

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
 ООП Интернет вещей и цифровое производство  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

### ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Автоматизированный стенд для испытания электроцентробежных насосных агрегатов УДК 681.51:622.276.054.23

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ11	Юдыцкий Денис Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Щипков А.А.	К.Т.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Былкова Т.В.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федорчук Ю.М.	Д.Т.Н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суходоев М.С.	К.Т.Н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий.
<b>УК(У)-2</b>	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.
<b>УК(У)-3</b>	Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели.
<b>УК(У)-4</b>	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия.
<b>УК(У)-5</b>	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия.
<b>УК(У)-6</b>	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки.
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки результатов исследований.
<b>ОПК(У)-2</b>	Способен осуществлять экспертизу технической документации в сфере своей профессиональной деятельности.
<b>ОПК(У)-3</b>	Способен организовывать работу по совершенствованию, модернизации и унификации выпускаемых изделий и их элементов.
<b>ОПК(У)-4</b>	Способен разрабатывать методические и нормативные документы, в том числе проекты стандартов и сертификатов, с учетом действующих стандартов качества, обеспечивать их внедрение на производстве.
<b>ОПК(У)-5</b>	Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов.
<b>ОПК(У)-6</b>	Способен осуществлять научно-исследовательскую деятельность, используя современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы.
<b>ОПК(У)-7</b>	Способен проводить маркетинговые исследования и осуществлять подготовку бизнес-планов выпуска и реализации перспективных и

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
	конкурентоспособных изделий в области машиностроения.
<b>ОПК(У)-8</b>	Способен осуществлять анализ проектов стандартов, рационализаторских предложений и изобретений в области машиностроения подготавливать отзывы и заключения по их оценке.
<b>ОПК(У)-9</b>	Способен представлять результаты исследования в области машиностроения в виде научно-технических отчетов и публикаций.
<b>ОПК(У)-10</b>	Способен разрабатывать методы стандартных испытаний по определению технологических показателей автоматизированного производственного оборудования.
<b>ОПК(У)-11</b>	Способен разрабатывать современные методы исследования автоматизированного оборудования в машиностроении.
<b>ОПК(У)-12</b>	Способен разрабатывать и оптимизировать алгоритмы и современные цифровые системы автоматизированного проектирования технологических процессов, создавать программы изготовления деталей и узлов различной сложности на станках с числовым программным управлением, проектировать алгоритмы функционирования гибких производственных систем.
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способен обеспечивать качество и производительность изготовления изделий при помощи систем автоматизированного проектирования.
<b>ПК(У)-2</b>	Способен обеспечивать надежное и эффективное функционирование гибких производственных систем.
<b>ПК(У)-3</b>	Способен создавать проекты конкурентоспособных гибких производственных систем, их элементы, разработка конструкторской, технологической, технической документации гибких производственных систем.



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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки – 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      Суходоев М.С.  
(Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
8ТМ11	Юдыцкий Денис Андреевич

Тема работы:

Автоматизированный стенд для испытания электроцентробежных насосных агрегатов	
<i>Утверждена приказом директора (дата, номер)</i>	34-89/С 03.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:

03.06.2023

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования: стенд для испытания электроцентробежных насосных агрегатов. Цель работы: проектирование автоматизированного стенда для испытания электроцентробежных насосных агрегатов. Режим работы: периодический.</p>
<p><b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Аналитический обзор характеристик и методов их снятия для электроцентробежных насосных агрегатов; Описание технологического процесса; Проектирование и разработка автоматизированного стенда; Выбор средств реализации автоматизированного стенда; Разработка ПО для управления стендом;</p>
<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схема автоматизации</p>

	Принципиальная электрическая схема Мнемосхема АРМ Листинг программы
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Былкова Татьяна Васильевна
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович
Иностранный язык	Куимова Марина Валерьевна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</b>	
Обзор литературы	
Описание технологического процесса	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	03.02.2023
---	------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Щипков Александр Андреевич	к. т. н.		03.02.2023

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ11	Юдыцкий Денис Андреевич		03.02.2023

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки (ООП)– 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
 Уровень образования – Магистратура  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники  
 Период выполнения – Весенний семестр 2022 /2023 учебного года

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ТМ11	Юдыцкий Денис Андреевич

Тема работы:

Автоматизированный стенд для испытания электроцентробежных насосных агрегатов
---

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	03.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.05.2023 г.	<i>Основная часть ВКР</i>	60
30.05.2023 г.	<i>Раздел «Социальная ответственность»</i>	20
30.05.2023 г.	<i>Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</i>	20

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Щипков А.А.	к.т.н.		03.02.2023

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суходоев М.С.	к.т.н.		03.02.2023

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ11	Юдыцкий Д.А.		03.02.2023

## Реферат

Магистерская диссертация содержит 97 страниц, 28 рисунков, 35 таблиц, 19 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: испытания насосов, насосные агрегаты, напор расходная характеристика, автоматизация, выщелачивание.

Объектом исследования является стенд для испытания насосных агрегатов

Цель работы – разработка автоматизированного стенда для испытания электроцентробежных насосных агрегатов.

Научная или практическая новизна – разработка для конкретной компании.

Практическая значимость результатов ВКР – предустановочные испытания насосов для добычи урана или нефти.

В представленной работе спроектирована автоматизированная система для испытания электроцентробежных насосных агрегатов, представлен выбор датчиков и исполнительных механизмов, необходимых для управления стендом и снятия характеристик насоса.

Также в ходе работы разрабатывается программное обеспечение для контроллера и база данных для хранения результатов работы насоса. Данное исследование содержит разработку алгоритма и сценария испытаний и выбор сопутствующего оборудования.

В работе были использованы программы: Codesys, SimpleScada, MySQL, Mathcad 15, Microsoft Word 2022.

## Содержание

Введение.....	10
Определения, обозначения, сокращения .....	11
Обзор литературы.....	12
1 Техническое задание .....	18
1.1 Назначение стенда.....	18
1.2 Цели создания стенда .....	18
1.3 Требования к техническому обеспечению .....	19
1.4 Требования к метрологическому обеспечению .....	19
2 Основная часть .....	20
2.1 Описание технологического процесса .....	20
2.2 Построения напор-расходных характеристик.....	25
2.3 Разработка сценария использования .....	27
2.3.1 Сборка стенда .....	27
2.3.2 Порядок испытаний .....	29
2.4 Выбор технических средств.....	30
2.4.1 Выбор контроллерного оборудования .....	30
2.4.2 Выбор датчиков.....	33
2.4.3 Выбор исполнительных механизмов .....	36
2.5 Разработка архитектуры автоматизированного стенда.....	37
2.6 Разработка электрической принципиальной схемы .....	38
2.7 Разработка программного обеспечения .....	39
2.7.1 Разработка кода .....	39
2.7.2 Разработка мнемосхемы и базы данных .....	43
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	49
3.1 Предпроектный анализ .....	49
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	49
3.1.2 SWOT анализ .....	50
3.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	54

3.1.4 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	54
3.2 Инициация проекта .....	57
3.3 Планирование управления научно-техническим проектом.....	58
3.3.1 План проекта.....	58
3.3.2 Бюджет научно-технического исследования .....	61
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, эффективности исследования .....	66
4. Социальная ответственность .....	70
4.1 Производственная безопасность .....	70
4.1.1 Вредные факторы.....	70
4.1.1.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении .....	70
4.1.1.2 Превышение уровней шума .....	72
4.1.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений .....	73
4.1.1.4 Недостаточная освещенность.....	74
4.1.2 Опасные факторы.....	79
4.1.2.1 Электроопасность .....	79
4.1.2.2. Пожароопасность .....	80
4.2 Экологическая безопасность.....	82
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	83
Заключение .....	85
Список используемых источников.....	86
Приложение .....	88

## **Введение**

Погружные насосные агрегаты являются одним из значимых элементов технологической цепочки добычи урана методом скважинного подземного выщелачивания. От того, насколько эффективно работают и долго служат насосные установки откачных скважин, во многом зависят экономические показатели рудника в целом. Одним из методов оценки технического состояния насосов в процессе эксплуатации может быть сравнение текущих рабочих параметров электроцентробежного насоса с эталонными значениями параметров, зафиксированные перед его установкой на скважину в ходе предустановочных испытаний. Учитывая, что данные завода-изготовителя касаются только номинальных параметров насосов и имеет место некоторый разброс характеристик каждого экземпляра насоса, в рамках предустановочных испытаний встает задача снятия их параметров при различных скоростях вала и напорах перекачиваемой жидкости.

Целью данной работы является разработка автоматизированного стенда для предустановочных проверок насосных агрегатов.

**Объект исследования и предмет:** автоматизированный стенд для испытания электроцентробежных насосных агрегатов.

**Научная или практическая новизна** – разработка для конкретной компании.

**Практическая значимость результатов ВКР** – предустановочные испытания насосов для добычи урана или нефти.

## **Определения, обозначения, сокращения**

**Мнемосхема:** визуальное представление рабочей системы на дисплее оператора для более легкого процесса управления.

**Протокол (Modbus, OSI и др.):** определенные правила, позволяющие совершать обмен данными между клиентами.

**Modbus:** коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент – сервер».

**SCADA:** программа или пакет программ, позволяющие разрабатывать системы сбора и анализа информации, а также отображать ее для более точного управления процессом в режиме реального времени.

**OPC-сервер:** программный комплекс, автоматизировано собирающий заданные характеристики с технологических объектов и предоставляющий их оператору через OPC протоколы.

**Codesys:** интегрированная среда разработки (IDE) приложений для программируемых контроллеров.

**ST (Structured Text)** – это текстовый **язык** высокого уровня общего назначения.

**Технологический процесс (ТП):** совокупность последовательных или параллельных технологических операций, без которых невозможно выполнить поставленную производственную задачу или конкретный вид работ.

## **Обозначения и сокращения**

НРХ – Напор-расходная характеристика;

ЭЦН – Электроцентробежный насос;

ПН – Погружной насос;

СПВ – Скважинное подземное выщелачивание;

УРПР - Узел регулирования продуктивных растворов;

ЦНС – Центральная насосная станция;

OPC – (Object Protocol Control) – протокол для управления процессами;

БД – База данных

## **Обзор литературы**

Существует два метода получения нужных характеристик, для оценки готовности ЭЦН к работе:

-изменение процента закрытия (или открытия) клапана на тестовом трубопроводе

-изменение частоты питающего напряжения.

**1. Изменение положения запорного клапана (дресселирование)** - открывая или закрывая клапан до определенного положения, мы контролируем подачу насоса. При закрывании клапана напор перед ним увеличивается, а за ним уменьшается вследствие снижения напора на запорной арматуре. При открытии клапана, увеличивается подача, а напор, создаваемый насосом, уменьшается, вследствие уменьшения напора за задвижкой.

Из-за потери большой части энергии на сопротивлении запорной арматуры, данный метод является нерациональным.

**2. Изменение частоты питающего напряжения** - во время изменения частоты вращения в большую или меньшую сторону, график НРХ насоса перемещается вверх и вниз соответственно. Подача, напор насоса и напор в трубопроводе изменяются прямо пропорционально.

При изменении частоты вращения насоса изменение точки кривой характеристики трубопровода, а при дресселировании – точки кривой характеристики самого насоса. Плюсом изменения частоты вращения является отсутствие избыточных напоров, и, как следствие, снижение затрат на энергопотребление.

Также управление частотой питающего напряжения помогает выгодно распределить нагрузки между насосами, а значит получить максимально возможный КПД.

Важно помнить, что при слишком низкой частоте, нарушается зависимость между подачей и напором насоса, что затрудняет представление

его НРХ в стандартном виде, из-за большого разброса точек, а также есть вероятность возникновения кавитации и помпажа.

**Кавитация** - это явление при котором поток жидкости разделяется, в нем образуются пузырьки газов и паров жидкостей. Это явление опасно лишним расходом электроэнергии, а также возможным отказом рабочих узлов насоса. Обычно кавитация возникает, когда текущий напор на всасывающем трубопроводе меньше требуемого. Для избегания возникновения кавитации следует учитывать, что при уменьшении скорости вращения насоса, требуемое значение напора на всасывающем трубопроводе увеличивается.

**Помпаж** - возникает в насосах с неустойчивыми (лабильными) НРХ при пересечении лабильной характеристики насоса с характеристикой трубопровода в двух точках. При этом явлении насос работает с параметрами двух точек попеременно, из-за чего устойчивость всей системы сильно снижается. Все это сопровождается гидравлическими ударами, внезапное закрывание обратных клапанов, постоянными скачками потребляемой мощности и неустойчивыми режимами работы электрической сети.

### **Характеристики насоса**

У насосов есть 3 показателя, по которым производится главный отбор:

**Подача (Q)** – отношение объёма жидкости, подаваемым насосом, ко времени. Измеряется в м<sup>3</sup>/ч. Подача насоса отражается точкой на его рабочей характеристике и зависит от:

- особенностей его конструкции;
- скорости вращения рабочего колеса;
- гидравлической характеристики сети.

Нужную для оптимальной работы насоса подачу можно получить, достигнув максимальное значение КПД. Реальную подачу можно определить с помощью НРХ, если знать текущий напор.

**Напор (Н)** - дельта давлений между концами патрубков насоса. Измеряется в метрах водного столба. Напор центробежного насоса  $H_n$  рассчитывается по уравнению

$$H_n = h_{ст} + \Delta h + h_{тр} + h_{г} + h_c$$

Значения переменных для расчёта напора представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения переменных для определения напора центробежного насоса

Переменная	Значение
$h_{ст}$	Статический уровень
$\Delta h = 10(Q/K)^{1/n}$ или при $n = 1$ $\Delta h = Q/K\rho g$ .	Депрессия
Q	Дебит скважины в м <sup>3</sup> /сут.
K	Коэффициент продуктивности скважины в м <sup>3</sup> /сут./МПа
n	Показатель степени в уравнении притока
$h_{тр}$	Напор, теряемый на трение и местные сопротивления при движении жидкости в трубах от насоса до сепаратора
$h_{г}$	Разность геодезических отметок устья скважины и сепаратора
$h_c = 10P_c / \rho = p_c / \rho g$	Давление в сепараторе, выраженное высотой столба жидкости

Потери насоса на трение и местные сопротивления определяются по формуле:

$$h_{тр} = \left( \lambda \frac{L + e}{d} + \Sigma \zeta \right) \frac{V^2}{2g}$$

Значения переменных для расчёта потерь представлены в таблице 2

Таблица 2 - Значения переменных для расчёта потерь на трение и местные сопротивления

Переменная	Значение
$\lambda$	Коэффициент гидравлического сопротивления
$L = h_{ст} + \Delta h + h$	Глубина спуска насоса в м (h-глубина погружения под динамический уровень примерно 250-350м)
$e$	Расстояние от устья скважины до сепаратора, м
$d$	Внутренний диаметр насосных труб, м
$\Sigma \zeta$	Сумма коэффициентов местных сопротивлений.
$V=Q/F$	Средняя скорость жидкости в трубах, м/с
$F$	Площадь внутреннего канала труб

**Полезная мощность насоса** - энергия, передаваемая жидкости за единицу времени.

$$N_u = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

**Мощность на валу насоса** - механическая мощность, передаваемая на вал насоса. Эта мощность больше полезной, на величину гидравлических потерь и потерь на трение в рабочем колесе.

$$N_w = N_u / \eta$$

**КПД насоса** ( $\eta$ ) - коэффициент полезного действия центробежного насоса, отражающий отношение полезной мощности к мощности на валу.

**Номинальный диаметр (DN)** - численное обозначение внутреннего диаметра присоединительных патрубков насоса общее для всех трубопроводных элементов. Номинальный диаметр насоса не имеет размерности, но его значение приблизительно равно внутреннему диаметру присоединяемого трубопровода.

**Номинальное давление (PN)** - максимальное избыточное давление воды стандартной температуры, при котором возможна продолжительная работа насоса.

Таблица 3 - Характеристики насосов ЭЦНК4-4 [2]

Обозначение	Подача, м <sup>3</sup> /час	Напор, m	Мощность двигателя, кВт	Длина двигателя, мм	Длина насоса, мм
ЭЦНК4 – 4 - 100	4	100	4	733	1207
ЭЦНК4 – 4 - 150	4	150	5.5	838	1675
ЭЦНК4 – 4 - 200	4	200	7	930	2242
ЭЦНК4 – 4 - 230	4	230	8.5	1066	2452

**Напор - расходная характеристика** – зависимость напора насоса от его подачи, выраженная графически. НРХ – это основная характеристика, помогающая выбрать насос, поэтому она предоставляется в каталогах производителей [1].

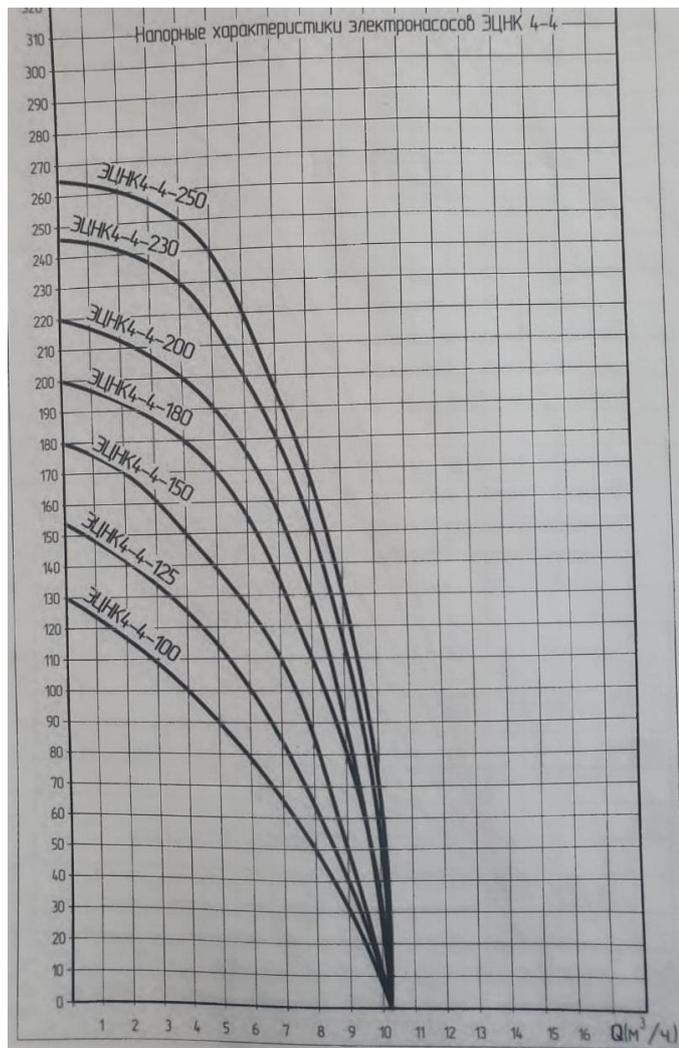


Рисунок 1 - НРХ ЭЦНК 4-4

## **1 Техническое задание**

### **1.1 Назначение стенда**

В настоящее время, на предприятии используется стенд для испытаний скважинных электроцентробежных насосов, позволяющий в ручном режиме фиксировать значения параметров насосной установки при изменении частоты питающего напряжения и давления в откачивающем трубопроводе. В состав стенда входит ёмкость для вертикального размещения скважинного электроцентробежного насоса, заполненная жидкостью; соединенная с ней ванна для размещения электрического кабеля и приема откаченной жидкости; откачивающий трубопровод, соединяемый с испытуемым насосом, и оснащенный ручной задвижкой, датчиками давления и расхода; станция управления погружным насосом (ПН) с преобразователем частоты и устройствами защиты.

Для повышения эффективности работы стенда и реализации возможности использования снятых характеристик в качестве эталонных при оценке работоспособности насосов, необходимо провести его модернизацию.

### **1.2 Цели создания стенда**

Целью работы является повышение эффективности работы стенда по испытанию скважинных электроцентробежных насосов за счет создания автоматизированной системы управления стендом, позволяющей реализовать следующие функции:

-автоматизированное изменение частоты питающего напряжения в заданном диапазоне, в соответствии с разработанной методикой предустановочных испытаний насоса;

-автоматическая фиксация параметров работы насоса в процессе испытаний;

-автоматический расчет характеристик насоса на основе снятых параметров в соответствии с разработанной методикой и их хранение;

-обмен данными с информационными системами, используемыми на предприятии.

### **1.3 Требования к техническому обеспечению**

Оборудование, используемое на стенде, должно выбираться из преимущественно отечественных образцов.

Степень защиты технических средств от пыли и влаги должна быть не менее IP56.

Показатели надежности датчиков рекомендуется выбирать, ориентируясь на время наработки на отказ не менее 100 тыс. час и срок службы не менее 10 лет.

В качестве контроллера должен использоваться ОВЕН ПЛК150.

В качестве преобразователя частоты должен использоваться ОВЕН ПЧВ103-4К-В.

### **1.4 Требования к метрологическому обеспечению**

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений давления в патрубке  $\pm 0.5\%$ ;

Верхний предел измерений давления – 2 МПа;

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений расхода жидкости  $\pm 1\%$ ;

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений напряжения, тока и частоты  $\pm 0.2\%$ ;

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности  $\pm 0.5\%$ .

## **2 Основная часть**

### **2.1 Описание технологического процесса**

Скважинное подземное выщелачивание (СПВ) – процесс селективного извлечения из руд ценных компонентов путем подачи растворов химических реагентов в рудное тело по системе закачных скважин с последующим выводом продуктивных растворов, обогащенных ценными компонентами, на поверхность с помощью системы откачных скважин и последующей экстракцией в специальном оборудовании для получения конечного продукта.

Скважины представляют собой горные выработки небольшого диаметра, они делятся на:

- разведочные;
- технологические;
- закачные и откачные;
- наблюдательные;
- геофизические;
- контрольные.

Чтобы извлечь уран из руды, используют нагнетательные скважины, через которые подается выщелачивающий раствор с веществами, растворяющими минералы урана. Посредством физико-химических реакций между ураном и реагентами в подземном слое, получают продуктивный раствор урана и поднимают его наверх погружными ЭЦН, находящимися в откачных скважинах. Насосный способ извлечения продуктивных растворов позволяет регулировать скорость их движения в рудоносном пласте [3].

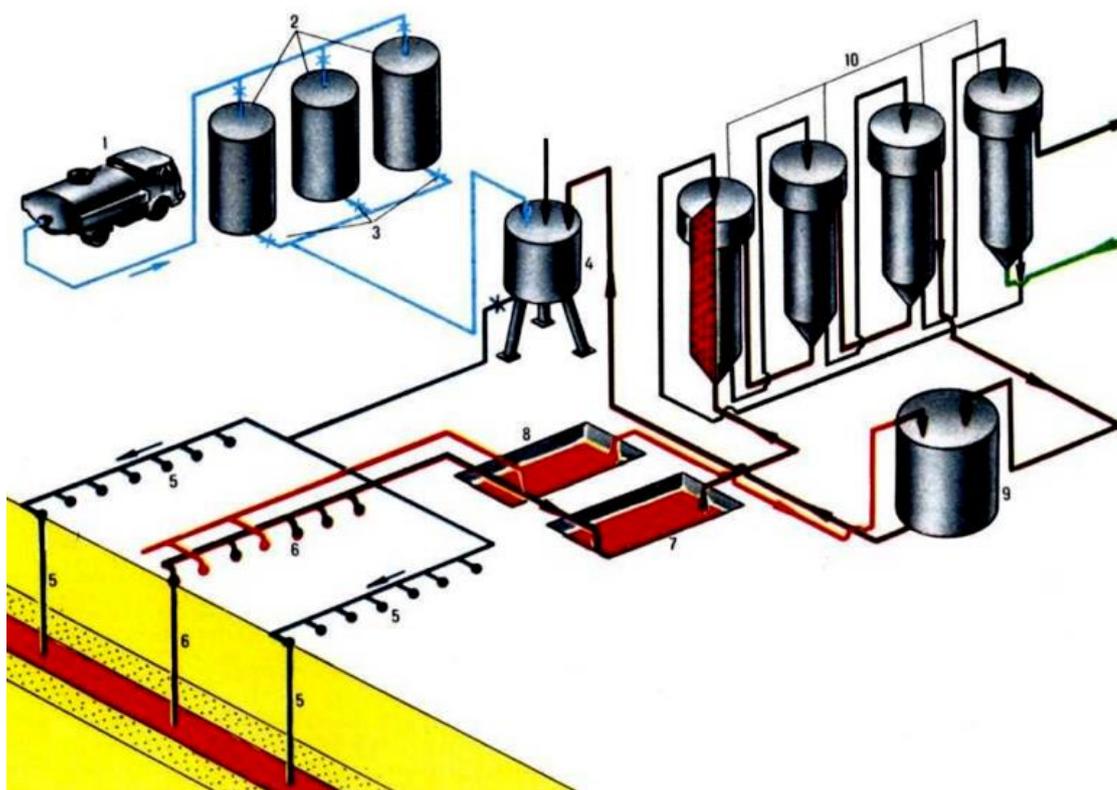
Таким образом, процесс СПВ включает следующие центральные этапы

- перемещение реагентов к рудному телу от закачных скважин;
- прохождение гетерогенных химических реакций на поверхности раздела жидкой и твердой фаз с последующим образованием растворимых урановых соединений;

-перемещение полученного раствора к откачным скважинам от рудного тела.

Высокую инерционность добычи и предсказывающий характер управления удастся достичь в связи с тем, что в течение промышленной разработки месторождения все указанные процессы идут одновременно, относясь при этом к разным стадиям ТП.

В ходе экстракции продуктивного раствора получают уран, а в лишние растворы добавляют выщелачивающие реагенты и повторно подают в нагнетательные скважины в качестве рабочих. Возможная схема работы добычного полигона представлена на рисунке 2 [3].

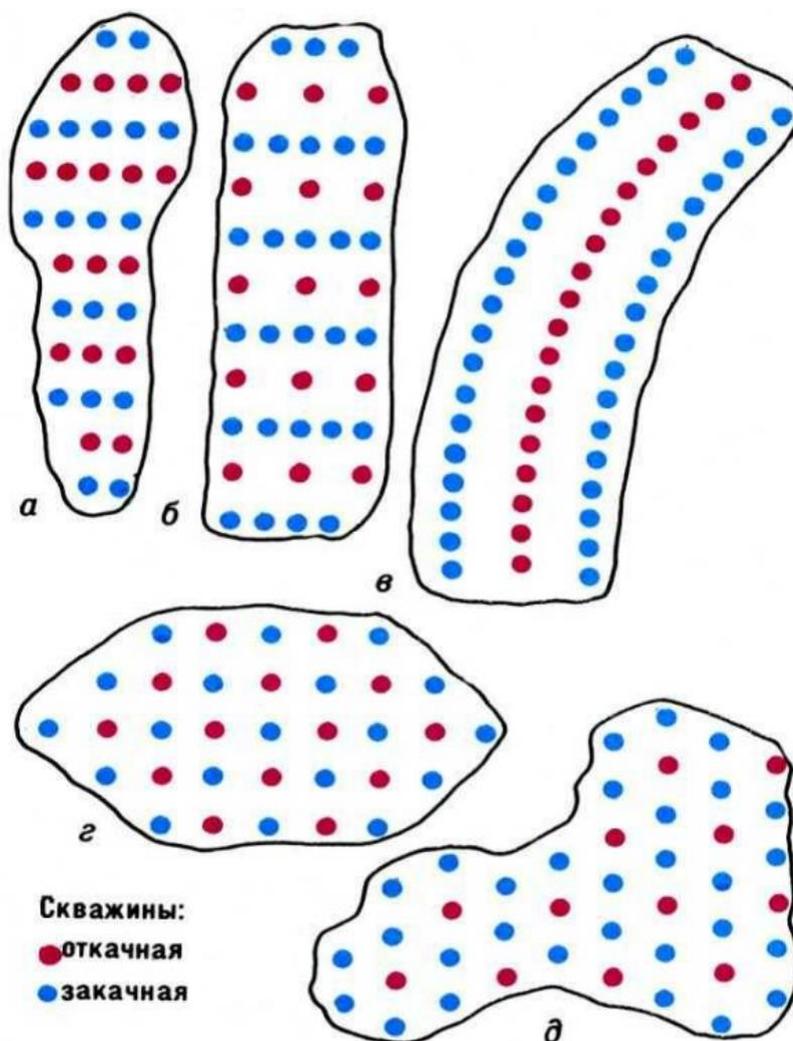


1 - автоцистерна с водой; 2 - водонапорные столбы;  
4 - узел приготовления раствора; 5 - система закачных скважин;  
6 - система откачных скважин; 7, 8 – отстойники;  
9 - емкость с реагентом; 10 - сорбционные колонны  
Рисунок 2 – Схема процесса СПВ урана

Система технологических скважин состоит из объединений блоков, содержащих ячейки. В зависимости от схемы движения растворов и топологии технологических скважин различают три вида их расположением:

- с площадным (ячеистым);
- с линейным;
- с комбинированным.

Некоторые из этих схем представлены на рисунке 3.



- а - чередующиеся ряды равнодебитных откачных и закачных скважин;
- б - чередующиеся ряды разнодебитных откачных и закачных скважин;
- в - трехрядная система разнодебитных откачных и закачных скважин;
- г - ячеистая квадратная система равнодебитных откачных и закачных скважин;
- д - ячеистая гексагональная система закачных скважин с откачной скважиной в центре каждой ячейки

Рисунок 3 – Некоторые схемы расположения скважин при СПВ

Технологический цикл на рудниках проходит по определенному алгоритму. Сначала определяется схема вскрытия рудных залежей, строится план расположения скважин по данным геологоразведки. Затем к блоку подводят магистральные трубопроводы для подачи реагентов, серной кислоты или сжатого воздуха.

Для каждой ячейки или ряду устанавливаются ответвления от основных трубопроводов. На блок ставится специальный узел закисления, который позволяет подмешивать в раствор определенно заданное количество кислоты. Также узел содержит расходомеры для выщелачивающего раствора и насосы, подающие кислоту в скважины.

Откачные скважины комплектуются ПН и обвязываются трубопроводами с узлами регулирования продуктивных растворов (УРПР), которые присоединены к магистральным трубопроводам. В УРПР установлены расходомеры, позволяющие контролировать движение раствора от каждой откачной скважины, для соблюдения баланса по всем блокам и ячейкам.

В грунтовую воду, которая была откачена ПН из водоносной породы, добавляют основные реагенты и окислитель, далее данный раствор закачивается в геотехнологическое поле. При прохождении выщелачивающего раствора сквозь руду, урановые минералы в ней окисляются и растворяются.

Первым делом из растворенного урана удаляют песок около центральной насосной станции (ЦНС). ЦНС распределяет растворы между сорбционными колоннами, наполненными ионообменной смолой. Данная смола предназначена для связывания урана в растворе и задержании его в колонне. После этого насосы ЦНС отправляют раствор на полигон. В конечном итоге уран сепарируется от смолы и химически осаждается. Урановая суспензия обезвоживается и осушается до получения конечного продукта - гидрата перекиси урана.

При повторной закачке технического раствора он сначала насыщается кислородом, а также, если нужно, серной кислотой для получения требуемой кислотности 2,5–3 ед. рН. Растворы наземной переработки утилизируются.

В отходах присутствуют вредные растворенные минералы, такие как мышьяк или радий, а также железо из рудного тела. Они закачиваются в одобренные скважины для захоронения в истощенной части рудного тела. Закачка части тех. раствора позволяет получать стабильный приток в геотехнологическое поле жидкости из водоносного пласта и помогает реагентам не покидать пределы области разработки.

Чтобы предотвратить разлив тех. Растворов, до начала эксплуатации ряда или участка, нужно произвести снятие почвы с поверхностного плодородного слоя по всей длине ряда эксплуатационных скважин на ширину 5 - 6 м и глубину 45 - 55 см. Плодородный слой почвы возвращается обратно после отработки запасов на участке [3].

## 2.2 Построения напор-расходных характеристик

Изменение скорости вращения ротора ЭЦН с  $n_1$  до  $n_2$  оборотов в минуту сопровождается изменениями подачи  $Q$ , напора  $H$  и мощности на валу  $N$  описываемыми следующими уравнениями:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

Соотношения такого вида называют законом пропорциональности.

После выражения подачи, напора и мощности из этих уравнений следует:

$$Q_2 = Q_1 * \frac{n_2}{n_1}$$

$$H_2 = H_1 * \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$$

$$N_2 = N_1 * \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$$

С помощью данных соотношений высчитываются характеристики насоса при скоростях вала отличных от номинальных.

Для построения неноминальных НРХ насоса, при номинальной частоте вращения берутся произвольные точки различной подачи и соответствующих значений напора. Далее используя выше полученные соотношения, рассчитываются нужные значения расхода ( $Q_2$ ) и напора ( $H_2$ ). Используя эти значения выставляются новые точки для НРХ насоса при новой частоте оборотов.

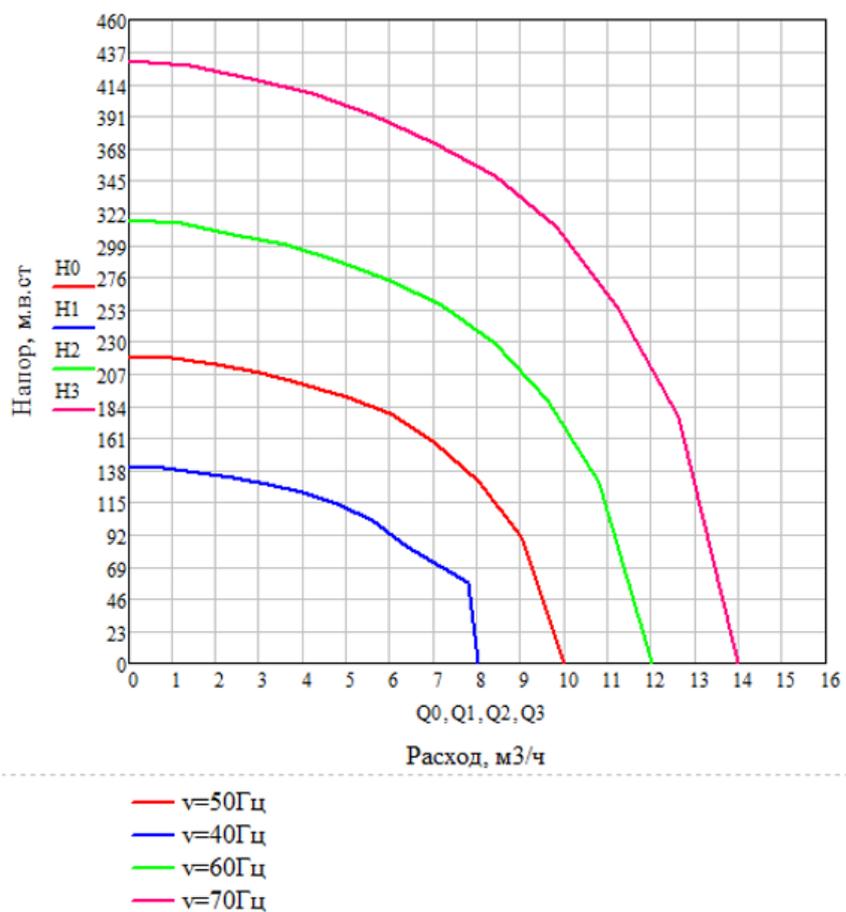


Рисунок 4- Напор - расходная характеристика ЭЦНК 4 4 200 для разных частот оборотов вала отличных от номинальной.

## 2.3 Разработка сценария использования

### 2.3.1 Сборка стенда

Перед испытаниями насосы собирают на столе, изображенном на рисунке 5. Соединяют погружной электродвигатель и центробежный насос, присоединяют к двигателю питающий кабель необходимой длины (150 – 300 м).



Рисунок 5 – Стол для сборки насосов

Затем собранный насос погружают в вертикально вкопанную трубу, заполненную водой. Длина трубы примерно 3,5 м – насос в сборе входит весь. Для опускания насоса в трубу используют подъемный механизм. Кабель складывают в ванную рядом с трубой для проверки герметичности монтажа соединения. Ванна и труба соединены как сообщающиеся сосуды. Верхняя часть насоса находится над уровнем жидкости. К ней присоединяют испытательный трубопровод, на котором смонтированы датчик расхода, датчик давления, регулируемый клапан. Конец кабеля испытуемого насоса присоединяется к преобразователю частоты, расположенному рядом с трубой.



Рисунок 6 – Испытательный стенд

После присоединения испытательного трубопровода запускается программа испытаний: на насос подается напряжение, и он начинает перекачивать воду из трубы в ванну. Таким образом имитируется работа насоса в скважине.

Во время испытаний будут измеряться следующие параметры:

- Параметры напряжения и тока на входе и выходе ПЧ
- Активная мощность на входе и выходе ПЧ;
- Частота вращения двигателя насоса
- Давление и расход в измерительном трубопроводе.
- Степень открытия клапана

При работе в скважине, двигатель непрерывно охлаждается водой. В испытательном стенде вода циркулирует по замкнутому контуру, поэтому в течении 10 минут нагревается до 70 °С. Для корректной работы требуется периодически останавливать испытания, что бы вода не нагревалась выше 45°С.

### 2.3.2 Порядок испытаний

На насос подается напряжение с минимальной частотой ( $\sim 40$  Гц). В автоматическом режиме ступенчато изменяется степень открытия клапана на измерительном трубопроводе: от - полностью открытого, до - полностью закрытого, с несколькими промежуточными положениями. При этом для каждого положения клапана производится измерение напряжения, тока, активной мощности на входе и выходе преобразователя, давления и расхода в измерительном трубопроводе и степени открытия клапана.

После этого изменяется значение частоты ( $\sim$ на  $0,5 \div 1$  Гц) и вновь производятся измерения при различных положениях клапана. Далее эта процедура повторяется при пошаговом измерении частоты до максимально возможного значения ( $\approx 60$  Гц).

Таким образом, в результате измерений мы получаем семейство напор-расходных характеристик насоса при различной частоте вращения вала насоса, а также рассчитывается КПД насоса и преобразователя частоты для каждой измеренной рабочей точки, включая номинальный режим.

## 2.4 Выбор технических средств

### 2.4.1 Выбор контроллерного оборудования

В качестве контроллера используется ОВЕН ПЛК150 (рисунок 7), его характеристики приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики ПЛК150 [4]

Дискретные входы	6
Дискретные выходы	4 э/м реле
Аналоговые входы	4
Аналоговые выходы	2
Интерфейсы	Ethernet 100 Base-T RS-232 RS-485
Напряжение питания	~90...264 В 47...63 Гц
Центральный процессор	32-разрядный RISC-процессор 200 МГц на базе ядра ARM9
Объем ОЗУ (SDRAM)	8 мб
Объем Flash-памяти	4 Мб
Размер Retain-памяти (EEPROM)	до 16 Кбайт
Время выполнения цикла ПЛК	Минимальное 250 мкс (нефиксированное), типовое от 1 мс



Рисунок 7 - ОВЕН ПЛК150

В качестве преобразователя частоты используется ПЧВ103-4К-В от ОВЕН (рисунок 8).



Рисунок 8 - ПЧВ103-4К-В

Его основные функциональные возможности представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Основные функциональные возможности ПЧВ103-4К-В [5]

Плавный пуск и останов двигателя, в том числе отложенный запуск и пуск под нагрузкой по S-образной характеристике разгона;
Компенсация нагрузки и скольжения;
Вольт-частотный или векторный алгоритмы управления;
Автоматическая адаптация двигателя без вращения;
Автоматическая оптимизация энергопотребления, обеспечивающая высочайший уровень энергоэффективности;
Полная функциональная и аппаратная диагностика и защита работы ПЧВ;
Встроенный сетевой дроссель и дроссель в звене постоянного тока;
Встроенный ПИ-регулятор для управления в замкнутом контуре (поддержание давления, температуры, уровня и т.д.)
Встроенный ПЛК для решения сложных задач управления и позиционирования привода
Возможность работы с внешними инкрементальными энкодерами, в том числе для поддержания малых частот вращения с большой точностью.
Возможность динамического торможения, в том числе с применением тормозных резисторов.
Гибкая структура управления с возможностью одновременного управления по физическим входам и по интерфейсу RS-485, что обеспечивает удобную интеграцию в современные системы управления и диспетчеризации.
Простая настройка в русскоязычном конфигураторе или с использованием локальной панели оператора. Быстрые меню и готовые конфигурации под типовые задачи.

## 2.4.2 Выбор датчиков

В качестве преобразователей давления рассматривались ОВЕН ПД100И и МИДА-ПИ-51.

Характеристики для их сравнения можно увидеть в таблице 6.

Таблица 6 – Сравнительные характеристики преобразователей давления [6]

Характеристика	ОВЕН	МИДА
ВПИ	2 МПа	2 МПа
Погрешность	±0,25%	±0,2%
Диапазон рабочих температур	-40...+100 °С	-40...+80°С
Степень защиты корпуса	IP65	IP65
Средняя наработка на отказ, часов	500 000	-
Цена	10 854,00р.	~5300р.

На основе данных характеристик, более выигрышным вариантом является преобразователь давления МИДА, за счет более низкой цены при меньшей погрешности.



Рисунок 9 – Преобразователь давления МИДА-ПИ-51

В качестве датчиков расхода рассматривались КАРАТ-551-40 и СИМАГ 11 К. Характеристики для их сравнения записаны в таблице 7.

Таблица 7 – Сравнительные характеристики датчиков расхода [7]

	КАРАТ	СИМАГ
Пределы допускаемой относительной погрешности	$\pm 1,0\%$	$\pm 0,5\%$
Рабочий диапазон скоростей потока	10 м/с	10 м/с
Рабочее давление	до 2.5 МПа	до 4 Мпа
Диапазон температур измеряемой среды	-10...+150°C	+5...+150
Средняя наработка на отказ, часов	80 000	-
Степень защиты	IP65	IP65
Цена	От 20 000р.	От 45 000р.

На основе данных характеристик, предпочтительным вариантом является датчиков расхода КАРАТ, за счет более низкой цены при достаточных характеристиках.



Рисунок 10 – Датчика расхода КАРАТ-551-40

В качестве измерителей параметров электрической сети рассматривались РМАС735 и ND20.

Характеристики для их сравнения можно увидеть в таблице 8.

Таблица 8 - Сравнительные характеристики измерителей параметров электрической сети [8]

	PMAC735	ND20
Погрешность измерения тока	$\pm 0,2\%$	$\pm 0,2\%$
Погрешность измерения напряжения	$\pm 0,2\%$	$\pm 0,2\%$
Погрешность измерения частоты	$\pm 0,1\%$	$\pm 0,2\%$
Погрешность измерения мощности	$\pm 0,5\%$	$\pm 0,5\%$
Диапазон частот	35-65Гц	45-100Гц
Производитель	Китай	Польша
Цена	От 18 000р.	От 25 000р.

На основе рассмотренных характеристик, оптимальным вариантом является PMAC735, за счет меньшей цены и более предпочтительном производителе, при достаточных характеристиках.



Рисунок 11 - Измеритель параметров электрической сети PMAC735

### 2.4.3 Выбор исполнительных механизмов

В качестве регулирующего клапана рассматривались КПСР1.11-40-25-1.2100-СЧ-1,6-1-150-У и 25с947п(нж). Характеристики для их сравнения представлены ниже (таблица 9).

Таблица 9 – Сравнительные характеристики клапанов [9]

	КПСР1	25с947п
PN	16	4
Температура рабочей среды	До +150 °С	До +150 °С
Материал	Чугун	Нержавеющая сталь
Условная пропускная способность, Kv, м <sup>3</sup> /ч	10 16 25	10 16 25
Масса	15 кг	12 кг
Цена	~90 000 р.	~45 000р.

На основе данных характеристик, предпочтительным вариантом является клапан, за счет более низкой цены при достаточных характеристиках.



Рисунок 12 - Клапан 25с947п

## 2.5 Разработка архитектуры автоматизированного стенда

Архитектура стенда состоит из трех уровней. На верхнем уровне располагается АРМ оператора, на контроллерном ОВЕН ПЛК150, а на последнем, полевом, датчики и ПЧ. Схема стенда представлена ниже (рисунок 13).

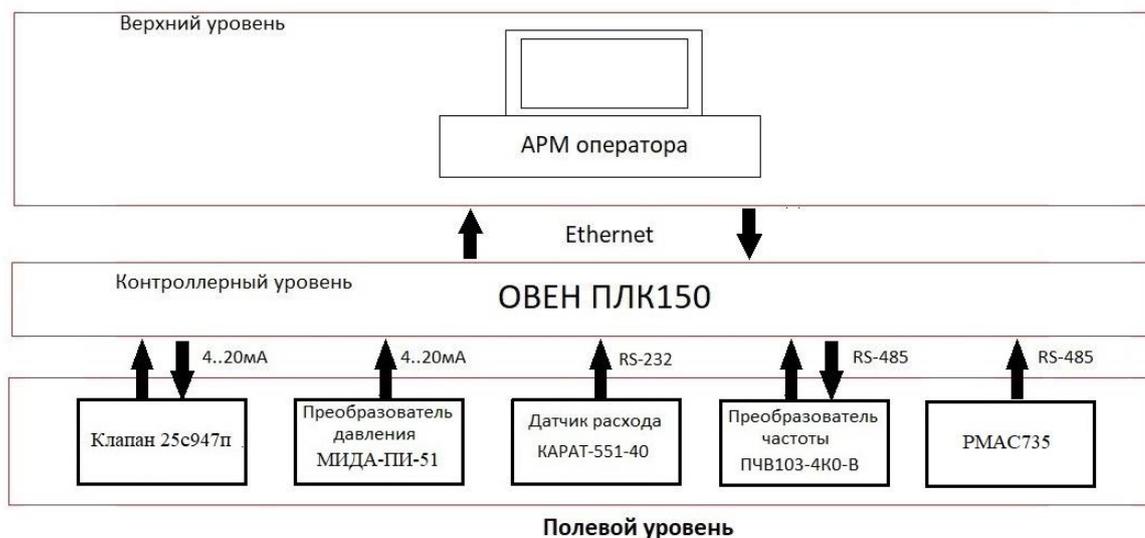


Рисунок 13 – Архитектура автоматизированного стенда

Клапан и преобразователь давления подключаются соединением 4..20мА, датчик расхода передает информацию через RS-232, а преобразователь частоты и измеритель параметров сети через RS-485

## 2.6 Разработка электрической принципиальной схемы

Принципиальная электрическая схема изображена на рисунке 14.

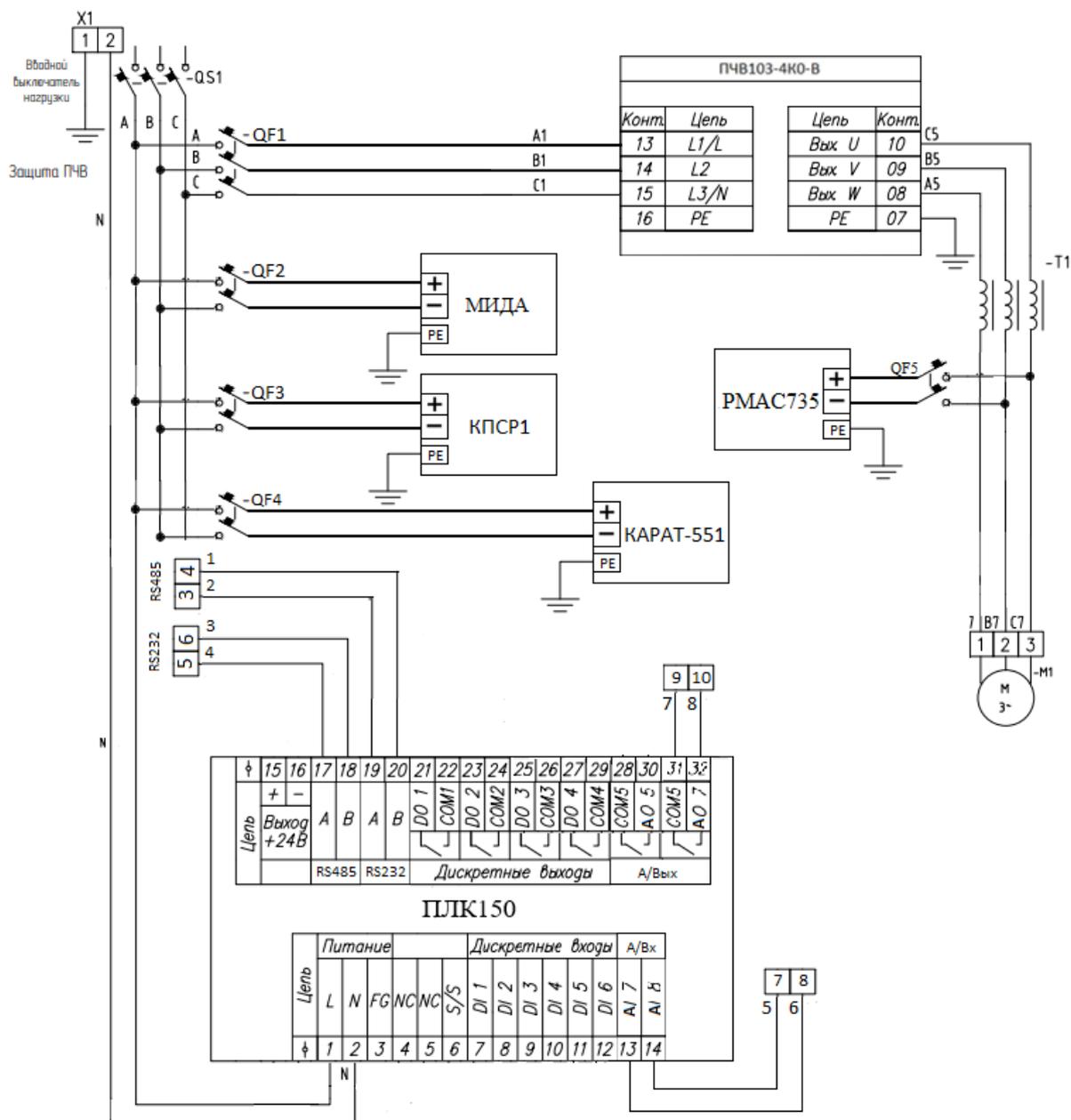


Рисунок 14 - Принципиальная электрическая схема

## 2.7 Разработка программного обеспечения

### 2.7.1 Разработка кода

Программа написана на языке ST в среде Codesys. Датчики подключены по протоколу Matbus.

Для отслеживания значений с датчиков использовались библиотека шаблонов. Блок с объявлением переменных показан на рисунке 15.

```
1  PROGRAM PLC_PRG
2  VAR
3  startTime: TIME :=TIME();
4  currentTime: TIME;
5  setIterTime: TIME;
6  iterTime: TIME;
7  isFirstIteration: BOOL := TRUE;
8  onWork: BOOL :=FALSE;
9  onPause: BOOL:=FALSE;
10 setMaxFreq: REAL;
11 setStartFreq: REAL;
12 currentFreq: REAL;
13 maxFreq: REAL;
14 valveOpeningDegree: INT :=100;
15 voltage: REAL;
16 current: REAL;
17 powerIn: REAL;
18 powerOut: REAL;
19 pressure: REAL;
20 rate: REAL;
21 END_VAR
```

Рисунок 15 – Блок объявления переменных

Переменные с приставкой set- задаются через мнемосхему, переменные voltage, current, powerIn, powerOut, pressure и rate представляют собой датчики и показания с ПЧВ.

Блок-схема программы и сама программа и изображены на рисунке 16 и 17 соответственно.

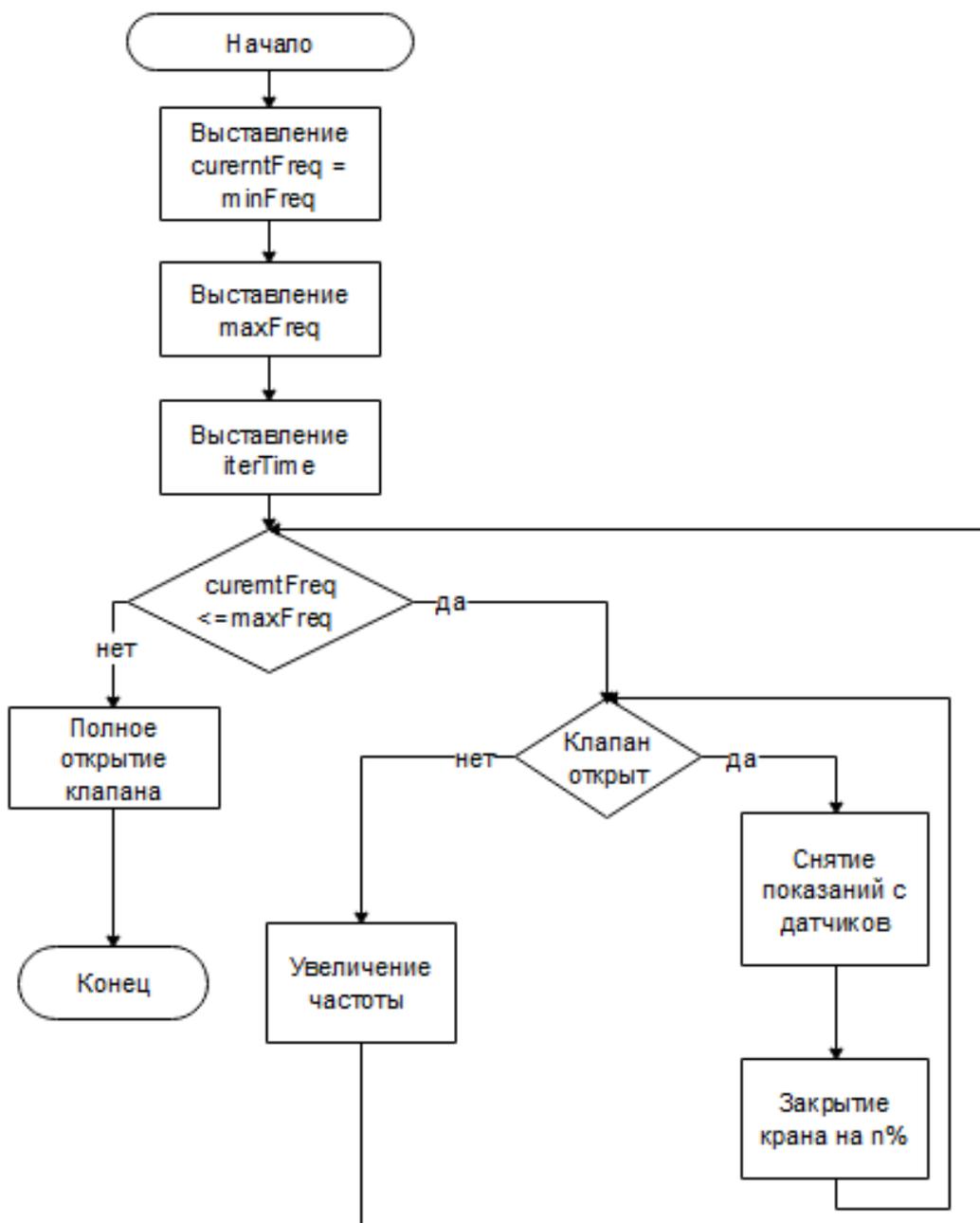


Рисунок 16 – Блок-схема программы

```

1  IF (onWork = TRUE) THEN
2      IF (isFirstIteration = TRUE) THEN
3          currentFreq:=setStartFreq;
4          maxFreq := setMaxFreq;
5          itertime := setIterTime;
6          isFirstIteration:= FALSE;
7      END_IF
8      IF (onPause = FALSE) THEN
9          IF (currentFreq <= maxFreq) THEN
10             IF (valveOpeningDegree > 0) THEN;
11                 currentTime:= TIME();
12                 IF (currentTime - startTime < iterTime) THEN
13                     RETURN;
14                 ELSE
15                     valveOpeningDegree:= valveOpeningDegree - 5;
16                     startTime:= TIME();
17                 END_IF
18             ELSE
19                 valveOpeningDegree:=100;
20                 currentFreq:=currentFreq+1;
21             END_IF
22         ELSE
23             onWork:=FALSE;
24         END_IF
25     END_IF
26 ELSE
27     isFirstIteration:= TRUE;
28     currentFreq := setStartFreq;
29     valveOpeningDegree:=100;;
30 END_IF

```

Рисунок 17 – Код программы

Сначала оператор записывает модель насоса (об этом подробнее при рассмотрении мнемосхемы), далее выбирает начальную и максимальную частоту, а также время цикла для каждого положения клапана. После этого он запускает программу, в цикле проверяется достигла ли текущая частота максимальной. Если нет, то в следующем цикле в течении времени, указанным оператором, для каждого положения клапана снимаются данные с датчиков. Когда сняты показания для максимальной частоты, программа останавливается, и текущая частота сбрасывается. Есть возможность приостановить программу без сброса текущей частоты.

Для передачи данных в SCADA систему по OPC была создана символьная конфигурация (рисунок 18).

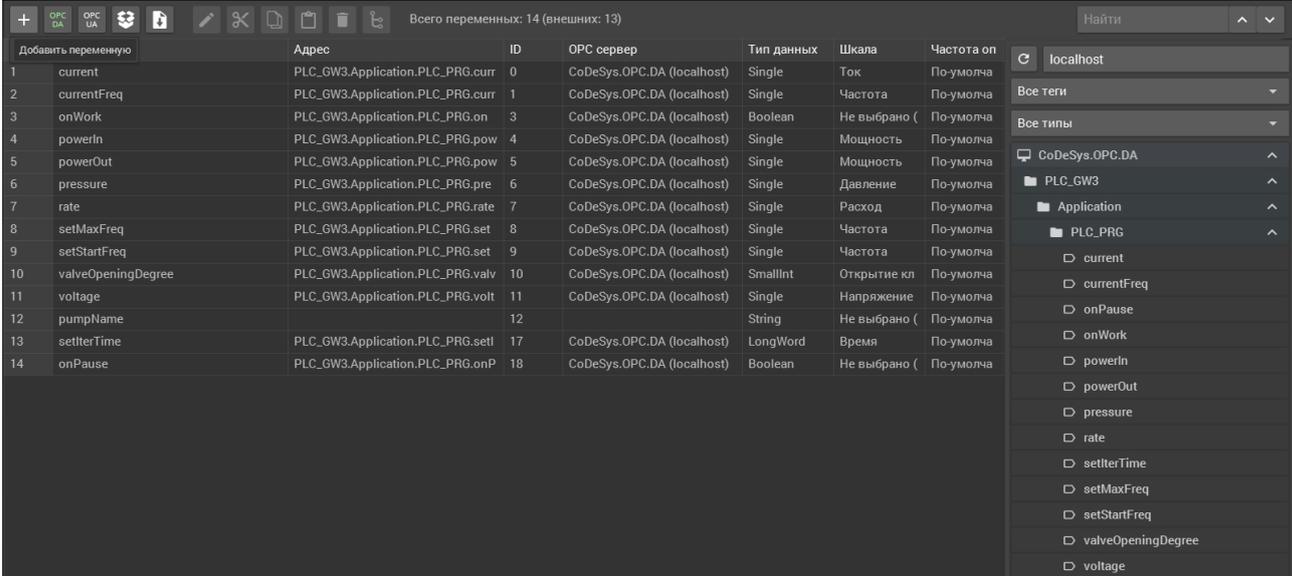
Символы		Права доступа	Максимум	Атрибут	Тип	Члены	Комментарий
<input type="checkbox"/>	IoConfig_Globals						
<input checked="" type="checkbox"/>	PLC_PRG						
<input checked="" type="checkbox"/>	current				REAL		
<input checked="" type="checkbox"/>	currentFreq				REAL		
<input type="checkbox"/>	currentTime				TIME		
<input type="checkbox"/>	iterTime				TIME		
<input type="checkbox"/>	maxFreq				REAL		
<input checked="" type="checkbox"/>	onPause				BOOL		
<input checked="" type="checkbox"/>	onWork				BOOL		
<input checked="" type="checkbox"/>	powerIn				REAL		
<input checked="" type="checkbox"/>	powerOut				REAL		
<input checked="" type="checkbox"/>	pressure				REAL		
<input checked="" type="checkbox"/>	rate				REAL		
<input checked="" type="checkbox"/>	setIterTime				TIME		
<input checked="" type="checkbox"/>	setMaxFreq				REAL		
<input checked="" type="checkbox"/>	setStartFreq				REAL		
<input type="checkbox"/>	startTime				TIME		
<input checked="" type="checkbox"/>	valveOpeningDegree				INT		
<input checked="" type="checkbox"/>	voltage				REAL		
<input type="checkbox"/>	{ } BPLog						

Рисунок 18 – Символьная конфигурация

Отмеченные переменные передаются в SCADA систему с помощью OPC сервера.

## 2.7.2 Разработка мнемосхемы и базы данных

Мнемосхема составлялась с помощью SCADA системы Simple-Scada. Импорт переменных представлен на рисунке 19, а сама мнемосхема - на рисунке 20.



Добавить переменную	Адрес	ID	ОПС сервер	Тип данных	Шкала	Частота оп	
1	current	PLC_GW3.Application.PLC_PRG.curr	0	CoDeSys.OPC.DA (localhost)	Single	Ток	По-умолча
2	currentFreq	PLC_GW3.Application.PLC_PRG.curr	1	CoDeSys.OPC.DA (localhost)	Single	Частота	По-умолча
3	onWork	PLC_GW3.Application.PLC_PRG.on	3	CoDeSys.OPC.DA (localhost)	Boolean	Не выбрано (	По-умолча
4	powerIn	PLC_GW3.Application.PLC_PRG.pow	4	CoDeSys.OPC.DA (localhost)	Single	Мощность	По-умолча
5	powerOut	PLC_GW3.Application.PLC_PRG.pow	5	CoDeSys.OPC.DA (localhost)	Single	Мощность	По-умолча
6	pressure	PLC_GW3.Application.PLC_PRG.pre	6	CoDeSys.OPC.DA (localhost)	Single	Давление	По-умолча
7	rate	PLC_GW3.Application.PLC_PRG.rate	7	CoDeSys.OPC.DA (localhost)	Single	Расход	По-умолча
8	setMaxFreq	PLC_GW3.Application.PLC_PRG.set	8	CoDeSys.OPC.DA (localhost)	Single	Частота	По-умолча
9	setStartFreq	PLC_GW3.Application.PLC_PRG.set	9	CoDeSys.OPC.DA (localhost)	Single	Частота	По-умолча
10	valveOpeningDegree	PLC_GW3.Application.PLC_PRG.valv	10	CoDeSys.OPC.DA (localhost)	SmallInt	Открытие кл	По-умолча
11	voltage	PLC_GW3.Application.PLC_PRG.volt	11	CoDeSys.OPC.DA (localhost)	Single	Напряжение	По-умолча
12	pumpName		12		String	Не выбрано (	По-умолча
13	settlerTime	PLC_GW3.Application.PLC_PRG.setl	17	CoDeSys.OPC.DA (localhost)	LongWord	Время	По-умолча
14	onPause	PLC_GW3.Application.PLC_PRG.onP	18	CoDeSys.OPC.DA (localhost)	Boolean	Не выбрано (	По-умолча

Рисунок 19 – Импорт переменных

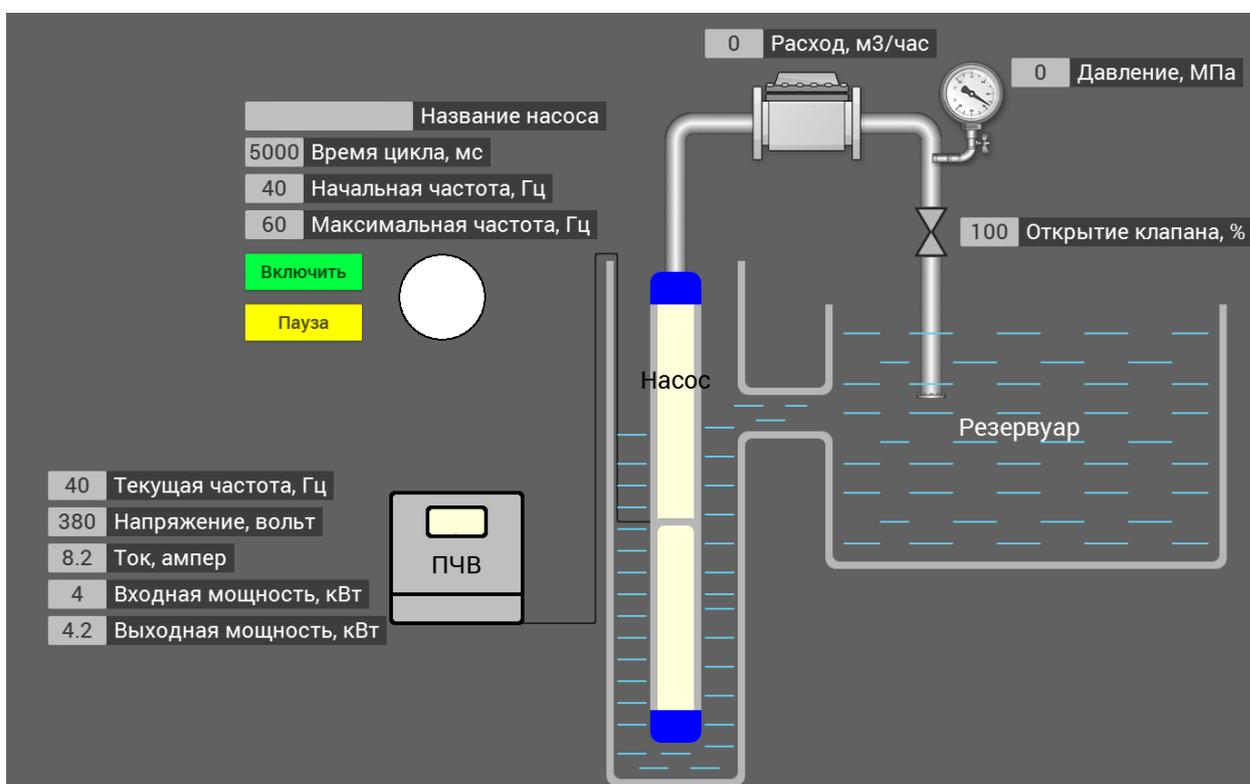


Рисунок 20 – Мнемосхема программы

При вводе названия насоса, создается (если ее еще нет) одноименная таблица в БД. Также уже заранее создана таблица с измеряемыми параметрами (рисунок 21).

```
mysql> SELECT * FROM parameters;
+----+-----+
| id | paramName |
+----+-----+
| 1  | currentFreq |
| 2  | voltage |
| 3  | current |
| 4  | rate |
| 5  | powerIn |
| 6  | powerOut |
| 7  | pressure |
| 8  | valveOpen |
+----+-----+
8 rows in set (0.00 sec)
```

Рисунок 21 – Таблица с параметрами

Во время работы программы значение каждого параметра и время снятия записывается в таблицу с названием насоса (рисунок 22).

```
mysql> SELECT * FROM testpumpname;
+----+-----+-----+-----+-----+
| id | value | date |         | param_id |
+----+-----+-----+-----+-----+
| 1  | 1.04 | 2022-12-22 18:22:15 | 3 |
| 2  | 1.06 | 2022-12-22 18:22:15 | 5 |
| 3  | 1.08 | 2022-12-22 18:22:15 | 6 |
| 4  | 1.1  | 2022-12-22 18:22:15 | 7 |
| 5  | 1.12 | 2022-12-22 18:22:15 | 4 |
| 6  | 90   | 2022-12-22 18:22:15 | 8 |
| 7  | 1.02 | 2022-12-22 18:22:15 | 2 |
| 8  | 1.08 | 2022-12-22 18:22:16 | 3 |
| 9  | 1.12 | 2022-12-22 18:22:16 | 5 |
| 10 | 1.16 | 2022-12-22 18:22:16 | 6 |
| 11 | 1.2  | 2022-12-22 18:22:16 | 7 |
| 12 | 1.24 | 2022-12-22 18:22:16 | 4 |
| 13 | 80   | 2022-12-22 18:22:16 | 8 |
| 14 | 1.04 | 2022-12-22 18:22:16 | 2 |
| 15 | 1.12 | 2022-12-22 18:22:17 | 3 |
| 16 | 1.18 | 2022-12-22 18:22:17 | 5 |
| 17 | 1.24 | 2022-12-22 18:22:17 | 6 |
```

Рисунок 22 – Пример записанных данных

Далее с помощью SQL запросов можно получать значения отдельных параметров.

После выставления начальных параметров при нажатии кнопки «включить» начинается работа программы (рисунок 23)

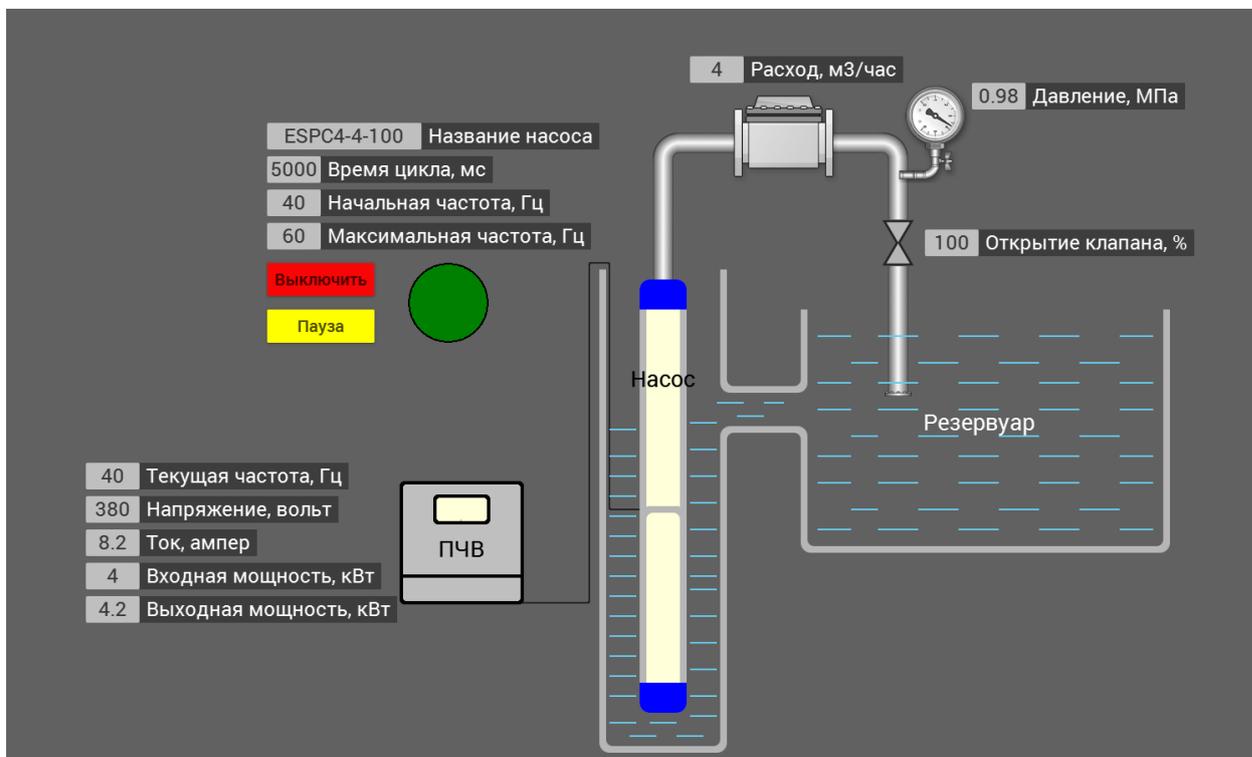


Рисунок 23 – Работа программы

Нажатием кнопки «Пауза» работа программы приостанавливается (рисунок 24).

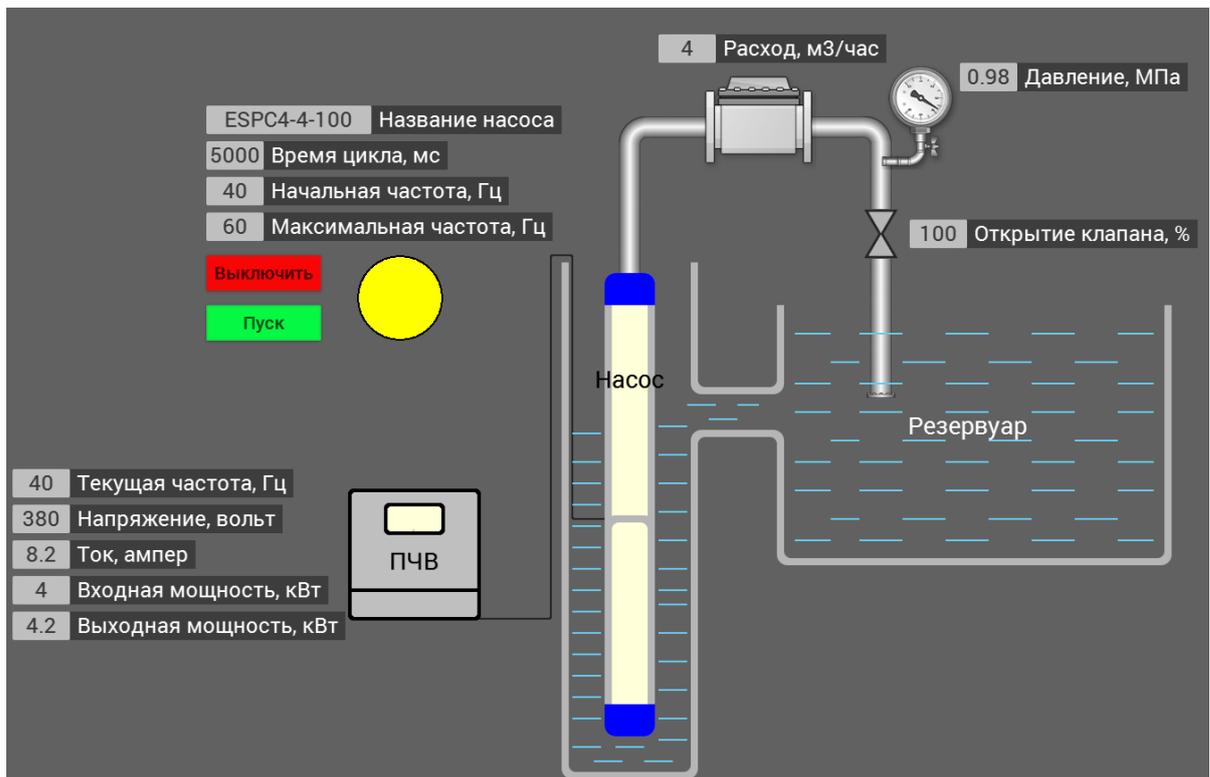


Рисунок 24 – Программа на паузе

При нажатии «Выключить» программа останавливается и значения частоты и положения клапана сбрасываются (рисунок 25).

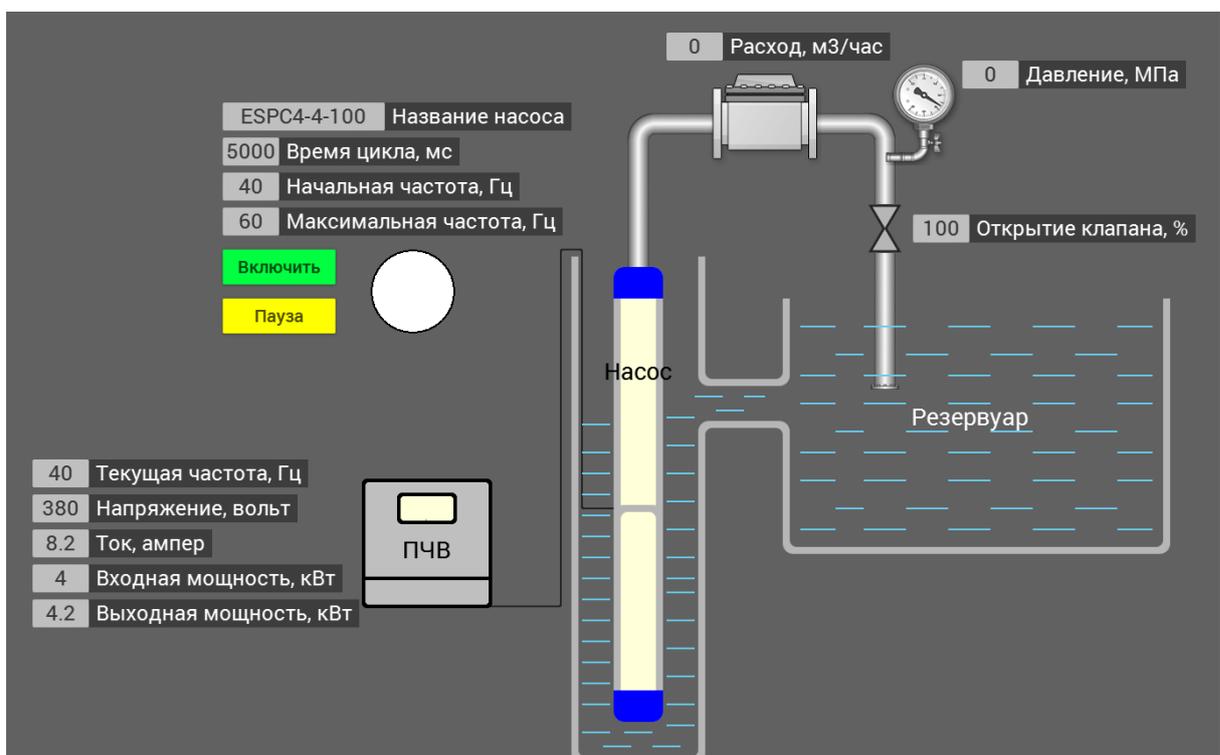


Рисунок 25– Остановка программы

Скрипты для создания таблицы насоса и записи в нее значений представлены на рисунках 26 и 27.

```
procedure Field12_OnDoneInput(Sender: TM_Control);
var
  aQuery: string;
begin
  aQuery := 'CREATE TABLE IF NOT EXISTS ' + Field12.Text + '('id` INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY, '
  +
  'value REAL NOT NULL, '
  +
  'date TIMESTAMP NOT NULL, '
  +
  'param_id INT NOT NULL, '
  +
  'FOREIGN KEY(param_id) references parameters(id)'
  +
  ');';
  RunSQL(aQuery, nil,42);
end.
```

Рисунок 26 – Скрипт создания таблицы насоса

```
procedure currentFreqChange(Sender: TM_Control);
var
  aQuery: string;
  timeStr: string;
  freqStr: string;
begin
  timeStr:= MySQLDateTime(Now,dtFull);
  freqStr:= Field7.Text;
  aQuery := 'INSERT INTO ' + Field12.Text + '(value, date, param_id) VALUES ('+ freqStr + ',' + timeStr + ',' + '1)';
  RunSQL(aQuery, nil,1);
end.
```

Рисунок 27 – Скрипт записи текущей частоты в таблицу

Запись остальных данных аналогична записи частоты.

После завершения работы программы с помощью SQL запросов получают точки для построения напор-расходной характеристики.

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

Студенту:

<b>Группа</b> 8ТМ11	<b>ФИО</b> Юдыцкий Денис Андреевич
------------------------	---------------------------------------

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Нормативные документы НИ ТПУ, ФЗ «О минимальном размере оплаты труда» для определения оплата труда исполнителей проекта
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Тариф электроэнергии: 4,39руб за кВт/час Тариф интернета: 430р/мес. 30% районный и надбавочный коэффициент
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Провести предпроектный анализ
<i>2. Разработка устава научно-технического проекта</i>	Представить Устав научного проекта магистерской работы
<i>3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Разработать план управления НТИ
<i>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Рассчитать сравнительную эффективность исследования

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Карта сегментирования рынка услуг 2. Матрица SWOT 3. Бланк оценки степени готовности научного проекта 4. Заинтересованные стороны проекта 5. Цель и результаты проекта 6. Рабочая группа проекта 7 Перечень этапов, работ и распределение исполнителей 8. Трудоемкость выполнения работ 9. Календарный план-график проведения НИР по теме 10. Группировка затрат по статьям 11. Сырье, материалы 12. Специальное ПО и оборудование для научных работ для первого исполнения 13. Специальное ПО и оборудование для научных работ для второго исполнения 14. Специальное ПО и оборудование для научных работ для третьего исполнения 15. Баланс рабочего времени 16. Основная заработная плата сотрудников 17. Дополнительная заработная плата сотрудников 18. Отчисления во внебюджетные фонды 19. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта 20. Сравнительная эффективность разработки
---

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	01.03.2023
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Былкова Т.В.	к.э.н.		01.03.2023

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8ТМ11	Юдыцкий Д.А.		01.03.2023

### 3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

#### 3.1 Предпроектный анализ

##### 3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Электроцентробежные насосные агрегаты повсеместно используются для добычи нефти и урана. Перед вводом насоса в эксплуатацию имеет смысл проверить и зафиксировать его рабочие характеристики и непосредственно работоспособность. Эта цель достигается с помощью специализированного стенда для начального прогона насоса и снятия характеристик при различной частоте работы. В данной работе разрабатывается сценарий, программа испытаний и происходит выбор сопутствующие инструментов автоматизации, таких как датчики, контроллер и преобразователь частоты.

Данная разработка является заказом и не планируется использовать ее в будущем в производстве. Потенциальными потребителями результатов исследования могут быть предприятия нефте- и уранодобывающей промышленности, а также сами производители насосов. В таблице 1 представлена карта сегментирования рынка услуг.

Таблица 10 - Карта сегментирования рынка услуг

		Потенциальные потребители исследования		
		Нефтедобыча	Добыча урана	Производство насосов
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			



Фирма А



Фирма Б



Фирма В

На основе таблицы можно сделать вывод, что на основной сегмент рынка приходятся средние и крупные компании.

### 3.1.2 SWOT анализ

SWOT – анализ проекта даёт возможность оценить факторы и явления, помогающие или препятствующие продвижению проекта на рынок.

**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 11 – Матрица SWOT

<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>          С1. Широкие возможности тестирования          С2. Экономичность          С3. Наличие бюджетного финансирования          С4. Наличие квалифицированного руководителя;</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>          Сл1. Большое количество аналогичных проектов          Сл2. Небольшой опыт в разработке          Сл3. Отсутствие некоторой специализированной техники</p>
<p><b>Возможности:</b>          В1. Расширение сценариев использования          В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт          В3. Использование отечественных компонентов          В4. Повышение качества продукции с минимальными затратами по финансированию и времени</p>	<p><b>Угрозы:</b>          У1. Возможное отсутствие спроса на новую технологию          У2. Развитая конкуренция технологий производства</p>

**Второй этап.** Следующий этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 12 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	0	0	+
	В2	+	+	+	0
	В3	0	+	+	0
	В4	+	0	0	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие соответствия сильных сторон возможностям внешней среды: В1С1С2С3, В2С1С2, В3С1С3.

Таблица 13 - Слабые стороны исследования и возможности

		Сл1	Сл2	Сл3
Возможности исследования	В1	+	0	0
	В2	-	0	0
	В3	0	0	0
	В4	0	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие соответствия слабых сторон возможностям окружающей среды: В1Сл1Сл3, В2Сл3.

Таблица 14 - Сильные стороны исследования и угрозы

		С1	С2	С3	С4
Угрозы	У1	+	-	0	0
	У2	+	+	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие угрозы исследования: У1С1С2С4, У2С2, У3С1С2С4.

Таблица 15 - Слабые стороны исследования и угрозы

		Сл1	Сл2	Сл3
Слабые стороны исследования	У1	-	0	+
	У2	-	0	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие слабые стороны исследования: У1Сл1Сл3, У3Сл1Сл3.

В рамках третьего этапа составляется итоговая SWOT–матрица, приведенная в таблице 8.

Таблица 16 - Итоговая матрица SWOT – анализа

	<p><b>Сильные стороны:</b></p> <p>С1. Широкие возможности тестирования</p> <p>С2. Экономичность</p> <p>С3. Наличие бюджетного финансирования</p> <p>С4. Наличие квалифицированного руководителя</p>	<p><b>Слабые стороны:</b></p> <p>Сл1. Большое количество аналогичных проектов</p> <p>Сл2. Небольшой опыт в разработке</p> <p>Сл3. Отсутствие некоторой специализированной техники</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Расширение сценариев использования</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Использование отечественных компонентов</p> <p>В4. Повышение качества продукции с минимальными затратами по финансированию и времени</p>	<p>Широкий спектр тестирования расширяет возможности использования данной технологии, его экономичность и доступность на отечественных рынках благоприятно влияет производство, наличие квалифицированного специалиста по работе с данным технологией может повысить качество продукции с минимальными затратами по финансированию и времени</p>	<p>Небольшой опыт в разработке может отрицательно сказаться на конечном продукте исследования, так же существование большого количества аналогичных проектов может уменьшить его ценность на фоне общей массы.</p>

<p style="text-align: center;"><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Возможное отсутствие спроса на новую технологию</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства</p>	<p>Качество продукции выпускаемая компаниями производителями в РФ, значительно влияет на востребованность и использование данной технологии в различных отраслях добывающей промышленности, тем самым уменьшая спрос на новую технологию.</p>	<p>Основной угрозой исследования является отсутствие интереса со стороны промышленности, так как данное исследование имеет большое количество аналогичных работ, а также является заказным.</p>
--	---	---

### 3.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Таблица 17 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	2	2
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	2	2
5	Определены авторы и осуществленная охрана их прав	2	2
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	1	1
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	1
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9	Определены пути продвижения научной	1	1

	разработки на рынок		
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	1
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	3
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	31	30

### **3.1.4 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.**

Для данной разработки подходит инжиниринг – предоставление одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции.

### 3.2 Инициация проекта

Устав научного проекта имеет следующую структуру:

#### 1. Цели и результат проекта.

Таблица 18 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Организация заказчик	Готовый проект

Таблица 19 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Разработка автоматизированного стенда для тестирования насосов
Ожидаемые результаты проекта:	Готовый стенд
Критерии приемки результата проекта:	-
Требования к результату проекта:	Стенд должен работать

#### 2. Организационная структура проекта.

Таблица 20 – Рабочая группа проекта

№	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час
1	Щипков Александр Андреевич, к.т.н, доцент (ОАР, ИШИТР)	Руководитель проекта	Координация деятельности исполнителя	648
2	Юдыцкий Денис Андреевич, магистрант	Исполнитель	Выполнение работ по проекту	1824

### 3.3 Планирование управления научно-техническим проектом

#### 3.3.1 План проекта

Современные научные исследования очень сложны и требуют совместной работы множества людей, поэтому для совместной работы необходимо создать научно-исследовательскую группу. Перед проведением исследования необходимо установить процесс исследования, рабочий график и назначить задачи для обеспечения нормального проведения исследования. Основные этап исследования, содержание работ исследования и распределение исполнителей представлены в таблице 21.

Таблица 21 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Дипломник, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Дипломник
	4	Выбор методов исследования	Научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка сценария использования	Дипломник, научный руководитель
	6	Разработка схемы автоматизации	Дипломник
	7	Разработка ПО	Дипломник
	8	Разработка БД	Дипломник
Обобщение и оценка результатов	9	Содержание работ	Дипломник
	10	Обработка данных	Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	11	Научное обоснование результатов и выводы	Дипломник

Определим трудоемкость выполнения работ и разработка графика проведения (таблица 22).

Таблица 22 - Трудоемкость выполнения работ

Название работы	Трудоёмкость работ						исполе н		T <sub>pi</sub> дни		T <sub>ki</sub> дни	
	t <sub>min i</sub> , чел.- дни		t <sub>max i</sub> , чел.- дни		t <sub>ож i</sub> , чел.- дни							
	Науч.рук	инженер	Науч.рук	инженер	Науч.рук	инженер						
1. Составление и получение задачи на НИР	4	1	5	1	4,5	1	+	+	2.2	1	2.7	1.2
2. Обзор научной литературы	10	10	12	12	11	11	+	+	5.5	5.5	6.7	6.7
3. Разработка сценария использования	-	18	-	24	-	20.4	-	+	-	20.5	-	25
3. Разработка схемы автоматизации	3	2	4	3	3.5	2.5	+	+	1.7	1.7	2	2
4. Выбор направления исследований	2	1	3	2	2.5	1.5	+	+	1.2	0.7	2.5	0.9
5. Календарное планирование работ по тем	-	2	-	3	-	2.5	-	+	-	2.5	-	3
6. Разработка ПО	-	5	-	6	-	5.5	-	+	-	2.5	-	3
7. Разработка БД	-	5	-	6	-	5.5	-	-	м	5,5	-	6,7
9. Содержание работ	3	3	4	4	3,5	3,5	+	+	1,7	1,7	2	2
10. Обработка данных	4	4	5	5	4,5	4,5	+	+	2,2	2,2	3,5	3,5
11. Научное обоснование результатов и выводы	-	15	-	24	-	18,5	-	+	-	18,5	-	22,5

График выполнения работ по дням составлен с учетом всех выходных, предпраздничных и праздничных дней. Общее число рабочих дней, которые требуются на выполнение данного проектирования, 109.

Таблица 23 – Календарный план-график проведения НИР по теме

№ работ	исполнитель	Т к ал. дн	Продолжительность выполнения работ												
			февраль	март			апрель			май			июнь		
			3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1.	Науч. рук., инженер	3	■												
2.	Науч. рук., инженер	10		■											
3.	Инженер	25			■	■	■								
4.	Науч. рук., инженер	2					■								
5.	Науч. рук., инженер	2					■								
6.	Инженер	19						■	■	■					
7.	Инженер	6								■					
8.	Инженер	7									■				
9.	Науч. рук., инженер	2										■			
10.	Науч. рук., инженер	10										■	■		
11.	Инженер	23											■	■	■

■ Научный руководитель

■ Инженер-дипломник

### 3.3.2 Бюджет научно-технического исследования

Таблица 24 – Группировка затрат по статьям

Вариант исполнения	Сырье, материалы, покупные изделия, полуфабрикаты	Специальное программное обеспечение и оборудование для научных работ	Основная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итоговая себестоимость
1	2360	119435	142502	42750	307047
2	2360	136335	142502	42750	323497
3	2360	158435	142502	42750	346047

Для различных вариантов будет использоваться одно и то же сырье.

Таблица 25 - Сырье, материалы, покупные изделия, полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Электроэнергия	-	342кВт/ч	4,39	1500
Интернет	Ростелеком	2 месяца	430	860
			Итого по статье С <sub>м</sub>	2360

Таблица 26 – Специальное ПО и оборудование для научных работ для первого исполнения

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
Персональный компьютер	1	119435	119435
SimpleScada (minimum)	по подписке	0	0
		Итого	119435

Таблица 27 – Специальное ПО и оборудование для научных работ для второго исполнения

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
Персональный компьютер	1	119435	119435
SimpleScada (standard)	1	16900	16900
		Итого	136335

Таблица 28 – Специальное ПО и оборудование для научных работ для третьего исполнения

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
Персональный компьютер	1	119435	119435
SimpleScada (professional)	1	39900	39900
		Итого	158435

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоёмкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

НИР проводили 2 человека: доцент ОАР ТПУ – научный руководитель работы (науч. рук.) и инженер-дипломник (инж.). Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ.

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн.}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

Где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. ;

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

Где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

Где  $Z_M$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

При отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

При отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 21).

$Z_{осн}$  и  $Z_{зп}$  для научного руководителя:

$$Z_{осн.} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d} \cdot T_p = \frac{56893 \cdot 11,2}{239} \cdot 29 = 77318 \text{ руб.},$$

Для инженера:

$$Z_{осн.} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d} \cdot T_p = \frac{12336 \cdot 10,4}{229} \cdot 109 = 61066 \text{ руб.},$$

Таблица 29 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней выходные дни / праздничные дни	52 14	44 14
Потери рабочего времени/ отпуск/невыходы по болезни	52 8	52 8
Действительный годовой фонд рабочего времени	239	229

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{тс} * (1 + K_d) * K_p$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$K_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,3;

$K_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 30

Таблица 30 – Основная заработная плата сотрудников

Исполнители	З <sub>окл</sub> , руб.	к <sub>д</sub>	к <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб.	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р</sub> , раб. дн	З <sub>осн</sub> , руб.	К <sub>внеб</sub>
Руководитель, доцент	39300	0.3	1.3	62880	2736	20	54724	16417
Инженер	16242	0	1.3	21115	1033	76	87778	26333
Итого							142502	42750

### 3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, эффективности исследования

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{фин р}}^{\text{исп. } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

Где  $I_{\text{фин р}}^{\text{исп. } i}$  – Интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – Стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – Максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т. ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

$$I_{\text{фин р}}^{\text{исп. } i} = 1$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_{ia}$$

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

$a_i$  – Весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;  $b_{ia}$ ,

$b_{ip}$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Таблица 31 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии исследования \ Объект	Весовой коэффициент параметра	Данный проект	Исполнение 2	Исполнение 3
1. Частота опроса характеристик	0,15	5	5	5
2. Понятность интерфейса	0,20	4	4	5
3. Экономичность обслуживания	0,20	5	4	3
4 Быстродействие	0,20	4	4	4
5. Количество снимаемых характеристик	0,25	4	4	4
ИТОГО:	1	4,35	4,15	4,15

$$I_{p\text{-проект}} = 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 = 4,35;$$

$$I_{p\text{-исп.2}} = 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 = 4,15;$$

$$I_{p\text{-исп.3}} = 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 = 4,15;$$

Рассчитаем интегральный финансовый показатель разработки:

$$I_{\Phi}^p = \frac{307047}{346047} = 0,89;$$

$$I_{\Phi}^{\text{исп.2}} = \frac{323497}{346047} = 0,93;$$

$$I_{\Phi}^{\text{исп.3}} = \frac{346047}{346047} = 1.$$

Расчет интегральных показателей эффективности разработки и других исполнений:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{4,35}{0,89} = 4,9;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{4,15}{0,93} = 4,4;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{4,15}{1} = 4,15.$$

Таблица 32 - Сравнительная эффективность разработки

п/п	Показатели	Данный проект	Исполнение 2	Исполнение 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,89	0,93	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,35	4,15	4,15
3	Интегральный показатель эффективности	4,9	4,4	4,15
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения		1,10	1,18

Значения интегральных показателей эффективности позволяют выбрать более эффективный вариант решения поставленной в магистерской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Оценка сравнительной эффективности показала, что проект в первом варианте исполнения эффективнее второго и третьего варианта на 10% и 18% соответственно. Эффективность обеспечена использованием дешевого программного обеспечения, которое не влияет на качество цифрового продукта.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
8ТМ11		Юдыцкому Денису Андреевичу	
<b>Школа</b>	ИШИТР	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение автоматизации и робототехники
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

Автоматизированный стенд для испытания электроцентробежных насосных агрегатов	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<b>Введение</b> -Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. -Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации	Объект исследования автоматизированный стенд Область применения тестирование насосных агрегатов Рабочая зона: <u>лаборатория</u> Размеры помещения: 120м <sup>2</sup> Количество и наименование оборудования рабочей зоны: компьютер 1шт, погружной насос 1шт, испытательный стенд 1шт.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов -Природа воздействия -Действие на организм человека -Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов) -СИЗ коллективные и индивидуальные 1.2. Анализ выявленных опасных факторов: -Термические источники опасности -Электробезопасность -Пожаробезопасности	1. Вредные факторы: 1.1 Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры; 1.2 Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ; 1.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ; 1.4 Недостаточная освещенность; 2. Опасные факторы: 2.1 Электроопасность; 2.2 Пожароопасность, категория пожароопасности.
<b>2. Экологическая безопасность:</b> -Выбросы в окружающую среду -Решения по обеспечению экологической безопасности	Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, вторцвет- и чермет, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника, обрезки монтажных проводов, бракованная строительная продукция) и способы их утилизации;
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> 1.перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; 2.разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; 3.разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте); 2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.
<b>4. Перечень нормативно-технической документации.</b>	– ГОСТы, СанПиНы, СНИПы
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	08.02.2023

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федорчук Юрий Митрофанович	д.т.н		08.02.2023

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ11	Юдыцкий Денис Андреевич		08.02.2023

## **4. Социальная ответственность**

Социальная ответственность - ответственность отдельного ученого и научного сообщества перед обществом. Первостепенное значение при этом имеет безопасность применения технологий, которые создаются на основе достижений науки, предотвращение или минимизация возможных негативных последствий их применения, обеспечение безопасного как для испытуемых, как и для окружающей среды проведения исследований.

В ходе данной работы происходила разработка автоматизации стенда испытаний электроцентробежных насосных агрегатов. Работа выполнялась в лаборатории 10 корпуса ТПУ. Все работы выполнялись с использованием компьютера. Раздел также включает в себя оценку условий труда на рабочем месте, анализ вредных и опасных факторов труда, разработку мер защиты от них.

### **4.1 Производственная безопасность**

#### **4.1.1 Вредные факторы.**

##### **4.1.1.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении**

Проанализируем микроклимат в помещении, где находится рабочее место. Микроклимат производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Эти факторы влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата приведены в таблице 33 и 34.

Таблица 33- Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-23	40-60	0.1
Теплый	23-25		0.2

Таблица 34- Допустимые нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
	Нижняя допустимая граница	Верхняя допустимая граница		
Холодный	15	24	20-80	<0.5
Теплый	22	28	20-80	<0.5

Общая площадь рабочего помещения составляет 42м<sup>2</sup>, объем составляет 147м<sup>3</sup>. По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 санитарные нормы составляют 6,5 м<sup>2</sup> и 20 м<sup>3</sup> объема на одного человека. Исходя из приведенных выше данных, можно сказать, что количество рабочих мест соответствует размерам помещения по санитарным нормам.

После анализа габаритных размеров рассмотрим микроклимат в этой комнате. В качестве параметров микроклимата рассмотрим температуру, влажность воздуха, скорость ветра.

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемого оконного проема (форточки), а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основным недостатком - приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Согласно нормам СанПиН 1.2.3685-21 объем воздуха

необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40м<sup>3</sup>[8]. В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет 42 м<sup>3</sup>, из этого следует, что дополнительная вентиляция не требуется. Параметры микроклимата поддерживаются в холодное время года за счет систем водяного отопления с нагревом воды до 100°С, а в теплое время года – за счет кондиционирования, с параметрами согласно. Нормируемые параметры микроклимата, ионного состава воздуха, содержания вредных веществ должны соответствовать требованиям [11].

#### **4.1.1.2 Превышение уровней шума**

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается вентиляционным и рабочим оборудованием, преобразователями напряжения, рабочими лампами дневного света, а также проникает снаружи. Шум вызывает головную боль, усталость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, память ухудшается, реакция уменьшается.

Основным источником шума в комнате является мотор откачного насосного агрегата. Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96, при выполнении основных работ, уровень шума на рабочем месте не должен превышать 82 дБА [12].

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства индивидуальной защиты(СИЗ) и средства коллективной защиты (СКЗ) от шума.

Средства коллективной защиты:

1. устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;

2. изоляция источников шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов, например, любой пористый материал – шамотный кирпич, микропористая резина, поролон и др.);

3. применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

Средства индивидуальной защиты: применение спецодежды и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

#### **4.1.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений**

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются питающий кабель и проводка. Согласно ГОСТ 54 30013-83 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать 25В/м в диапазоне от 5Гц до 2кГц, 2,5В/м в диапазоне от 2 до 400кГц. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2кГц 250нТл, и 25нТл в диапазоне от 2 до 400кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500В [13].

Длительное постоянное воздействие электромагнитного поля (ЭМП) радиочастотного диапазона провоцирует у человеческого организма сердечно-сосудистые, респираторные и нервные расстройства, головные боли, усталость, ухудшение состояния здоровья, гипотония, изменения сердечной мышцы проводимости. Тепловой эффект ЭМП характеризуется увеличением температуры тела, локальным селективным нагревом тканей, органов, клеток за счет перехода ЭМП на теплую энергию.

Предельно допустимые уровни (ПДУ) облучения (по ОСТ 54 30013-83):

- а) до 10 мкВт/см<sup>2</sup>, время работы (8 часов);
- б) от 10 до 100 мкВт/см<sup>2</sup>, время работы не более 2 часов;
- в) от 100 до 1000 мкВт/см<sup>2</sup>, время работы не более 20 мин. при условии пользования защитными очками;
- г) для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см<sup>2</sup>.

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

### СКЗ

1. защита временем;
2. защита расстоянием;
3. снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;
4. заземление экрана вокруг источника;
5. защита рабочего места от излучения;

### СИЗ

1. Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.

2. Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова ( $\text{SnO}_2$ ). [14]

#### **4.1.1.4 Недостаточная освещенность.**

Для обеспечения требуемой освещенности необходимо использовать совмещенное освещение, создаваемое сочетанием естественного и искусственного освещения. При данном этапе развития осветительной техники целесообразно использовать люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеют большую светоотдачу на ватт потребляемой мощности и более естественный спектр.

Минимальный уровень средней освещенности на рабочих местах с постоянным пребыванием людей должен быть не менее 200 лк.

В расчётном задании должны быть решены следующие вопросы:

- выбор системы освещения;
- выбор источников света;
- выбор светильников и их размещение;

- выбор нормируемой освещённости;
- расчёт освещения методом светового потока.

В данном расчётном задании для всех помещений рассчитывается общее равномерное освещение.

Таблица 35 - Параметры помещения.

Параметр	Обозначение	Значение, м
Длина	A	12
Ширина	B	10
Высота помещения	H	3,5
Свес	h <sub>с</sub>	0,4
Высота Р.П.	h <sub>рп</sub>	0,8
Высота от светильника до Р.П.	h	H- h <sub>р</sub> - h <sub>с</sub>
Коэффициент отражения стен	ρ <sub>ст</sub>	70 %
Коэффициент отражения потолка	ρ <sub>п</sub>	70
Коэффициент запаса	Kз	1.3
Коэффициент неравномерности	Z	1.1

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Световой поток лампы определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{рас}} = E_{\text{н}} * S * Kз * Z / N * \eta \quad (1.5.1),$$

Где E<sub>н</sub> – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05- 95, лк; S – площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>; Kз – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т. е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере

цеха дыма, пыли (табл. 4.9);  $Z$  – коэффициент неравномерности освещения, отношение  $E_{ср}/E_{min}$ . Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;  $N$  – число ламп в помещении;  $\eta$  – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения  $i$ , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью  $h$  и коэффициентов отражения стен  $\rho_c$  и потолка  $\rho_n$ .

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = S / h(A + B) \quad (1.5.2)$$

Проведем расчет индекса помещения:

Площадь помещения:

$$S = A * B = 12 * 10 = 120 \text{ м}^2$$

Индекс:

$$i = \frac{S}{h * (A + B)} = \frac{120}{2.35 * (12 + 10)} = 2.32$$

Согласно этим данным, коэффициент использования светового потока будет равен 56 % или в долях = 0,56.

Коэффициенты отражения оцениваются субъективно (табл. 4.10) [БЖД Практикум 2009-2020].

Согласно указанной методике выбираем тип источника света.

Наиболее подходящим вариантом является 40 ваттная лампа ЛБ, у которой  $\Phi=2800$  лм. Для выбранного типа лампы подходит светильник ОД-2-40 с размерами: длина = 1230 мм, ширина = 266 мм.

Из уравнения 1.5.1 находим количество ламп для помещения

$$N = E_H * S * K_3 * Z / \Phi * \eta = 200 * 120 * 1,3 * 1,1 / 2800 * 0,56 = 21,875;$$

Принимаем  $N=24$  лампы или 12 светильников.

Размещаем светильники в 3 ряда по 4 светильника в ряду с соблюдением условий:  $L$  – расстояние между соседними светильниками или рядами (если по

длине (A) и ширине (B) помещения расстояния различны, то они обозначаются  $L_A$  и  $L_B$ ),

$L$  – расстояние между соседними светильниками или рядами (если по длине (A) и ширине (B) помещения расстояния различны, то они обозначаются  $L_A$  и  $L_B$ ),

$l$  – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

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

Сначала определим световой поток расчетный.

$$\Phi = E_H * S * K_3 * Z / * \eta = 200 * 120 * 1,3 * 1,1 / 24 * 0,56 = 2554 \text{ лм};$$

Проведем проверку выполнения условия соответствия:

$$- 10\% \leq ((\Phi_{\text{расч}} - \Phi_{\text{станд}}) / \Phi_{\text{расч}}) * 100\% \leq + 20\%$$

Подставляя численные значения получаем:

$$- 10\% \leq (2800 - 2554) / 2554 * 100\% \leq + 20\%$$

$$- 10\% \leq +9,6\% \leq + 20\%$$

Результат расчета укладывается в допустимые пределы.

Определим мощность осветительной установки:

$$P = N * P_i = 24 * 40 \text{ Вт} = 960 \text{ Вт}.$$

Теперь определим расстояния между светильниками по длине и ширине помещения.

$$12000 = 3 * L_A + 4 * 1230 + 2/3 * L_A; L_A = (12000 - 4920) * 3/11 = 1930 \text{ мм};$$

$$L_A / 3 = 644 \text{ мм};$$

$$10000 = 2 * L_B + 3 * 266 + 2/3 * L_B; L_B = (10000 - 798) * 3/8 = 3450 \text{ мм};$$

$$L_B / 3 = 1150 \text{ мм}.$$

Рисуем схему размещения светильников на потолке для обеспечения общего равномерного освещения.

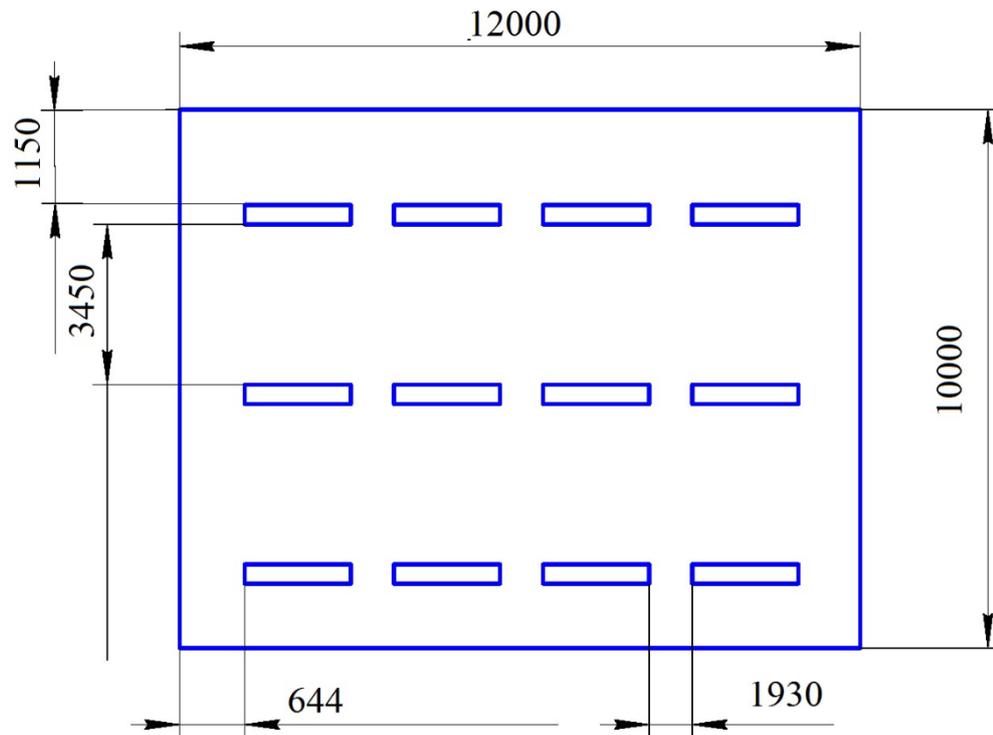


Рисунок 28 - План размещения светильников на потолке

Проведем проверку выполнения условия соответствия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} * 100\% \leq +20\%$$

Подставляя численные значения получаем:

$$-10\% \leq 3,58\% \leq +20\%$$

Результат расчета укладывается в поле допуска.

Определим мощность осветительной установки:

$$P = N_l * P_l = 40 * 80 = 3200 \text{ Вт}$$

## 4.1.2 Опасные факторы

### 4.1.2.1 Электроопасность

#### Поражение электрическим током

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует повышенная влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения токоведущих элементов с заземленными металлическими корпусами оборудования [15].

Лаборатория относится к помещению без повышенной опасности поражения электрическим током. Безопасными номиналами являются:  $I < 0,1$  А;  $U < (2-36)$  В;  $R_{\text{зазем}} < 4$  Ом.

Для защиты от поражения электрическим током используют СИЗ и СКЗ.

Средства коллективной защиты:

1. защитное заземление, зануление;
2. малое напряжение;
3. электрическое разделение сетей;
4. защитное отключение;
5. изоляция токоведущих частей;
6. оградительные устройства.
7. Использование щитов, барьеров, клеток, ширм, а также заземляющих и шунтирующих штанг, специальных знаков и плакатов.

Средства индивидуальной защиты:

1. Использование диэлектрических перчаток, изолирующих клещей и штанг, слесарных инструментов с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, калоши, боты, подставки и коврики [16].

#### **4.1.2.2. Пожароопасность**

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д.

Согласно НПБ 105-03 лаборатория относится к категории В– горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых находится, не относятся к категории наиболее опасных А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 21-01-97 (выполнено из кирпича, которое относится к трудносгораемым материалам).

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000В. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Для предупреждения пожара и взрыва необходимо предусмотреть:

1. специальные изолированные помещения для хранения и разлива легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), оборудованные приточно-вытяжной вентиляцией во взрывобезопасном исполнении - соответствии с [17, 18] специальные помещения (для хранения в таре пылеобразной канифоли), изолированные от нагревательных приборов и нагретых частей оборудования;

2. первичные средства пожаротушения на производственных участках (передвижные углекислые огнетушители ГОСТ 9230-77, пенные огнетушители ТУ 22-4720-80, ящики с песком, войлок, кошма или асбестовое полотно);

3. автоматические сигнализаторы (типа СВК-3 М 1) для сигнализации о присутствии в воздухе помещений предвзрывных концентраций горючих паров растворителей и их смесей.

## 4.2 Экологическая безопасность

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть (поражает мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу);

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации.

Таким образом утилизацию компьютера можно провести следующим образом:

- отделить металлические детали от неметаллов;
- разделить углеродистые металлы от цветмета;
- пластмассовые изделия (крупногабаритные) измельчить для уменьшения объема;

-копир-порошок упаковать в отдельную упаковку, точно также, как и все проклассифицированные и измельченные компоненты оргтехники, и после накопления на складе транспортных количеств отправить предприятиям и фирмам, специализирующимся по переработке отдельных видов материалов.

Люминесцентные лампы утилизируют следующим образом. Не работающие лампы немедленно после удаления из светильника должны быть упакованы в картонную коробку, бумагу или тонкий мягкий картон, предохраняющий лампы от взаимного соприкосновения и случайного механического повреждения. После накопления ламп объемом в 1 транспортную единицу их сдают на переработку на соответствующее предприятие. Недопустимо выбрасывать отработанные энергосберегающие лампы вместе с обычным мусором, превращая его в ртутьсодержащие отходы, которые загрязняют ртутными парами [19].

### 4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Природная чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате возникновения источника природной чрезвычайной ситуации, который может повлечь или повлек за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приводит к авариям систем тепло- и водоснабжения, сантехнических коммуникаций и электроснабжения, приостановке работы. В этом случае при подготовке к зиме следует предусмотреть:

- а) газобаллонные калориферы (запасные обогреватели),
- б) дизель или бензоэлектрогенераторы;
- в) запасы питьевой и технической воды на складе (не менее 30 л на 1 человека);
- г) теплый транспорт для доставки работников на работу и с работы домой в случае отказа муниципального транспорта. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

В 10 корпусе ТПУ наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения

распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

## **Заключение**

В ходе работы были рассмотрены основные характеристики ЭЦНК, необходимые для оценки его эффективности, построены напор-расходные характеристики, при вращении вала с частотой, отличной от номинальной, а также разработана методика испытаний перед установкой насоса в скважину.

Для дальнейшей сборки автоматизированного стенда выбраны технические средства, а именно ОВЕН ПЛК150, ПЧВ103-4К-В, Клапан 25с947п, Датчика расхода КАРАТ-551-40, Преобразователь давления МИДА-ПИ-51 и измеритель параметров электрической сети РМАС735. Также была составлена схема автоматизации и принципиальная электрическая схема.

Для управления автоматизированным стендом для испытаний электроцентробежных насосов, снятия напор – расходных характеристик и дальнейшего использования полученных данных была разработана программа в среде Codesys, обменивающаяся данными со SCADA системой, мнемосхема для управления процессом и база данных SQL для хранения результатов измерений.

По итогу реализовано автоматизированное изменение частоты питающего напряжения насоса в заданном диапазоне, а также автоматическая фиксация параметров его работы в процессе испытаний;

## Список используемых источников

1. Спиридонов, Е.К. Расчет и проектирование лопастных насосов: Учебное пособие / Е.К. Спиридонов, Л.С. Прохасько. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2014. - 62 с.
2. Электромеханический завод. Агрегаты электронасосные погружные : официальный сайт. – Лермонтов. – URL: <https://clck.ru/akSFG> (дата обращения 29.05.2023). – Текст : электронный.
3. Брылин, В.И. Технология бурения и оборудование эксплуатационных скважин при отработке месторождений урана методом подземного выщелачивания : учебное пособие / В.И. Брылин. – Томск : издательство ТПУ 2010. – 210 с.
4. ОВЕН Оборудование для автоматизации. ПЛК150 программируемый контроллер руководство по эксплуатации : официальный сайт. – Москва. – URL: [https://owen.ru/uploads/257/re\\_plk100\\_3038.pdf](https://owen.ru/uploads/257/re_plk100_3038.pdf) (дата обращения 01.06.2023). – Текст : электронный.
5. ОВЕН Оборудование для автоматизации. ПЧВХХ преобразователь частоты векторный руководство по эксплуатации : официальный сайт. – Москва. – URL: [https://owen.ru/uploads/25/re\\_pchv\\_2244.pdf](https://owen.ru/uploads/25/re_pchv_2244.pdf) (дата обращения 01.06.2023). – Текст : электронный.
6. ОВЕН Оборудование для автоматизации. ПД100И преобразователь давления краткое руководство : официальный сайт. – Москва. – URL: [https://owen.ru/uploads/297/kr\\_pd100i-1h1\\_1-ru-20985-1.2\\_a4\\_2.pdf](https://owen.ru/uploads/297/kr_pd100i-1h1_1-ru-20985-1.2_a4_2.pdf) (дата обращения 01.06.2023). – Текст : электронный.
7. НПО КАРАТ. КАРАТ-551 Руководство по эксплуатации : официальный сайт. – Екатеринбург. – URL: <https://clck.ru/34Yhhw> (дата обращения 01.06.2023). – Текст : электронный.
8. Энергометрика. РМАС735 - Многофункциональный измеритель параметров электроэнергии : официальный сайт. – Москва. – URL: <https://clck.ru/34aCBa> (дата обращения 01.06.2023). – Текст : электронный.

9. Группа компаний «Авангард» : официальный сайт. – Москва. – URL: <https://clck.ru/34dJx7> (дата обращения 01.06.2023). – Текст : электронный.

10. СанПиН 2.1.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

11. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

12. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

13. ГОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности

14. ГОСТ 12.4.154-85 ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты”

15. ГОСТ 12.1.019-2017. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

16. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

17. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.

18. ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности

19. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.

## Приложение

(Справочное)

### Literature review

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ11	Юдыцкий Д.А.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Щипков А.А.	к.т.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Куимова М.В.	к.п.н.		

There are two methods to obtain the desired characteristics to assess the readiness of the ESP for operation:

- changing the percentage of closing (or opening) of the valve on the test pipeline;
- changing the frequency of the supply voltage.

**1. Changing the position of the shut-off valve (throttling)** by opening or closing the valve to a certain position, we control the rate of the pump. When the valve is closed, the pressure before it increases and decreases behind it due to the decrease in pressure on the shut-off valves. When the valve is opened, the rate increases, and the pressure created by the pump decreases due to a decrease in the pressure behind the valve.

Due to the loss of a large part of energy on the resistance of valves, this method is irrational.

**2. Changing the frequency of the supply voltage.** While changing the speed of rotation up or down, the head and rate (HR) graph of the pump moves up and down, respectively. The rate, pump head and pressure in the pipeline change in direct proportion.

When the pump speed changes, its operating point moves along the characteristic curve of the pipeline, while when throttling it moves along the characteristic curve of the pump. At the same time, excess pressure does not appear which ensures low energy consumption.

Speed control of pumps in a pumping unit helps to optimize the distribution of loads between pumps, equalize their efficiency and keep their operating points in the zone of optimal efficiency, reducing energy costs to a minimum.

However, in case of too low speed, about 15 percent of the nominal, the relationship between Q and H of the pump is violated. In this case, its characteristics cannot be represented in a standard form, just a bunch of dots. In this regard, it is necessary to avoid the pump speed exceeding this limit.

In addition, during the operation of pumps with low speed, there is a possibility of occurrence of such dangerous phenomena as cavitation and surge.

**Cavitation** is a phenomenon when the rate of a liquid is divided and bubbles of gases and vapors of liquids are formed in it. This phenomenon is dangerous due to the excessive consumption of electricity, as well as the possible failure of the working units of the pump. Typically, cavitation occurs when the current head in the suction line is less than required. To avoid cavitation, it should be taken into account that with a decrease in the speed of rotation of the pump, the required value of the pressure in the suction pipeline increases.

**Surge** occurs in pumps with unstable (labile) HPH when the labile characteristic of the pump intersects with the characteristic of the pipeline at two points. With this phenomenon, the pump works with the parameters of the two points alternately, due to which the stability of the entire system is greatly reduced. All this is accompanied by hydraulic shocks, sudden closing of check valves, constant surges in power consumption and unstable modes of operation of the electrical network.

### **Pump characteristics**

Pumps have 3 indicators by which the main selection is made:

**Delivery (Q)** is the ratio of the volume of liquid supplied by the pump to the time. It is measured in m<sup>3</sup>/h. The rate of the pump is reflected by a point on its operating characteristic and depends on:

- features of its design;
- impeller rotation speed;
- hydraulic characteristics of the network.

The delivery required for optimal pump operation can be obtained by reaching the maximum efficiency value. The actual delivery can be determined using HR if you know the current head.

**Head (H)** is pressure delta between the ends of the pump nozzles. It is measured in meters of water column. The head of the centrifugal pump  $H_H$  is calculated by the equation:

$$H_H = h_{st} + \Delta h + h_{tr} + h_r + h_c$$

The values of the variables for calculating the pressure are presented in Table 1.

Table 1 - Values of variables for determining the pressure of a centrifugal pump

Variable	Meaning
$h_{ст}$	Static level
$\Delta h = 10(Q/K)^{1/n}$ or at $n = 1$ $\Delta h = Q/K\rho g.$	Depression
$Q$	Flow rate of the well in $m^3/day$
$K$	Well productivity factor in $m^3/day MPa$
$n$	Exponent in the inflow equation
$h_{тп}$	Head lost to friction and local resistance during the movement of liquid in pipes from the pump to the separator
$h_{г}$	Difference between geodetic marks of the wellhead and separator
$h_c = 10P_c / \rho = p_c / \rho g$	Pressure in the separator, expressed by the height of the liquid column

Pump friction losses and local resistances are determined by the equation:

$$h_{тп} = \left( \lambda \frac{L + e}{d} + \Sigma \zeta \right) \frac{V^2}{2g}$$

The values of variables for calculating losses are presented in Table 2.

Table 2 - Values of variables for calculating friction losses and local resistances

Variable	Meaning
$\lambda$	Coefficient of hydraulic resistance
$L = h_{cr} + \Delta h + h$	Pump descent depth in m (h-depth of immersion under the dynamic level is approximately 250-350m)
$e$	Distance from the wellhead to the separator, m
$d$	Inner diameter of the pump pipes, m
$\Sigma\zeta$	Sum of local resistance coefficients
$V=Q/F$	Average fluid velocity in pipes, m/s
$F$	Area of the inner channel of the pipes

**The useful power of the pump** is the energy transferred to the liquid per unit of time.

$$N_u = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

**Pump shaft power** is the mechanical power transmitted to the pump shaft. This power is more useful by the amount of hydraulic losses and friction losses in the impeller.

$$N_w = N_u / \eta$$

**Pump efficiency** ( $\eta$ ) is the efficiency of a centrifugal pump reflecting the ratio of useful power to shaft power.

**Nominal diameter** (DN) is numerical designation of the inner diameter of the pump connecting pipes common to all pipeline elements. The nominal diameter of the pump has no dimension, but its value is approximately equal to the inner diameter of the pipeline to be connected.

**Nominal pressure** (PN) is the maximum overpressure of water at a standard temperature when continuous operation of the pump is possible.

Table 3 - Characteristics of ESPC4-4 pumps

Symbol	Delivery, m <sup>3</sup> /hour	Head, m	Engine power, kW	Engine length, mm	Pump length, mm
ESPC4 – 4 - 100	4	100	4	733	1207
ESPC4 – 4 - 150	4	150	5.5	838	1675
ESPC4 – 4 - 200	4	200	7	930	2242
ESPC4 – 4 - 230	4	230	8.5	1066	2452

**Head and rate characteristic** are the dependence of the pump head on its supply; it is expressed graphically. HR is the main characteristic to help you choose a pump. Thus, it is provided in the manufacturers' catalogs.

### **Description of the technological process**

Borehole in-situ leaching (ISL) is a process of selective extraction of valuable components from ores by supplying solutions of chemical reagents to the ore body through a system of injection wells, followed by the withdrawal of productive solutions enriched in valuable components to the surface using a system of pumping wells and subsequent extraction in special equipment for receiving the final product.

Wells are small diameter mining. They are divided into:

- exploration;
- technological;
- pump out and pump in;
- observant;
- geophysical;
- control.

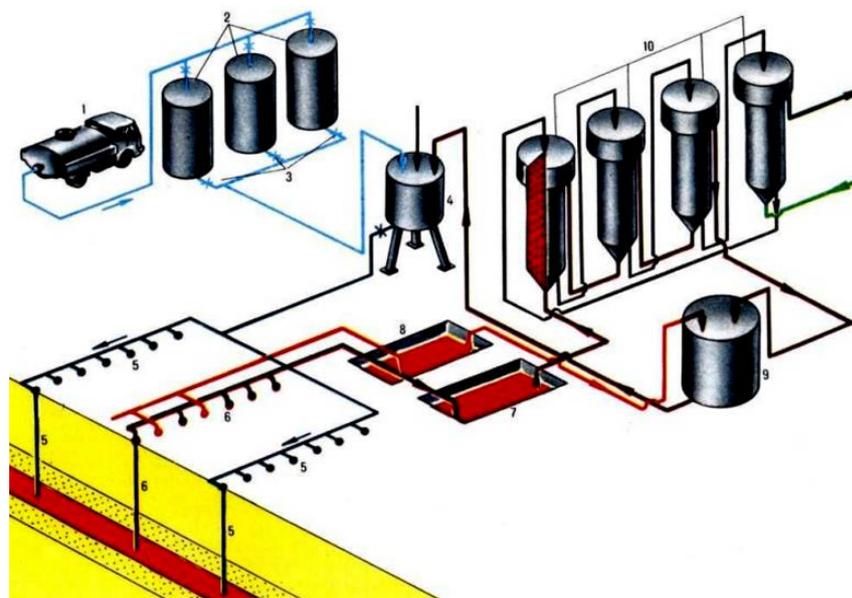
To extract uranium from ore, injection wells are used, through which a leaching solution is pumped into the productive horizon. The solution includes reagents that dissolve uranium minerals. After the entry of uranium minerals and associated rocks into physical and chemical interaction with reagents in the underground aquifer, a productive solution of uranium is formed. Then it is lifted to the surface by submersible ESP located in pumping wells. The pumping method for extracting productive solutions enables you to control the speed of their movement in the ore-bearing formation.

Thus, the ISL process includes the following central steps:

- motion of reagents to the ore body from injection wells;
- the passage of heterogeneous chemical reactions at the interface between the liquid and solid phases, followed by the formation of soluble uranium compounds;
- transfer of the resulting solution to the pumping wells from the ore body.

High inertia of production and predictive nature of control can be achieved due to the fact that during the industrial development of the field, all these processes occur simultaneously, referring to different stages of the technological process.

During the extraction of the productive solution, uranium is obtained. Leaching reagents are added to the excess solutions and re-submitted to injection wells as workers. A possible scheme of operation of the mining site is shown in Figure 1.



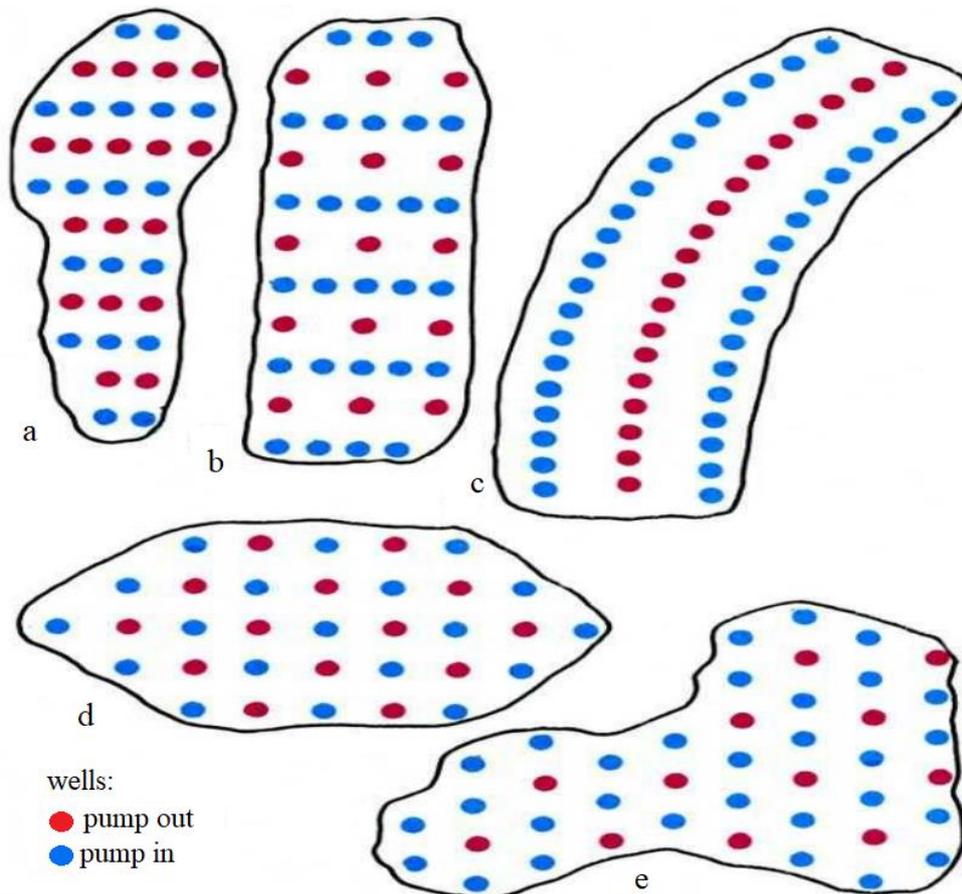
1 is water tank truck; 2 is water pillars;  
 4 is solution preparation unit; 5 is system of injection wells;  
 6 is system of pumping wells; 7, 8 are settling tanks;  
 9 is container with a reagent; 10 is sorption columns

Figure 2 - Scheme of the uranium ISL process

The system of technological wells consists of associations interconnected blocks containing cells. Depending on the rate pattern of solutions and topology of technological wells, there are three types of their location:

- with areal (cellular);
- linear;
- combined.

Some of these schemes are shown in Figure 3.



a is alternating rows of equal-rate pumping and pumping wells;  
 b is alternating rows of different output and pumping wells;  
 c is a three-row system of different flow rates of pumping and pumping wells;  
 d is cellular square system of equal-rate pumping and pumping wells;  
 e is cellular hexagonal system of injection wells with an extraction well in the center of each cell

Figure 3 - Some layouts of wells in the case of ISL

The technological cycle at the mines follows a certain algorithm. First, a scheme for opening ore deposits is determined. The plan for the location of wells is built according to geological exploration data. Then main pipelines are connected to the unit to supply reagents, sulfuric acid or compressed air.

Branches from the main pipelines are installed for each cell or row. A special acidification unit is placed on the block which allows you to mix a certain amount of acid into the solution. The assembly also contains flow meters for the leaching solution and pumps that supply acid to the wells.

Extraction wells are completed with SP and tied with pipelines with productive solutions control units (PSCU) which are connected to the main pipelines. Flowmeters are installed in the PSCU to control the movement of the solution from each pumping well in order to maintain a balance in all blocks and cells.

Basic reagents and an oxidizing agent are added to the ground water which was pumped out of the water-bearing rock. Then this solution is pumped into the geotechnological field. When the leaching solution passes through the ore, the uranium minerals in it are oxidized and dissolved.

First of all, productive solutions from the landfill are cleaned of sand in a sand trap. It is located near the central pumping station (CPS). With the help of its pumps, the solutions go to the sorption columns. They contain an ion exchange resin. When the solutions pass through the layer of this resin, the uranium from the solutions is bound by it. Then the solutions leave the column without uranium, and enter the leach solution sand trap, which is also located next to the CPS. Further, the pumps of the station supply the solution to the landfill. Ultimately, the uranium is separated from the resin and chemically precipitated. The uranium suspension is dehydrated and dried to obtain the final product - uranium peroxide hydrate.

When re-injecting the technical solution, it is first saturated with oxygen, as well as, if necessary, with sulfuric acid to obtain the required acidity of 2.5–3 units pH. Soil processing solutions are disposed.

The waste contains harmful dissolved minerals such as arsenic or radium, as well as iron from the ore body. They are injected into approved wells for disposal in the depleted part of the ore body. Injection of a part of the technical solution enables to obtain a stable flow of fluid from the aquifer into the geotechnological field and helps the reagents not to leave the development area.

To prevent the spill of the technical solution before starting the operation of a row or plot, it is necessary to remove the soil from the surface fertile layer along the entire length of a row of production wells to a width of 5 - 6 m and a depth of 45 - 55 cm.