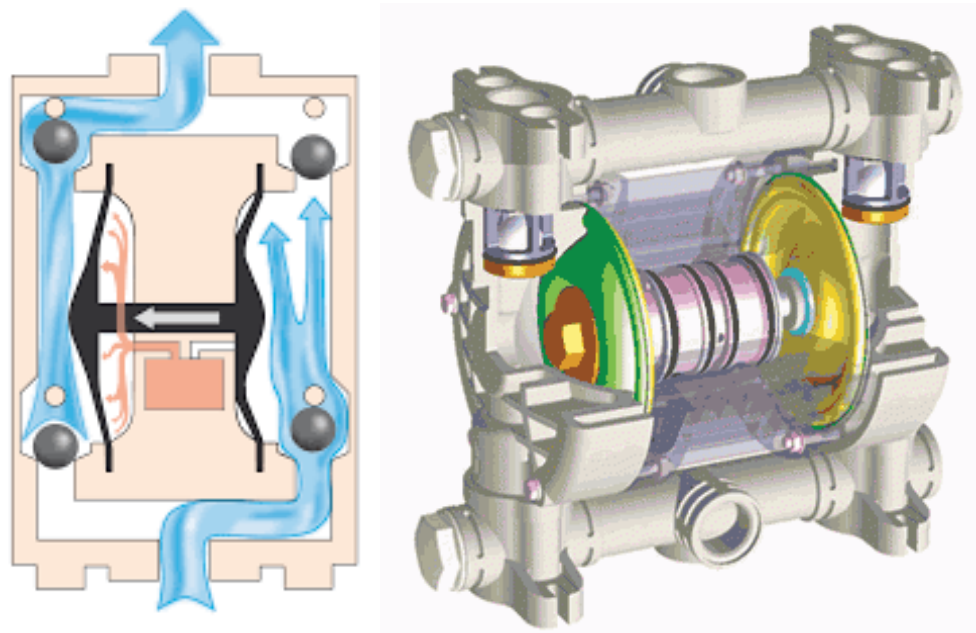


Fig. 4. Diaphragm pump

Piston pumps

Piston pumps are referred to the type of the volumetric pumping system. The principle of operation involves the reciprocating movement of the piston in the cylinder. The piston creates a vacuum in the working chamber, as a result, the suction valve opens and fluid flows through the suction pipe into the working chamber. During the return stroke of the piston, the discharge valve opens and the liquid is pushed out of the working chamber into the discharge pipeline. The flow of piston pumps is controlled by changing the stroke length of the piston or changing the speed of rotation of the drive shaft.

The advantage of the pump is the possibility of “dry” suction, the absence of the inverse relation between flow and pressure, which allows pumping fluids with varying viscosity. The main disadvantages include low productivity, high weight, and wear of the pump components. [6]

Currently, piston pumps are used in the processing, transportation, storage of acids, alkalis; for cleaning equipment, such as filters, vessels, tanks, heat exchangers, pipelines in ship systems and in cargo systems of tankers. In everyday life, pumps are used to lift water from wells. [11]

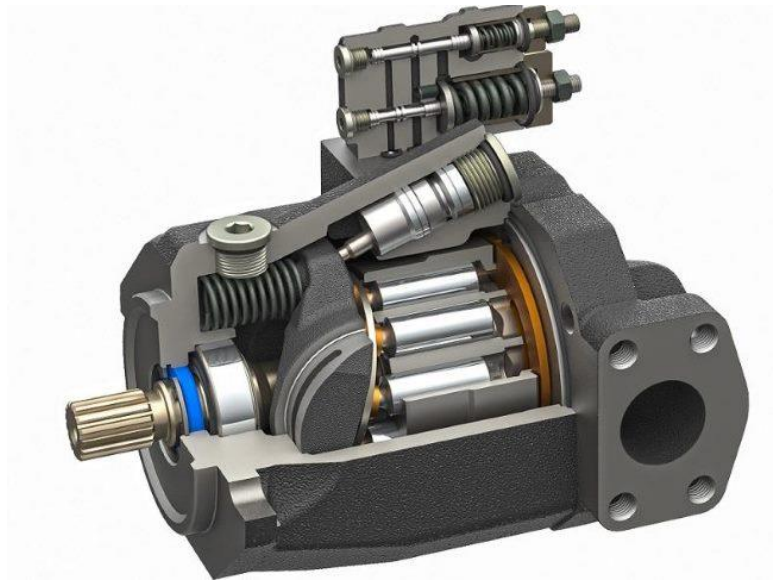


Fig. 5. Piston pump

Centrifugal pumps

Centrifugal pumps are the most common type of pumps. The name comes from the principle of action: the pump operates due to centrifugal force. The design consists of volute housing and an impeller with blades located inside. The liquid enters the center of the wheel and under the action of centrifugal force is thrown to its periphery, and then ejected through the discharge port.

The mass use of centrifugal pumps is caused by high flow characteristics, low manufacturing cost, high reliability, ease of operation and maintenance. However, centrifugal pumps also have certain disadvantages: they require priming

the fluid before starting; have a "tendency" to cavitate; low efficiency when pumping viscous liquids.

Centrifugal pumps are used when working with water of any temperature, acids, and alkalis. In the oil industry substances with various impurities such as sand, slag, soil, peat, and coal are pumped by means of the pumps under consideration. In the food industry they pump over milk, cream, juices, wine, liquid sugar, vegetable oil, and various pastes. In everyday life centrifugal pumps are used for pumping wastewater, supplying water as a part of heating systems, as well as cooling and air-conditioning installations.



Fig. 6. Centrifugal pumps

Gear pumps

Gear pumps refer to the volumetric type of pumps. The principle of operation is based on the gearing of the driving and driven gears. When they rotate vacuum occurs in the housing. Due to this, a liquid enters the chamber, which, filling the cavities between the teeth of both gears, moves along the cylindrical walls being transferred from the suction cavity to the discharge cavity. In addition to the above, a tight contact is formed between the teeth, as a result of which the

reverse flow of fluid from the discharge cavity into the suction cavity is impossible.

Gear pumps have a compact design and low manufacturing cost. Among the disadvantages we can mention the decrease of volumetric efficiency at increasing temperature of the driving fluid, fluctuations in discharge pressure. [7]

Gear pumps are designed for pumping highly viscous liquids: bitumen, glue, liquid glass, chocolate. They are often used for low viscosity liquids such as solvents, benzine, etc.

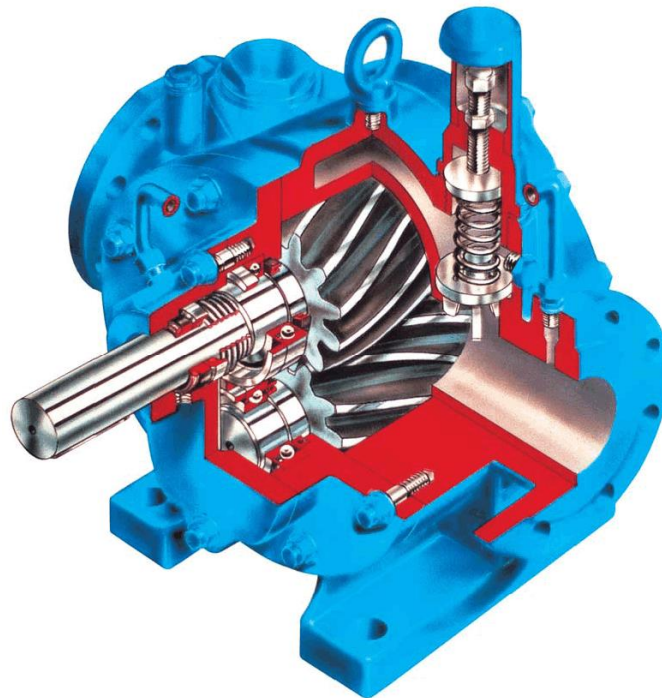


Fig. 7. Gear pump

Vane pumps

The lamellar or vane pump represents a volumetric type pump. The working tool of the pump is made in the form of a rotor, located off-center, having linear radial grooves in which flat plates slide pressed against the stator by centrifugal force. Since the rotor is located off-center, when the plate rotates, being continuously in contact with the wall of the housing, it enters the rotor and then moves out of it.

During the operation of the pump, a vacuum is formed on the suction side and the pumped mass fills the space between the plates and then is forced into the discharge port. [1]

The pumps have a smooth supply of working fluid; low noise level; do not require pre-filling the body with working fluid. Disadvantages of the vane pump includes wear of rubbing plates and rotor; high requirements for the purity of the working fluid; possibility of jamming at high temperatures; limited viscosity of the pumped liquid.

Vane pumps are designed for pumping liquids with lubricity: oils, diesel fuel, liquefied petroleum gas, ammonia, solvents, and alcohols. They are also used in refrigeration equipment for pumping freon.

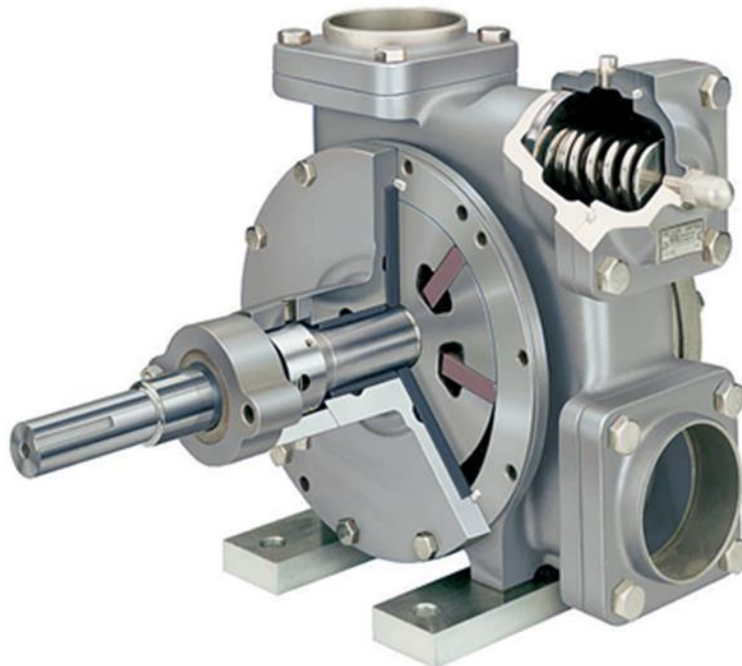


Fig. 8. Vane pump

Technical characteristics of the pumps are presented in Table 1.

Table. 1. Technical characteristics of the pumps.

| Pump type | η , % | P | Q , m^3/h | T , °C | H , m | p , bar | Flow characteristic | Wear resistance | Characteristics of pumped liquids |
|-------------------|------------|---------|--------------------------------|--------------|------------|--------------|------------------------|--------------------|--|
| Screw | 50-70 | 10000 P | 600 | -40 +350 | 7-9 | 50 | uniform | low | abrasive, mixed with gas, multiphase |
| Mutli screw | 60-80 | 350 St | 2200 | -35 +400 | 7-8 | 110 | uniform | high | abrasive, mixed with gas, multiphase |
| Diaphragm pump | 50 | 250 St | 2200 | -40 +180 | 9 | 65 | pulsating | low | abrasive, multiphase |
| Piston | 70-90 | 10000 P | 300 | +80 | 7 | 100 | pulsating | low | abrasive, multiphase |
| Centrifugal | 20-90 | 300 St | 3000 | -100 +550 | 6 | 40 | pulsating | high | clean |
| Gear | 90 | 10000 P | 400 | -40 +400 | 4-5 | 25 | uniform | high | clean |
| Vane | 85 | 10000 P | 300 | -40 +260 | 7 | 15 | uniform | low | clean |

Screw pumps have a wide range of technical capabilities, so their demand only increases in course of time. It is known that the screw pump installations are widely used in the oil-producing industry and they are still considered as one of the most promising technologies. Currently, the number of low-yield wells is growing, which for one reason or another are characterized by relatively low volumes of oil production. Oil in such wells has a high viscosity and various impurities. One of the ways to increase the profitability of their operation is a justified choice of mechanized equipment. Therefore, in the current conditions, the most efficient, and sometimes the only possible, is oil production by means of the screw pump installations.

With reference to the considered analogues, we will set the required technical characteristics of the pump: Q - 1 ... 150 m³ / h, p - 1 ... 40 bar, n - 500 ... 3000 rpm, viscosity of fluids P - 1 ... 300 C, t - from -40 ... +400, for oil; bitumen; fuel, lubricating, hydraulic oils; coolants; acidic liquids; wax; tar; groundwater, etc.

Приложение Б

Программа черновой обработки проточки корпуса ВН.

```
N0010 G40 G17 G90 G70
N0020 G91 G28 Z0.0
N0030 T00 M06
N0040 G00 G90 Y2.1654 Z-.7347 S4934 M03
N0050 G43 X12.9921 H00
N0060 X12.6772
N0070 G01 X12.4803 Z0.0 F11.7 M08
N0080 Z1.5748
N0090 G19 G03 Y.1969 Z3.5433 J-1.9685 K0.0
N0100 G01 Y-.1969
N0110 G03 Y-2.1654 Z1.5748 J0.0 K-1.9685
N0120 G01 Z-1.5748
N0130 G03 Y-.1969 Z-3.5433 J1.9685 K0.0
N0140 G01 Y.1969
N0150 G03 Y2.1654 Z-1.5748 J0.0 K1.9685
N0160 G01 Z0.0
N0170 Y2.1551 Z.1177
N0180 Y2.0969
N0190 Y2.0866 Z0.0
N0200 Z-1.5748
N0210 G02 Y.1969 Z-3.4646 J-1.8898 K0.0
N0220 G01 Y-.1969
N0230 G02 Y-2.0866 Z-1.5748 J0.0 K1.8898
N0240 G01 Z1.5748
N0250 G02 Y-.1969 Z3.4646 J1.8898 K0.0
N0260 G01 Y.1969
N0270 G02 Y2.0866 Z1.5748 J0.0 K-1.8898
N0280 G01 Z0.0
N0290 X12.5984
N0300 G00 X12.9921
N0310 Y2.1654 Z-.7347
N0320 X12.5984
N0330 G01 X12.4016 Z0.0
N0340 Z1.5748
N0350 G03 Y.1969 Z3.5433 J-1.9685 K0.0
N0360 G01 Y-.1969
N0370 G03 Y-2.1654 Z1.5748 J0.0 K-1.9685
N0380 G01 Z-1.5748
N0390 G03 Y-.1969 Z-3.5433 J1.9685 K0.0
N0400 G01 Y.1969
N0410 G03 Y2.1654 Z-1.5748 J0.0 K1.9685
N0420 G01 Z0.0
N0430 Y2.1551 Z.1177
N0440 Y2.0969
N0450 Y2.0866 Z0.0
N0460 Z-1.5748
N0470 G02 Y.1969 Z-3.4646 J-1.8898 K0.0
N0480 G01 Y-.1969
N0490 G02 Y-2.0866 Z-1.5748 J0.0 K1.8898
N0500 G01 Z1.5748
N0510 G02 Y-.1969 Z3.4646 J1.8898 K0.0
N0520 G01 Y.1969
N0530 G02 Y2.0866 Z1.5748 J0.0 K-1.8898
N0540 G01 Z0.0
N0550 X12.5197
N0560 G00 X12.9921
N0570 M02
```

Программа чистовой обработки проточки корпуса ВН.

```
N0010 G40 G17 G90 G70
N0020 G91 G28 Z0.0
N0030 T00 M06
N0040 G00 G90 Y2.1654 Z-.5877 S9762 M03
N0050 G43 X12.9921 H00
N0060 X12.5591
N0070 G01 X12.4016 Z0.0 F11.5 M08
N0080 Z1.5748
N0090 G19 G03 Y.1969 Z3.5433 J-1.9685 K0.0
N0100 G01 Y-.1969
N0110 G03 Y-2.1654 Z1.5748 J0.0 K-1.9685
N0120 G01 Z-1.5748
N0130 G03 Y-.1969 Z-3.5433 J1.9685 K0.0
N0140 G01 Y.1969
N0150 G03 Y2.1654 Z-1.5748 J0.0 K1.9685
N0160 G01 Z0.0
N0170 Y2.1551 Z.1177
N0180 Y2.0969
N0190 Y2.0866 Z0.0
N0200 Z-1.5748
N0210 G02 Y.1969 Z-3.4646 J-1.8898 K0.0
N0220 G01 Y-.1969
N0230 G02 Y-2.0866 Z-1.5748 J0.0 K1.8898
N0240 G01 Z1.5748
N0250 G02 Y-.1969 Z3.4646 J1.8898 K0.0
N0260 G01 Y.1969
N0270 G02 Y2.0866 Z1.5748 J0.0 K-1.8898
N0280 G01 Z0.0
N0290 X12.5197
N0300 G00 X12.9921
N0310 M02
```